

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Министерство образования и науки Республики Татарстан
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

**ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Материалы
IV Национальной научно-практической конференции

6–7 декабря 2018 г.

В двух томах

Том 1

Казань
2018

УДК 621.313
ББК 31.261
П75

Рецензенты:

доктор технических наук, доцент ФГБОУ ВО «КГЭУ» В.Г. Макаров,
кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «КГЭУ» В.В. Максимов

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор), Э.В. Шамсутдинов,
О.В. Козелков, О.В. Цветкова

**П75 Приборостроение и автоматизированный электропривод
в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном
хозяйстве:** матер. IV Национальной науч.-практ. конф. (Казань,
6–7 декабря 2018 г.): в 2 т. / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор)
и др. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – Т. 1. – 532 с.

ISBN 978-5-89873-528-9 (т. 1)

ISBN 978-5-89873-527-2

Опубликованы материалы IV Национальной научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве» по следующим научным направлениям:

1. Приборостроение и управление объектами мехатронных и робототехнических систем в ТЭК и ЖКХ.
2. Электроэнергетика, электротехника и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ.
3. Инновационные технологии в ТЭК и ЖКХ.
4. Актуальные вопросы инженерного образования.
5. Промышленная электроника и светотехника.

Предназначен для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 621.313
ББК 31.261

ISBN 978-5-89873-528-9 (т. 1)
ISBN 978-5-89873-527-2

© Казанский государственный энергетический университет, 2018

Секция 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ТЭК И ЖКХ

УДК 543.27.08.068.2

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ГАЗОВ В ЖКХ

Элиза Илгамовна Галиева¹, Светлана Васильевна Смирнова²

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

¹elizabet9797@mail.ru, ²svs.smirnova@gmail.com

В работе описаны методы измерения газов и применение датчиков газового анализа в области ЖКХ.

Ключевые слова: газоанализатор, угарный газ, природный газ, датчик, метод, прибор контроля.

ANALYSIS OF METHODS AND MEANS FOR MEASURING GASES IN HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

Eliza Ilgamovna Galieva, Svetlana Vasilyevna Smirnova

The work shows methods for measuring gases and the use of sensors gas analysis in the housing and utilities sector.

Key words: gas analyzer, carbon monoxide, natural gas, sensor, method, control device.

Важность приборов контроля и мониторинга газов в ЖКХ трудно переоценить. С начала 2017 года произошло 13 чрезвычайных ситуаций, связанных с утечкой газа, в которых пострадало 65 человек и погиб 21 человек. В основном утечка газа возникает при нарушении режима работы кухонных плит и в местах их подключения. Количество взрывов из-за утечек бытового газа, произошедших в России в течение 2017 года, увеличилось по сравнению с 2016 годом на 8,3 %, однако число погибших и пострадавших в результате таких ситуаций снизилось на 19,2 и 34,7 %, соответственно. Основная масса эксплуатируемых в стране плит не имеет устройств, обеспечивающих отключение газа при повышении или отсутствии давления, а также контроля пламени [1].

Приборы контроля газа актуальны и в промышленных помещениях (детекторы утечки газа, приборы контроля промышленных выбросов в атмосферу), и в быту (недорогие детекторы утечки, приборы измерения концентрации газа). Наиболее актуальными на данный момент являются системы мониторинга воздуха на наличие и превышение концентрации в воздухе двуокиси углерода (углекислого газа), окиси углерода (угарного газа), метана и кислорода.

В системе ЖКХ целесообразно использовать датчики газа фирмы Figaro.

Газовый анализ – это качественное обнаружение и количественное определение компонентов газовых смесей. Газовый анализ может проводиться как по лабораторным методикам, так и с помощью специальных газоанализаторов. Как правило, методы газового анализа основаны на измерении физических параметров и свойств среды (например, электрической проводимости, магнитной восприимчивости, теплопроводности, оптической плотности, коэффициента рассеяния и так далее), значения которых зависят от концентраций определяемых компонентов.

По характеру измеряемого физического параметра методы газового анализа делятся на электрохимические, полупроводниковые, оптические, ионизационные и др.

Электрохимический метод осуществляет измерение путем прохождения электрического тока через растворы электролитов, контактирующие с анализируемым газом. Основное предназначение – отличное обнаружение токсичных газов [2].

Полупроводниковый метод работает по принципу изменения поверхностного сопротивления полупроводникового материала в результате воздействия на него газа. В качестве измерителя их использование малоэффективно, так как высока погрешность измерений. Тем не менее это отличный течеискатель горючих или токсичных газовых смесей.

В оптических методах измеряют оптическую плотность (абсорбционные методы), интенсивность излучения (эмиссионные методы), коэффициент преломления (рефрактометрический).

Абсорбционные методы основаны на измерении селективного поглощения инфракрасного, ультрафиолетового или видимого излучения контролируемым компонентом. Источниками излучения в абсорбционных методах являются лампы накаливания, ртутные, водородные, ртутно-кадмиевые, кадмиевые и нихромовые спирали.

Оптико-акустический метод основывается на следующем физическом явлении: если газ, способный поглощать инфракрасные лучи, поместить в закрытый объем и оказать на него влияние потоком инфракрасной энергии, то за некоторый промежуток времени газ нагреется до температуры, которая определяется условиями теплопередачи. Одновременно увеличивается давление газа. Когда поток прерывается с некоторой частотой при помощи обтюлятора, газ в закрытом объеме периодически нагревается и охлаждается, возникают колебания температуры и давления газа, которые могут быть восприняты чувствительным элементом газоанализатора.

Акустические методы основаны на измерении поглощения или скорости распространения звуковых и ультразвуковых волн в газовой смеси. Методы не избирательны и применяются в частности для определения CH_4 , O_2 , H_2 в бинарных и псевдобинарных смесях.

В фотоколориметрическом оптическом методе действие приборов основано на цветных избирательных реакциях между реактивом-индикатором в растворе, на ленте или специальном порошке и анализируемым компонентом газовой смеси. При этом мерой концентрации определяемого компонента является интенсивность окраски образующихся продуктов реакции. Преимуществом фотоколориметрического метода является возможность создания на его основе универсальных конструкций, так как один и тот же прибор с разными индикаторными растворами может быть использован для определения различных вредных веществ.

Ионизационный метод основан на зависимости ионного тока, возникающего в процессе ионизации исследуемого газа, от содержания, контролируемого компонента. Из известных способов ионизации газов (пламенем, тлеющим разрядом, радиоактивным излучением и облучением коротковолновым светом) при разработке газоанализаторов наиболее часто используют ионизацию пламенем и радиоактивное излучение.

Принцип работы хемилюминесцентных газоанализаторов основан на измерении интенсивности люминесценции продуктов химической реакции определяемого компонента с реагентом, а флуоресцентных – на измерении интенсивности флуоресценции определяемого компонента под действием УФ-излучения.

Газоаналитические системы представляют собой набор датчиков для контроля концентраций ядовитых и взрывоопасных газов в ЖКХ и дополнительного оборудования, призванного в совокупности с датчиками решать задачи контроля ДВК и ПДК, собирать и анализировать информацию о превышении заданных порогов, а также управлять исполнительными устройствами (система вентиляции, звуковые и световые сигнализации); в отдельных случаях система может контролировать дополнительные параметры, такие как температура, влажность, давление и т. д.

Отравление угарным газом – острое патологическое состояние, развивающееся в результате попадания угарного газа в организм человека, является опасным для жизни и здоровья, и без квалифицированной медицинской помощи может привести к летальному исходу. Угарный газ попадает в атмосферный воздух при любых видах горения. В городах в основном

содержится в составе выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания. Угарный газ активно связывается с гемоглобином, образуя карбоксигемоглобин, и блокирует передачу кислорода тканевым клеткам, что приводит к гипоксии гемического типа. Угарный газ также включается в окислительные реакции, нарушая биохимическое равновесие в тканях.

Фирма Figaro Engineering Inc. (Япония) является одним из мировых лидеров по производству датчиков детектирования и определения концентрации газов и газовых примесей в составе воздуха. Среди потребителей датчиков Figaro – такие известные мировые компании как BMW, Mitsubishi Heavy Industries, General Motors, Daikin и др. Все представленные далее устройства принадлежат к новому поколению датчиков японской компании Figaro [3].

TGS5342 – компактный электрохимический датчик угарного газа. Датчик TGS5342 имеет ряд преимуществ, которые выделяют его среди других электрохимических датчиков. Электролит, находящийся внутри прибора, не ядовит для окружающей среды и человека и не нанесет вреда даже в случае его утечки. Ключевые характеристики: компактные габариты; малопотребляющий, может использоваться в устройствах с батарейным питанием; долгий срок службы; линейное соотношение между концентрацией CO и выходным сигналом; удобная калибровка. Датчик удобен для массового промышленного изготовления электронных устройств.

Модуль CDM7 служит для обнаружения углекислого газа CO₂ на основе ИК-сенсора. CDM7 представляет собой готовый модуль с датчиком и системой обработки сигнала, предназначенный для обнаружения в воздухе углекислого газа. Принцип работы модуля основан на методе недисперсионного инфракрасного измерения поглощения инфракрасного излучения молекулой излучаемого газа. За счёт применения данного метода измерения CDM7 имеет хорошую избирательность, стабильность, большой срок эксплуатации, не зависит от содержания кислорода.

Все представленные устройства принадлежат к новому поколению датчиков японской компании Figaro [4].

Большинство людей способны ощущать присутствие в воздухе газа при его концентрации близкой к 2 % нижнего предела взрывоопасности. При постепенном повышении концентрации газа человек может привыкнуть и потерять способность реально оценивать концентрацию газа, находящегося в воздухе. Поэтому применяются сигнализаторы загазованности, которые без труда определяют повышение концентрации газа.

Одним из таких является сигнализатор модели Seitron RGDМЕТМР1. Это электронный прибор, представляющий собой стационарный, одноканальный автоматический прибор непрерывного действия с одним фиксированным порогом, со световой и звуковой сигнализацией. Он предназначен для определения повышенной концентрации природного газа, выдачи сигнализации о превышении установленного порогового значения до взрывоопасной концентрации природного газа в воздухе, а также для выдачи сигнала на приточно-вытяжную вентиляцию или на электромагнитный газовый клапан для прекращения подачи газа посредством замыкания (размыкания) контактов реле.

При обнаружении утечки газа и достижении уровня 10 % от объема нижней границы взрывоопасной концентрации звучит звуковой сигнал, а на лицевой панели загорается красный индикатор. Если концентрация газа длится более 7 с, переключаются контакты выходного реле, к которым может быть подключен газовый отсечной клапан [5]. Недостатком является большое потребление электроэнергии, которая требуется для функционирования различных сенсоров.

Другой моделью является переносной газоанализатор горючих газов с удлинительным зондом ОКА-М. Он применяется для обязательного обследования и ежедневного контроля загазованности, утечек бытового природного (CH_4) или сжиженного (C_3H_8) газа. Прибор снабжен металлическим зондом, с помощью которого осуществляется контроль загазованности подвалов сквозь металлический штуцер в стене или замер атмосферы колодцев (водопроводных, канализационных, газовых, электросвязи и т. п.) через специальное отверстие в крышке люка.

Съемный наконечник с датчиком метана может подключаться к измерительному блоку как непосредственно, так и через кабель, размещенный в зонде. Такое техническое решение обеспечивает универсальное применение газоанализатора – в малогабаритном варианте (без подключенного зонда) его удобно использовать для контроля внутренних помещений здания и поиска утечек газа [6]. Прибор специально разработан с учетом требований нормативных документов и предназначен для использования предприятиями ЖКХ и газовыми службами, производящими контроль утечек бытового природного или сжиженного газа (метана или пропана) в подвалах, на лестничных клетках и в других помещениях.

Планируется разработка газоанализатора на основе датчиков фирмы Figaro в качестве детекторов газа в ЖКХ. Эти датчики при совместном использовании автоматического выключения вентилей подачи газа обеспечивают безопасное использование газового оборудования.

Источники

1. Число погибших из-за утечек газа в РФ в 2017 году снизилось почти на 20 % // ТААС: [сайт]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/4791711>.
2. Методы измерения, применяемые в газоанализаторах // Учебно-консультационный центр аварийно-спасательных формирований [Электронный ресурс]. URL: http://uk-cert.ru/news/metody_izmereniya_primenyaemye_v_gazoanalizatorakh/
3. Боровский Е. Новые датчики газа фирмы Figaro // Компоненты и технологии. 2015. № 1. С. 122–124. URL: http://ecworld.ru/media/bip/pdfs/borovsky_ct115.pdf.
4. Сигнализатор загазованности на природный газ // Telsi: Коммерческие узлы учета газа. Телеметрия. КИП и автоматика [сайт]. URL: <http://www.telsi-labs.ru/sites/default/files/download/rgdmetmp1.pdf>.
5. Рекомендации по использованию газоанализаторов «ОКА-М» для контроля утечек бытового газа // Информаналитика [сайт]. URL: http://www.infogas.ru/16_recomendations.

УДК 681.586

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Мехман Гусейн оглы Гасанов¹, Ариф Микаил оглы Гусейнов²,
Ариф Микаил оглы Имангулиев³, Назакет Джанвашир кызы Заманова⁴,
Кенюль Рамиз кызы Гаджиева⁵

^{1,2,3,4}АзТУ, г. Баку, Республика Азербайджан

⁵СГУ, г. Сумгаит, Республика Азербайджан

¹mhasanovnew@gmail.com, ²arifhuseynov1949@mail.ru, ³azimanquliyev@beu.edu.az,

⁴nazazamanova@gmail.com, ⁵konul.haciyeva.1974@mail.ru

В работе предложена математическая модель исследования волновых процессов в пьезоэлектрических преобразователях, применяемых для измерения больших и малых линейных перемещений при граничных условиях, которые соответствуют расположению на концах линий цепей n -го порядка с сосредоточенными элементами и учетом потерь.

Исследован переходный процесс пьезоэлектрических преобразователей при граничных условиях различной сложности. Напряжения и токи в произвольной точке линий согласно подходу Даламбера можно представить в виде алгебраической суммы падающих и отраженных волн. Для каждого из указанных типов волн получены рекуррентные соотношения, к которым применяется дискретное преобразование Лапласа.

К преимуществам полученных моделей относится то, что они в компактном виде позволяют провести исследования таких свойств своих прототипов как, например, устойчивость, а также численный расчет имеющихся в них местоволновых процессов. Также предложенная математическая модель применима к исследованию волновых процессов в пьезоэлектрических преобразователях при граничных условиях, которые соответствуют расположению на концах линии цепей n -го порядка с сосредоточенными элементами и учетом потерь.

Ключевые слова: пьезоэлектрические преобразователи, линия без потерь, разомкнутая и короткозамкнутая линии, переходные процессы в однородной линии, дискретное преобразование Лапласа.

MODELING OF WAVE PROCESSES IN PIEZOELECTRIC CONVERTERS WITH DISTRIBUTED PARAMETERS

Mehman Huseyn oglu Hasanov, Arif Mikail oglu Huseynov,
Arif Mikail oglu Imanguliev, Nazaket Janvashir Kyzy Zamanova,
Kenyul Ramiz Kyzy Hajiyev

The paper proposed a mathematical model for the study of wave processes in piezoelectric transducers used to measure large and small linear displacements under boundary conditions that correspond to the location of n -th order circuits at the ends of the line with lumped elements and taking losses into account.

The transient process of piezoelectric transducers is investigated under boundary conditions of varying complexity. According to the D'Alembert approach, voltages and currents at an arbitrary point of the lines can be represented as an algebraic sum of incident and reflected waves. For each of the indicated types of waves, recurrent relations are obtained, to which the discrete Laplace transform is applied.

The advantages of the models obtained include the fact that they in a compact form allow for the study of such properties of their prototypes as, for example, stability, as well as numerical calculation of the wave processes in them. The proposed mathematical model is applicable to the study of wave processes in piezoelectric transducers under boundary conditions that correspond to the location at the ends of the line circuits of the n^{th} order with lumped elements and taking into account losses.

Key words: piezoelectric transducers, lines without losses, closed and short-closed lines, transitional processes in the homogeneous lines, discrete Laplace transform.

Отсутствие обмоток, невозгораемость, высокая надежность, простота конструкции, стойкость к радиации и необыкновенно большой диапазон конструктивных возможностей все это явилось причиной широкого использования пьезоэлектрических преобразователей в различных целях, в том числе для измерения больших и малых линейных перемещений [1, 14, 15].

Принцип действия в пьезоэлектрических преобразователях основан на прямом или обратном пьезоэлектрическом эффекте, возбуждаемом с продольным и поперечным (изгибным) колебанием по длине пьезоэлемента [14, 15].

При исследовании микропьезоэлектрических преобразователей с распределенными параметрами чаще всего можно применять известные методы, такие как метод разделения переменных или метод Фурье, операторный метод, математическое обоснование которого опиралось на преобразование Лапласа [2, 4, 9–13].

Метод Даламбера, основанный на представлении процессов в виде бегущих, падающих и отраженных волн, из-за громоздкости получаемых результатов применялся лишь для иллюстрации стандартных примеров – разомкнутой или короткозамкнутой на конце линии [2, 11, 12].

В работах [3–6, 13] при исследовании переходных процессов в системах с распределёнными параметрами была показана возможность представления последних в виде импульсных систем.

В настоящей работе рассматривается переходный процесс пьезоэлектрических преобразователей в однородной линии, содержащей на границах элементы в виде схем произвольной сложности, и показан способ получения соответствующих математических моделей в виде интегральных уравнений [5, 7, 8].

К преимуществам полученных моделей относится то, что они в компактном виде позволяют провести исследования таких свойств своих прототипов, как устойчивость, а также численный расчет имеющихся в них местоволновых процессов. Чтобы не загромождать математические выкладки в дальнейшем рассматриваются пьезоэлектрические преобразователи без потерь, хотя аналогичные результаты можно получить и для пьезоэлектрических преобразователей с учетом потерь [4, 15].

Переходный процесс в пьезоэлектрических преобразователях, нагруженных на сопротивление. Рассмотрим обобщенную эквивалентную схему пьезоэлектрических преобразователей без потерь, нагруженных на сопротивление r при подключении ее к источнику напряжения $e(t)$ (рис. 1).

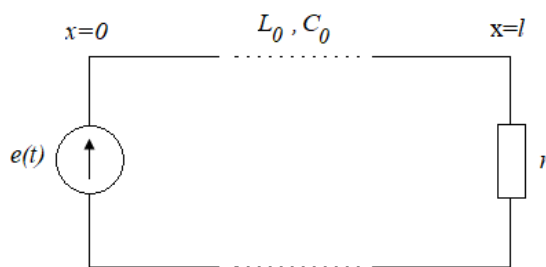


Рис. 1. Обобщенная эквивалентная схема пьезоэлектрических преобразователей без потерь, подключённая в начальной точке к источнику напряжения и нагруженная в конце на сопротивление r

Здесь L_0 и C_0 – отличные от нуля первичные параметры (индуктивность и ёмкость), приходящиеся на единицу длины пьезоэлемента; R_0 , G_0 – соответственно сопротивление и проводимость в пьезоэлектрических преобразователях без потерь, равные нулю.

Граничное условие в начале ($x = 0$):

$$u(0, t) = e(t). \quad (1)$$

Представим напряжение в виде суммы падающих и отражающих волн:

$$u(x, t) = u'(x, t) + u''(x, t). \quad (2)$$

В интервале $0 \leq t \leq l/c$ (c – скорость волны), пока падающая волна не достигла конца $u''(x, t) = 0$. Таким образом, имеем:

$$u(x, t) = u'(x, t) = e\left(t - \frac{x}{c}\right), \quad 0 \leq t \leq \frac{l}{c}. \quad (3)$$

В момент $t = l/c$ падающая волна достигает конечной точки пьезоэлемента. Граничное условие на конце:

$$u(l, t) = ri(l, t). \quad (4)$$

Представим напряжение и ток в виде суммы падающих и отраженных волн:

$$u'(l, t) + u''(l, t) = r[i'(l, t) - i''(l, t)]. \quad (5)$$

В пьезоэлементе без потерь:

$$i'(l, t) = \frac{u'(x, t)}{\rho}; \quad i''(x, t) = \frac{u''(x, t)}{\rho}, \quad (6)$$

где $\rho = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$ – волновое сопротивление.

Подставляя (6) в (5) находим:

$$u''(l, t) = u'(l, t) \frac{r - \rho}{r + \rho} = ku'(l, t); \quad (7)$$

$$i''(l, t) = ki'(l, t), \quad (8)$$

где $k = \frac{r - \rho}{r + \rho}$ – коэффициент отражения.

Отраженная волна в начале ($x=0$) запаздывает по отношению к падающей на величину времени $\tau = 2l/c$. Учитывая это, а также (3) и (7), можно записать следующее рекуррентное соотношение:

$$u'(0, t) = e(t) - ku'_H(t - \tau). \quad (9)$$

Перейдем к безразмерному времени:

$$t = \tau(n + \varepsilon), \quad (10)$$

где n – целое число $n = \overline{1, \varepsilon}$ ($\varepsilon \in [0, 1]$):

$$\bar{u}'_H(n + \varepsilon) = \bar{e}(n + \varepsilon) - ku'_H(n - 1 + \varepsilon). \quad (11)$$

Применяя к этому выражению дискретное преобразование Лапласа (ДПЛ) [5, 6, 14], получим в области изображений следующее уравнение для напряжения в начальной точке линии:

$$U_H^{*'}(q, \varepsilon) = E^*(q, \varepsilon) - k \cdot e^{-q} U_H^{*'}(q, \varepsilon),$$

или

$$U_H^{*'}(q, \varepsilon) = \frac{E^*(q, \varepsilon)}{1 + ke^{-q}}. \quad (12)$$

Для отраженной волны на конце согласно граничному условию (5) получаем аналогично:

$$U_k^{*''}(q, \varepsilon) = \frac{kE^*(q, \varepsilon)}{1 + ke^{-q}}. \quad (13)$$

Для произвольной точки пьезоэлемента, используя (12) и (13), будем иметь следующие выражения:

- для напряжения:

при $0,5 - \gamma < \varepsilon \leq 1$:

$$U^*(q, \varepsilon) = U_H^{*'}(q, \varepsilon - \gamma) + U_k^{*''}(q, \varepsilon + \gamma - 0,5);$$

при $\gamma \leq \varepsilon < 0,5 - \gamma$:

$$(q, \varepsilon) = U_H^{*'}(q, \varepsilon - \gamma) + e^{-q} U_k^{*''}(q, \varepsilon + \gamma - 0,5); \quad (14)$$

- для тока:

при $0,5 - \gamma < \varepsilon \leq 1$ и $\varepsilon \geq \gamma$:

$$I^*(q, \varepsilon) = \frac{1}{\rho} \cdot \left[U_H^{*'}(q, \varepsilon - \gamma) - U_k^{*''}(q, \varepsilon + \gamma - 0,5) \right];$$

при $\gamma \leq \varepsilon < 0,5 - \gamma$:

$$I(q, \varepsilon) = \frac{1}{\rho} \left[U_{\text{H}}^{*'}(q, \varepsilon - \gamma) - e^{-q} U_k^{*''}(q, \varepsilon + \gamma - 0,5) \right]. \quad (15)$$

В качестве примера рассмотрим разомкнутую ($k=1$) и короткозамкнутую линии ($k=-1$) на конце пьезоэлемента при подключении к источнику постоянного напряжения $e(t) \equiv E$. В этом случае

$$E^*(q, \varepsilon) = \frac{Ee^q}{e^q - 1}. \quad (16)$$

Используя (16), перепишем выражение (12) в виде:

$$U_{\text{H}}^{*'}(q, \varepsilon) = E \cdot \frac{e^q}{(e^q - 1)(1 + ke^{-q})}. \quad (17)$$

Этому выражению соответствует оригинал:

$$u'_{\text{H}}(n + \varepsilon) = E \cdot \left[1 - k + k^2 - k^3 + \dots + (-1)^n k^n \right]. \quad (18)$$

Выражение (13) с учетом (16) принимает вид:

$$U_k^*(q, \varepsilon) = E \cdot \frac{k \cdot e^q}{E(e^q - 1) \cdot (1 + k \cdot e^{-q})}. \quad (19)$$

Этому выражению соответствует оригинал:

$$\begin{aligned} u_k''(n + \varepsilon) &= kE \cdot \left[1 - k + k^2 - k^3 + \dots + (-1)^{n-1} k^{n-1} \right] = \\ &= E \left[k - k^2 + k^3 + \dots + (-1)^{n-1} k^n \right]. \end{aligned} \quad (20)$$

В соответствии с выражением (14) запишем:

- для начальных точек пьезоэлемента:

$$u(n, \varepsilon) = E[1 - k + k + k^2 - k^2 + k^3 + \dots + (-1)^n k^n + (-1)^{n-1} k^n] = E; \quad (21)$$

- для конечных точек линии:

$$\begin{aligned} u(n, \varepsilon) &= E \left[1 - k + k + k^2 - k^2 + \dots + (-1)^{n-1} k^{n-1} + (-1)^{n-2} k^{n-1} + (-1)^{nj} k^n \right] = \\ &= E \left[1 - (-1)^n k^n \right]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u(n, \varepsilon) &= E[1 - k + k + k^2 - k^2 + \dots + (-1)^{n-1} k^{n-1} + \\ &+ (-1)^{n-2} k^{n-1} + (-1)^{nj} k^n] = E \left[1 - (-1)^n k^n \right]. \end{aligned} \quad (22)$$

Из (19) видно, что в случае разомкнутого конца ($k = 1$) при n – четном $u_k = 0$, а при n – нечетном $u_k = 2E$ (рис. 2).

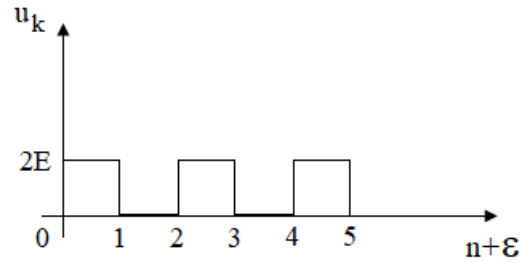


Рис. 2. Зависимость напряжения разомкнутой на конце пьезоэлемента от времени

В случае замкнутого конца из выражения (19) видно, что $u_k = 0$.

Из выражения (15) видим, что ток в начальных точках линии:

$$\begin{aligned} i(n, \varepsilon) &= \frac{E}{\rho} \left[1 - k - k + k^2 + k^2 - (-1)^n k^n - (-1)^n k^n \right] = \\ &= \frac{E}{\rho} \left[1 - 2(k - k^2 + (-1)^n k^n) \right]. \end{aligned} \quad (23)$$

В конечных точках:

$$\begin{aligned} i(n, \varepsilon) &= \frac{E}{\rho} \left[1 - k - k + k^2 + k^2 + \dots + (-1)^{n-1} k^{(n-1)} - (-1)^{n-2} k^{n-1} + (-1)^n k^n \right] = \\ &= \frac{E}{\rho} \left\{ 1 - 2 \left[k - k^2 + \dots + (-1)^{n-1} k^{n-1} \right] + (-1)^n k^n \right\}. \end{aligned} \quad (24)$$

Из этого выражения видно, что ток в замкнутой линии ($k = -1$) на конце пьезоэлемента изменяется по закону:

$$i_k(n, \varepsilon) = \frac{2nE}{\rho}.$$

График этого тока представлен на рис. 3.

При разомкнутом конце ($k = 1$) $i_k(n, \varepsilon) = 0$.

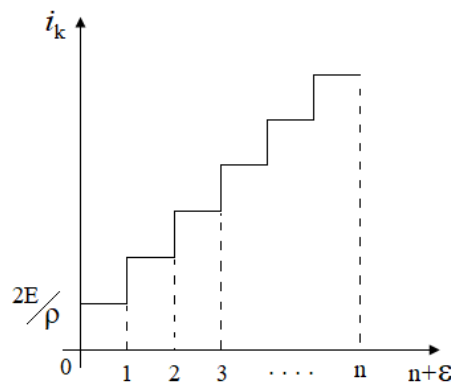


Рис. 3. Зависимость тока в короткозамкнутой на конце пьезоэлемента от времени

Переходный процесс в пьезоэлектрических преобразователях, нагруженных на элементы R , L и C . Рассмотрим пьезоэлектрические преобразователи, нагруженные на элементы R , L , C (рис. 4).

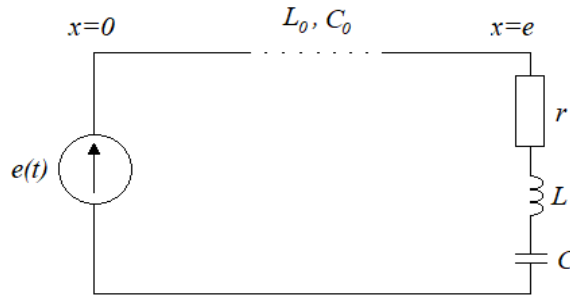


Рис. 4. Пьезоэлектрические преобразователи, нагруженные на элементы r , L , C : r – сопротивление; L – индуктивность; C – ёмкость

Граничное условие на конце можно записать как:

$$ri_k + L \frac{di_k}{dt} + u_C = u_k. \quad (25)$$

Это уравнение, используя переменные состояния i_k и u_C , можно представить в виде следующей системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} L \frac{di_k}{dt} &= -ri_k - u_C + u_k; \\ C \frac{du_C}{dt} &= i_k. \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

Перепишем эту систему в матричной форме:

$$\frac{d^q}{dt} \begin{bmatrix} i_k \\ u_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{r}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_k \\ u_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} u_k. \quad (27)$$

Примем следующие обозначения для матриц:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} i_k \\ u_C \end{bmatrix}; \quad (28)$$

$$\mathbf{A}_1 = \begin{bmatrix} -r/L & -1/L \\ 1/C & 0 \end{bmatrix}; \quad (29)$$

$$\mathbf{B}_1 = \begin{bmatrix} 1/L \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (30)$$

С учетом введенных обозначений (28)–(30) уравнение (27) переписывается в виде:

$$\frac{dx}{dt} = \mathbf{A}_1 x + \mathbf{B}_1 u_k. \quad (31)$$

Решение этого уравнения можно записать как

$$x(t) = e^{\mathbf{A}_1 t} x(0) + \int_x^t e^{\mathbf{A}_1(t-S)} \mathbf{B}_1 u_k(S) dS. \quad (32)$$

В развернутом виде при нулевых начальных условиях из (32) получаем следующее выражение для тока на конце линии:

$$i_k(t) = [1 \ 0] - \int_0^t \exp \begin{bmatrix} -r/L & -1/L \\ 1/C & 0 \end{bmatrix} (t-S) \begin{bmatrix} 1/L \\ 0 \end{bmatrix} u_k(S) dS. \quad (33)$$

Представим напряжение в виде суммы падающих и отраженных волн, используя (6), перейдем к безразмерному времени:

$$\frac{1}{\rho} [\bar{u}'_k(n+\varepsilon) - \bar{u}''_k(n+\varepsilon)] = [1 \ 0] \cdot \int_0^{(n+1)} e^{\mathbf{A}_1(n\tau+\varepsilon-\delta)} \mathbf{B}_1 [\bar{u}'_k(S) + \bar{u}''_k(S)] dS. \quad (34)$$

Представим интеграл в (34) в виде суммы интегралов на отрезке [0;1]:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho} [\bar{u}'_k(n+\varepsilon) - \bar{u}''_k(n+\varepsilon)] &= [1 \ 0] \cdot \sum_{k=0}^{n+1} \int e^{\bar{\mathbf{A}}_1 \cdot (n-m+\varepsilon-\gamma)} \times \\ &\times \mathbf{B}_1 [\bar{u}'_k(m+\gamma) + u''_k(m+\gamma) d\gamma]. \end{aligned} \quad (35)$$

Введем для удобства следующие обозначения:

$$k'(n+\varepsilon) = [1 \ 0] e^{\bar{\mathbf{A}}_1(n+\varepsilon)} \mathbf{B}_1. \quad (36)$$

С учетом (36) и переменной знаков суммирования и интегрирования (35) можно записать в следующем виде:

$$\frac{1}{\rho} [\bar{u}'_k(n+\varepsilon) - \bar{u}''_k(n+\varepsilon)] = \int_0^1 \sum_{k=0}^{n+1} k'(n-m+\varepsilon-\gamma) [\bar{u}'_k(m+\gamma) + u''_k(m+\gamma) d\gamma]. \quad (37)$$

Применяя к этому выражению ДПЛ, с учетом теоремы свертывания, получаем:

$$\frac{1}{\rho} [U_k^{*'}(q,\varepsilon) - U_k^{**}(q,\varepsilon)] = \int_0^1 k^{*'}(q,\varepsilon-\gamma) [U_k^{*'}(q,\gamma) + U_k^{**}(q,\varepsilon) d\gamma]. \quad (38)$$

Согласно граничному условию, в начале можно выразить падающую волну через отраженную:

$$U_k^{*'}(q, \varepsilon) = E^*(q, \varepsilon) - e^{-q} U_k^{*''}(q, \varepsilon). \quad (39)$$

Подставляя (39) в (38), получим:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\rho} \left[E^*(q, \varepsilon) - e^{-q} U_k^{*''}(q, \varepsilon) - U_k^{*''}(q, \varepsilon) \right] = \\ & = \int_0^1 k^{*'}(q, \varepsilon - \gamma) \cdot \left[(q, \varepsilon) - e^{-q} U_k^{*''}(q, \varepsilon) + U_k^{*''}(q, \varepsilon) \right] d\gamma. \end{aligned} \quad (40)$$

Запишем это выражение в виде следующего интегрального уравнения:

$$U_k^{*''}(q, \varepsilon) + \int_0^1 k^{*'}(q, \varepsilon - \gamma) \cdot U_k^{*''}(q, \gamma) d\gamma = F^*(q, \varepsilon), \quad (41)$$

где

$$k^*(q, \varepsilon - \gamma) = \rho \frac{e^q - 1}{e^q + 1} k^{*'}(q, \varepsilon - \gamma); \quad (42)$$

$$F^*(q, \varepsilon) = \rho \cdot \int_0^1 k^{*'}(q, \varepsilon - \gamma) E^*(q, \gamma) d\gamma - E^*(q, \gamma) d\gamma - E^*(q, \varepsilon). \quad (43)$$

Ядро уравнения (41) содержит матричную экспоненту, которую можно вычислить несколькими способами:

1. При помощи ряда:

$$e^{\mathbf{A}_1 t} = \mathbf{I} + \frac{1}{1!} \mathbf{A}_1 t + \frac{1}{2!} \mathbf{A}_1^2 t^2 + \dots + \frac{1}{n!} \mathbf{A}_1^n t^n + \dots \quad (44)$$

где \mathbf{I} – единичная матрица.

2. В виде конечного полинома, если известны собственные значения матрицы \mathbf{A}_1 . Например, в случае если собственные значения различны, имеем:

$$e^{\mathbf{A}_1 t} = \alpha_0 + \alpha_1 \mathbf{A}_1 + \alpha_2 \mathbf{A}_1^2 + \dots + \alpha_{n-1} \mathbf{A}_1^{n-1}, \quad (45)$$

где α_i ($i = \overline{1, n-1}$) – некоторые функции, для нахождения которых образуют полином:

$$F(\lambda) = \alpha_0 + \alpha_1 \lambda + \dots + \alpha_{n-1} \lambda^{n-1} \quad (46)$$

и составляют уравнение:

$$e^{\lambda_1 t} = F(\lambda_1), e^{\lambda_2 t} = F(\lambda_2), \dots, e^{\lambda_n t} = F(\lambda_n). \quad (47)$$

Из уравнений (46) и (47) получаем:

$$\begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \\ \dots \\ \alpha_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \lambda_1 & \dots & \lambda_1^{n-1} \\ 1 & \lambda_2 & \dots & \lambda_2^{n-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \lambda_n & \dots & \lambda_n^{n-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e^{\lambda_1 t} \\ e^{\lambda_2 t} \\ \dots \\ e^{\lambda_n t} \end{bmatrix}. \quad (48)$$

Более сложные выражения получаются в случае кратных корней матрицы \mathbf{A}_1 . Если среди собственных значений матрицы \mathbf{A}_1 есть кратные, то уравнения для определения функций α несколько усложняются. Так, если λ_i – собственное значение кратности m_i , то составляются уравнения:

$$\begin{cases} e^{\lambda_i t} = F(\lambda_i) \frac{de^{\lambda t}}{d\lambda} \Big|_{\lambda=\lambda_i} = t \cdot e^{\lambda_i t} = \frac{dF(\lambda)}{d\lambda} \Big|_{\lambda=\lambda_i}; \\ \frac{d^{m_i-1} e^{\lambda t}}{d\lambda^{m_i-1}} \Big|_{\lambda=\lambda_i} = t^{m_i-1} e^{\lambda_i t} = \frac{d^{m_i-1} F(\lambda)}{d\lambda^{m_i-1}} \Big|_{\lambda_i=\lambda_i}. \end{cases} \quad (49)$$

3. В виде конечного полинома:

$$e^{\mathbf{A}_1 t} = \sum_{k=1}^q \sum_{S=1}^{m_k} B_{kS} t^{S-1} e^{\alpha_k t}, \quad (50)$$

где α_k – собственное значение матрицы \mathbf{A}_1 – кратности m_k ($k = \overline{1, q}$):

$\sum_{k=1}^q m_k = n$; B_{kS} – компоненты матрицы \mathbf{A}_1 , $S = \overline{1, m_k}$:

$$B_{kS} = \frac{(\mathbf{A}_1 - \mathbf{I}d_k)^{S-1} \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^q (\mathbf{A}_1 - \mathbf{I}\alpha_j)}{(S-1)! \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^q (\alpha_k - \alpha_j)}. \quad (51)$$

Если матрица \mathbf{A}_1 имеет простой спектр, то выражение (50) упрощается:

$$e^{A_1 t} = \sum_{k=1}^n P_k e^{\alpha_k t}, \quad (52)$$

где $P_k = B_{k1}$ – проекторы матрицы A_1 .

Выводы

Исследован переходной процесс в пьезоэлектрических преобразователях, при граничных условиях различной сложности. Напряжения и токи в произвольной точке пьезоэлемента, согласно подходу Даламбера, можно представить в виде алгебраической суммы падающих и отраженных волн. Для каждого из указанных типов волн получены рекуррентные соотношения, к которым применяется дискретное преобразование Лапласа.

Предложенная математическая модель применима и к исследованию волновых процессов в пьезоэлектрических преобразователях при граничных условиях, которые соответствуют расположению на концах пьезоэлемента n -го порядка с сосредоточенными элементами и с учетом потерь.

Источники

1. Малов В.В. Пьезорезонансные датчики. М: Энергоатомиздат. 1989. 272 с.
2. Серебряков А.С. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи с распределенными параметрами. М.: РОАТ, 2010. 87 с.
3. Панкратов Е.Л. Некоторые модели физических процессов с распределенными параметрами. Н. Новгород, 2017. 46 с.
4. Кадымов Я.Б. Переходные процессы в системах с распределенными параметрами. М.: Наука, 1968.
5. Гусейнов А.М. Применение дискретного преобразования Лапласа для расчета переходных процессов в электрических цепях с распределенными параметрами // Электромеханика. 1990. № 3.
6. Цыпкин Я.З. Теория линейных импульсных систем. М.: Физматгиз, 1963. 456 с.
7. Полянин А. Д., Манжиров А. В. Справочник по интегральным уравнениям. М.: Физматлит, 2003. 384 с.
8. Панкратов Е.Л. Некоторые модели физических процессов с распределенными параметрами. Н. Новгород, 2017. 46 с.
9. Марченко В.М., Пыжкова О.Н. Уравнения математической физики. Минск: БГТУ, 2013. 160 с.

10. Думачев В.Н., Пьянков О.В. Математика. Операционное исчисление и его приложения. Воронеж: ВИ МВД России, 2007. 192 с.
11. Егорова И.П. Высшая математика. Элементы операционного исчисления и его приложения. Сызрань, 2008. 58 с.
12. Цепи с распределенными параметрами: методические рекомендации / А.П. Сухогузов [и др.]. Екатеринбург: УрГУПС, 2008. 38 с.
13. Серебряков А.С. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи с распределенными параметрами. М.: РОАТ, 2010. 87 с.
14. Датчики / В.М. Шарапов [и др.]; под общ. ред. В.М. Шарапова, Е.С. Полищука. М.: Техносфера, 2012. 624 с.
15. Штых Д.В. Линейные перемещения с микронной и субмикронной точностью // Конверсионные, нано- и инновационные технологии. 2012.

УДК 697.347

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УЧЁТА ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Данил Ильсурович Гатауллин¹, Рустем Ренатович Вилданов²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань

^{1,2}m_d_g_96@mail.ru,

В работе описаны автоматизированные системы учёта тепловой энергии, которые позволяют упростить сбор и обработку данных о потреблении тепловой энергии. Также описаны её преимущества и структура. В конце было рассмотрено одно из направлений развития данных систем.

Ключевые слова: УУТЭ, автоматизированная система учёта тепловой энергии (АСУТЭ), теплоснабжение.

AUTOMATED ENERGY ACCOUNTING SYSTEMS IN HEAT SUPPLY SYSTEMS

Danil Ilisurovich Gataullin, Rustem Renatovich Vildanov

This paper describes automated heat energy metering systems that simplify the collection and processing of heat energy consumption data. Its advantages and structure are also described. At the end one of the directions of development of these systems was considered.

Key words: heat supply, heat metering station, automated heat metering system.

С целью оценки эффективности проводимых мероприятий и перехода к современным рыночным отношениям между поставщиками и потребителями необходимо в первую очередь ликвидировать безучётное потребление различных видов энергоресурсов, что приводит к резкому увеличению числа узлов учёта, в том числе тепловой энергии.

В связи с этим на теплоснабжающие компании ложится дополнительный большой объем работы, связанный со сбором и обработкой показаний, а также допуском узлов учета тепловой энергии (УУТЭ) в эксплуатацию. Временным решением может быть увеличение числа сотрудников, однако затраты в таком случае сильно возрастут. Рациональным решением является внедрение автоматизированной системы учёта тепловой энергии (АСУТЭ).

АСУТЭ позволяет без увеличения числа сотрудников осуществлять мониторинг состояния приборов учёта и фиксировать неисправности в их работе, сбор и обработку данных от УУТЭ для взаиморасчётов между поставщиком и потребителем тепловой энергии, а также наблюдать за технологическими процессами на узлах учёта.

АСУТЭ также даёт возможность оптимизировать коммерческие расчёты между потребителями и поставщиками тепловой энергии. Единовременный сбор данных исключает неточности показаний приборов из-за субъективных факторов. Такие системы значительно повышают эффективность работы теплоснабжающей компании благодаря автоматизации сбора, передачи и своевременной обработки данных, формируют информационную базу с целью принятия технических и экономических решений.

Обычно АСУТЭ представляет многоуровневую архитектуру. Так, нижний представлен приборами учёта тепловой энергии. Ко второму уровню относится различного рода каналобразующая аппаратура, позволяющая применять различные доступные каналы связи. К третьему уровню следует отнести устройства сбора передачи данных, выполняющие запрограммированные команды. Далее идут сервера связи, базы данных и рабочие места пользователей.

Перспективным направлением развития АСКУТЭ является организация доступа к данным с приборов учета для различных категорий пользователей (абонентов, сотрудников обслуживающих организаций и пр.) через web-интерфейс. Этот метод даёт возможность авторизованным пользователям через локальную сеть и интернет получить доступ к информации о своих УУТЭ с помощью обычного интернет – браузера. Преимущество данного метода заключается в отсутствии необходимости устанавливать на компьютеры пользователей специализированное программное обеспечение и обучать работе с ним.

Таким образом, применение современных цифровых систем позволяет проводить мониторинг состояния оборудования без увеличения числа обслуживающего персонала, оптимизировать коммерческие расчёты, а также повысить эффективность работы теплоснабжающих компаний.

Источники

1. Автоматизированные системы коммерческого учета тепловой энергии // Городское хозяйство и ЖКХ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gkh.ru/article/28706-avtomatizirovannye-sistemy-kommercheskogo-ucheta-teplovoy-energii>.

УДК 681.335

СПОСОБ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ЧПУ

Артём Алексеевич Иванов¹, Николай Кузьмич Андреев²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹artem12271997@gmail.com, ²ngeikandreev@gmail.com

В работе на основе изучения патентной литературы анализируется способ оперативного контроля состояния станка во всем его рабочем пространстве.

Ключевые слова: контроль состояния станка, рабочее пространство.

METHOD OF OPERATIONAL CONTROL OF THE CONDITION OF METAL THREAD CNC MACHINES

Artyom Alekseevich Ivanov, Nikolai Kuzmich Andreev

In this paper, based on the analysis of patent literature, a method of on-line control of the state of the machine in its entire working space is analyzed.

Key words: machine condition monitoring, workspace.

Известны способы проверки точности станков с использованием различных оправок и измерителя линейных перемещений, заключающиеся в том, что оправку устанавливают на стол контролируемого станка, а измеритель линейных перемещений в шпиндель, который перемещают относительно оправки и по показателям измерителя линейных перемещений судят о точности станка. Также известен способ диагностики состояния станка по спектральному анализу профилограммы обработанной поверхности.

Известен способ контроля рабочих процессов в станке с ЧПУ путем измерения изменений токов приводов станка, по которым судят о состоянии процесса обработки.

Также известен способ контроля состояния станков с ЧПУ путем дублирования систем ЧПУ и измерительных систем станка, и последующего сравнения их данных в процессе обработки.

Способ включает подачу тестовых наборов и сравнение координат двух измерительных систем, автономно расположенных в цепи обратной связи.

Недостатками этих способов является невозможность проведения контроля в процесс обработки, невозможность регистрации сбоя в измерительной системе либо системе ЧПУ станка, а также практическая невозможность проверки точности и состояния станка во всем его рабочем пространстве.

Целью исследования является повышение достоверности работы и снижение вероятности брака. Поставленная цель достигается тем, что одну из измерительных систем устанавливают непосредственно на холостом винте исполнительного органа станка и контроль за перемещением его осуществляют в точках, кратных шагу винта, с последующей проверкой наличия сигнала индикации контрольной точки. Тем самым исключается невозможность проверки точности и состояния станка во всем его рабочем пространстве.

Источники

1. Способ оперативного контроля состояния металлорежущих станков с ЧПУ: пат. 95117352 Рос. Федерация. № 95117352/02; заявл. 05.10.95; опубл. 27.08.97.

УДК 681.335

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ РАБОТЫ ПРИВОДА ПОДАЧ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА

Артём Алексеевич Иванов¹, Николай Кузьмич Андреев²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹artem12271997@gmail.com, ²ngeikandreev@gmail.com

В работе на основе изучения патентной литературы анализируется точность работы привода подач металлорежущего станка.

Ключевые слова: контроль состояния станка, рабочее пространство.

DEVICE FOR IMPROVING THE ACCURACY OF WORK OF DRIVE OF FEED OF METAL-CUTTING MACHINE

Artyom Alekseevich Ivanov, Nikolai Kuzmich Andreev

In the paper, on the basis of studying the patent literature, the accuracy of the drive of the feed of the metal-cutting machine is analyzed.

Key words: machine condition monitoring, workspace.

Устройство для повышения точности работы привода подач металлорежущего станка содержит электромагнитную катушку, которая неподвижно закреплена на основании, стержень, охватываемый электромагнитной катушкой и прикрепленный к подвижной части привода подач при помощи пьезоэлементов. Технический результат заключается в снижении уровня динамических нагрузок, действующих на детали привода подач, уменьшении влияния жесткости деталей привода на точность перемещения и повышении качества обработанной поверхности, стойкости инструмента и надежности станка в целом.

Наиболее близким техническим решением является виброгаситель (А.с. № 1469223, F16F 15/03, 1989), содержащий дополнительную массу, присоединяемую к объекту упругим элементом, замкнутый электрический контур, включающий индуктивность, взаимодействующую с дополнительной массой, активное сопротивление, емкость и нелинейный трехполосник. Колебания гасят за счет колебаний дополнительной массы на упругом элементе в режиме антирезонанса.

Недостатком данного устройства является то, что простое гашение вибраций подвижной части привода подач металлорежущего станка не позволяет получить высокой точности перемещения, так как при начале движения во время переходных процессов и при колебаниях тяговая сила в приводе подач существенно изменяется, что приводит к различной деформации его деталей. Неравномерность тяговой силы неблагоприятно сказывается на динамических и точностных характеристиках привода.

Целью работы является повышение качества и точности обработанной поверхности деталей при их изготовлении за счет уменьшения влияния жесткости элементов привода подач станка.

Указанная цель разрешается применением устройства для повышения точности работы привода подач металлорежущего станка, содержащего электромагнитную катушку, неподвижно закрепленную на основании, которое, в отличие от прототипа, содержит стержень, охватываемый электромагнитной катушкой, прикрепленный к подвижной части привода подач при помощи пьезоэлементов. Содержится датчик тяговой силы, установленный на подвижной части привода подач, а также датчик вибрации, закрепленный на подвижной части привода подач. При этом сигнал от этих датчиков поступает в систему управления, которая формирует управляющее воздействие, изменяющее силу тока, протекающего в магнитной катушке. Пьезоэлементы, совместно со стержнем, обеспечивают гашение вибраций путем изменения и перемещения стержня между пьезоэлементами в противофазе с вибрацией.

Источники

1. Способ управления движением привода подач металлорежущего станка: пат 2312749 Рос. Федерация № 2006103461/02; заявл. 06.02.06; опубл. 20.12.07, Бюл. № 35.

УДК 681.5

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К МАЛОГАБАРИТНОМУ АКУСТИЧЕСКОМУ ЛОКАТОРУ

Иван Владимирович Клюкин¹, Николай Кузьмич Андреев²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹klyukinivan95@yahoo.com, ²ngeikandreev@gmail.com

В работе анализируются требования, предъявляемые к элементам малогабаритного акустического локатора и к электроприводу системы его наведения.

Ключевые слова: акустический локатор, система наведения, электропривод.

ANALYSIS OF REQUIREMENTS FOR SMALL-SIZED ACOUSTIC LOCATOR

Ivan Vladimirovich Klyukin, Nikolai Kuzmich Andreev

The paper analyzes the requirements for the elements of a small-sized acoustic locator and for the electric motor drive of its guidance system.

Key words: acoustic locator, guidance system, electric, motor, drive

В работе поставлена задача проектирования и изучения модели малогабаритного акустического локатора с использованием доступных радиоэлектронных наборов (например, Arduino) и электродвигателей. Для формулирования технического задания на разработку анализируются требования, предъявляемые к элементам системы:

1. Для ультразвуковой локации в воздушной среде обычно используют частоты 30–60 кГц.

2. Для активной локации и повышения направленности излучателя требуется излучатель с диаметром $D > 4\lambda$, где λ – длина волны. Если $\lambda = 10$ мм, то $D > 40$ мм. Тогда можно получить ширину диаграммы направленности $\theta < 30^\circ$.

3. Для повышения разрешающей способности по углу, особенно на малых расстояниях, лучше использовать два разнесенных приемника ($d > 1$ м).

4. Для ориентирования приемно-передающей антенны – системы акустического излучателя и не менее двух приемных датчиков, закрепленных на платформе, необходимо иметь электропривод с возможностью плавного поворота на угол до $\alpha = \pm 90^\circ$. Следовательно, выгоднее использовать шаговый двигатель.

5. Для пеленгации на малых расстояниях необходимо пользоваться фазовой модуляцией, иметь возможность изменять фазу сигнала на 90° и иметь фазовый детектор.

6. Управление системой и обработка сигнала должны вестись с помощью микропроцессора.

7. Система должна иметь возможность переключаться с режима локации дальних объектов на режим ближней локации.

8. Необходимо иметь возможность усиления сигнала излучателя.

9. Необходимо иметь возможность усиления принятого сигнала.

Источники

1. Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем: учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.

2. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2015. 464 с.

3. Сафонов Ю.М. Электроприводы промышленных роботов. М.: Энергоатомиздат, 1990.

4. Тихомиров А.В., Иванов М.С., Омельянчук Е.В. Разработка акустического пеленгатора // Труды МАИ. 2016. Вып. 90.

УДК 681.335

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПАССАЖИРСКОГО ЛИФТА

Александр Евгеньевич Конев¹, Николай Кузьмич Андреев²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», Казань

¹drogba2011@mail.ru, ²ngeikandreev@gmail.com

Поставлена задача разработки системы микропроцессорного управления лифтом. Анализируются требования, предъявляемые к ней.

Ключевые слова: электропривод, пассажирский лифт, микропроцессор, управление.

ANALYSIS OF PASSENGER LIFT ELECTRIC DRIVE REGULATION SYSTEM

Alexander Evgenievich. Konev, Nikolai Kuzmich Andreev

The task is to develop a microprocessor elevator control system. The requirements for it are analyzed.

Key words: microprocessor, elevator, control, system.

К лифтам, как одному из видов подъемных механизмов, предъявляются строгие требования по безопасности, надёжности, плавности разгона, движения и торможения, точности остановки кабины.

Система управления должна включать в себя задачи контроля непосредственно электропривода по таким критериям, как плавность разгона, движения и торможения, точность остановки кабины, контроль последовательности прохождения лифтом этажей. При рациональном выборе системы контроля и управления лифтом и его электроприводом можно добиться не только повышения производительности, но и экономии электроэнергии. Многие современные системы электроприводов удовлетворяют перечисленным выше требованиям.

С точки зрения контроля и управления последовательностью прохождения этажей лифты разделяют по этажности и интенсивности движения людей между этажами:

- в малоэтажных жилых зданиях и больницах принято использовать систему, в которой кабина, если она свободна, прибывает по вызову на нужный этаж без промежуточных остановок, независимо от намерений пассажиров, ожидающих лифт на других этажах. При этом кабина может приходить на набранный пассажирами этаж без промежуточных остановок;

- вид управления, называемый иногда собирательным, увеличивает производительность лифта и сокращает время ожидания на этажах. Кабина во время движения в выбранном направлении может принимать пассажиров попутного направления и высаживать поочередно на нужных им этажах;

- в случаях, когда имеется большой поток пассажиров и на каждом этаже необходимо иметь несколько лифтов, используется групповое управление, обладающее всеми качествами собирательного управления для группы лифтов. При наличии вызова с этажа на него прибывает тот лифт, который в данный момент времени может прибыть раньше других;

- для групп из трех и более (до шести) лифтов наиболее эффективной и многосторонней командной системой для современных зданий с интенсивным движением лифтов является распределительная система управления. Эта система автоматически приспособливает движение лифтов к любым возможным ситуациям.

Источники

1. ГОСТ 33984.4-2017 (EN 81-50:2014). Лифты. Методы расчета основных несущих узлов лифта. М.: Стандартинформ, 2017. 38 с.

2. Лифты: учебник для вузов / под общей ред. Д.П. Волкова. М.: Изд-во АСВ, 1999. 480 с.

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Мария Алексеевна Мамонтова¹, Иветта Константиновна Будникова²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹mia.mamontova@yandex.ru, ²mia.mamontova@yandex.ru

Использование современных 3D-систем позволяет создать цифровой прототип изделия, повысить эффективность проектирования, а также оптимизировать конструкцию с учетом различных физических свойств.

Ключевые слова: цифровые технологии, 3D-моделирование, датчик.

3D MODELING OF SENSORS TECHNOLOGICAL PARAMETERS

Maria Alekseevna Mamontova, Ivetta Konstantinovna Budnikova

The use of modern 3D-systems allows you to create a digital prototype of the product, improve design efficiency, as well as optimize the design, taking into account various physical properties.

Key words: digital technologies, 3D-modeling, sensor.

На этапе стремительного развития цифровых технологий в индустрии залогом успеха любой промышленной компании является быстрый темп освоения новых решений и внедрения их в производственные процессы предприятия, как например создание физических объектов на основе цифровых 3D-моделей.

3D-модель (Three-dimensional) – это результат 3D-моделирования, объемное цифровое изображение реального объекта в трехмерном координатном пространстве. Такие модели проектируются на основе чертежей и фотографий по заданным размерам. Соответственно 3D-визуализация – это процесс представления информации с использованием технологий трехмерной графики, который позволяет показать объект со всех сторон, менять ракурс, поворачивать, вносить коррективы и т. п.

Датчики разнообразных технологических параметров (ДТП) применяются в промышленном контроле, в автоматизации производственных процессов, в автомобильном, авиационном и железнодорожном транспорте, ракетно-космической и авиационной технике. Особенно велика их роль при измерениях физических величин в экстремальных условиях. ДТП становятся основными элементами, определяющими технический уровень и стоимость информационных и управляющих систем. При этом помимо высоких метрологических характеристик ДТП должны обладать высокой степенью надежности, долговечностью, стабильностью, малыми габаритами, массой и энергопотреблением. В связи со сложностью и трудоемкостью технологического процесса изготовления ДТП, особую роль в процессе их проектирования приобретают методы компьютерного моделирования.

В работе рассматриваются результаты, полученные для датчиков температуры типа ТТ-142 (термометр термоэлектрический) [1], которые предназначены для измерения температуры газовых и жидкостных неагрессивных, агрессивных и окислительных сред в трубопроводах. Чувствительным элементом термометра является термопара закрытого типа. Габаритные размеры датчиков в соответствии с ГОСТ 26331-94 [2] должны четко соответствовать заданным требованиям.

Поэтому следующий этап после описания технического задания – построение чертежа (рис. 1) датчика ТТ-142 (рис. 2) и его 3D-модели (рис. 3).

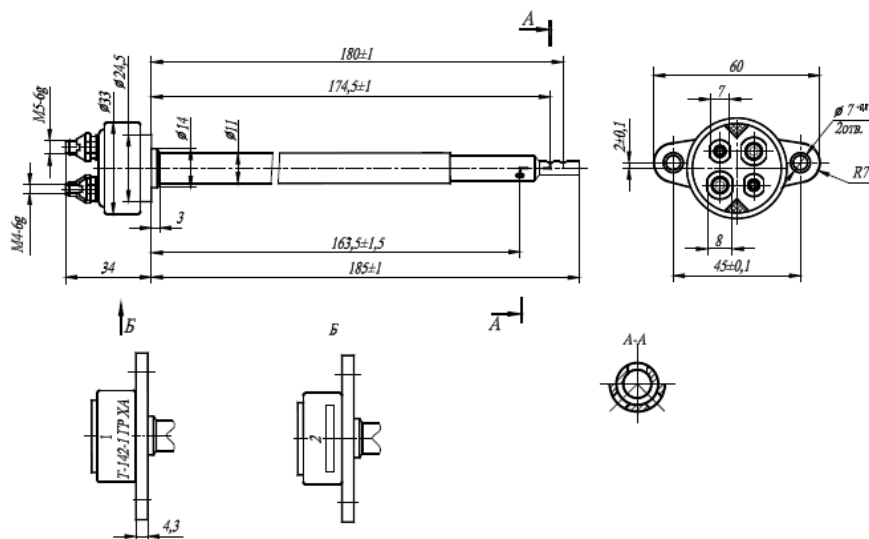


Рис. 1. Чертеж датчика ТТ-142



Рис. 2. Внешний вид датчика ТТ-142

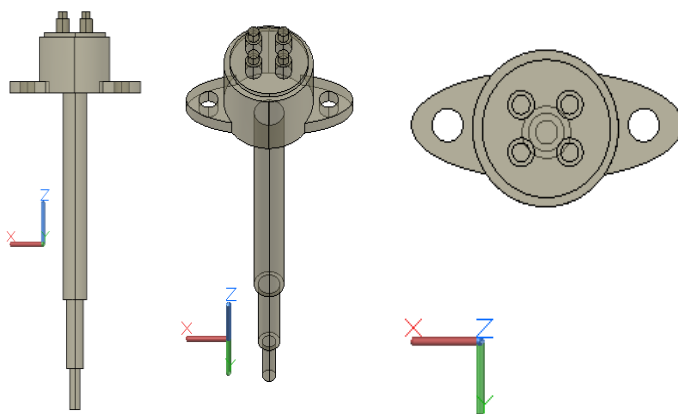


Рис. 3. 3D-модели датчика ТТ-142 в разных проекциях

3D-модель позволяет провести более детальный осмотр датчика: сбоку, сверху, снизу, меняя при этом цвет, структуру и тем самым лучше понять его устройство, создавая анимационные ролики, и сохранять их во всех доступных форматах.

Но для проверки моделей недостаточно одного лишь визуального осмотра, требуется более серьезное тестирование. Технология 3D помогает решить эту задачу виртуальными методами.

Аналогичная работа выполнена для датчиков частоты вращения типа ДЧВ-4.

Модели можно передавать в системы инженерных расчетов, предназначенные для всестороннего анализа изделий: на функциональность, прочность, долговечность, устойчивость к вибрации, управляемость, безопасность, ремонтпригодность, технологичность и т. д. По 3D-модели автоматически вычисляются массово-инерционные характеристики, объем и другие важные физические параметры проектируемых деталей и сборок. Это позволяет оптимизировать конструкцию с учетом различных физических свойств.

Еще одно достоинство 3D-моделей заключается в том, что их можно передавать в системы подготовки производства, которые автоматически создают программы для станков с ЧПУ и значительно ускоряют производственный цикл.

Использование современных 3D-систем повышает эффективность проектирования в разы [3]. Только с их помощью предприятие может создать цифровой прототип изделия и тем самым сократить количество ошибок, снизить число физических опытных образцов и затраты на производство, ускорить выпуск изделий на рынок.

Источники

1. Датчик температуры ТТ 142. URL: <http://www.npoit.ru/products/datchiki-termoelektricheskie/datchik-temperature-tt-142>.

2. ГОСТ 26331-94. Соединения первичных преобразователей температуры с технологическими трубопроводами и аппаратами. Типы и основные размеры. Технические требования. М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200023409>.

3. Зубова Л.Д. Технологии 3D в проектировании. Реальность и перспективы. URL: http://www.gipvn.ru/files/It-Istiriya-vnerdeniya/NGN_1_2015.pdf.

АНАЛИЗ МОСТОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СХЕМ

Галина Анатольевна Овсеенко, Олег Владиславович Погодицкий

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
galinka.ovseenko@mail.ru

В работе рассматриваются мостовые измерительные схемы, которые применяются для измерения электрических величин и электрических измерений неэлектрических величин. С помощью мостов с большой точностью измеряют активное сопротивление, индуктивность, ёмкость, угол диэлектрических потерь, частоту.

Ключевые слова: мосты, мостовые схемы, сопротивление, емкость, индуктивность, конденсатор, симметричный мост, мост Винна, моста Максвелла-Вина.

ANALYSIS OF BRIDGE MEASURING SCHEMES

Galina Anatolievna Ovseenko

The paper discusses bridge measuring circuits that are used to measure electrical quantities and electrical measurements of non-electrical quantities. With the help of bridges, they measure resistance, inductance, capacitance, dielectric loss angle, frequency with high accuracy.

Key words: bridges, bridge circuits, resistance, capacitance, inductance, capacitor, symmetrical bridge, Winn's bridge, Maxwell-Win bridge.

Мостовые схемы могут быть сконструированы для измерений почти любых параметров – ёмкости, индуктивности, сопротивления и даже добротности. В мостовых измерительных схемах неизвестное значение всегда балансируется по известному стандарту, полученному из высококачественного, калиброванного компонента, значение с которого считывается при индикации на детекторе нуля баланса. В зависимости от устройства моста значение неизвестного компонента может быть получено с калиброванного элемента как напрямую, так и рассчитано по формуле. Несколько простых мостовых схем представлены ниже: схема для измерения индуктивности представлена на рис. 1, а, для измерения ёмкости – на рис. 1, б.

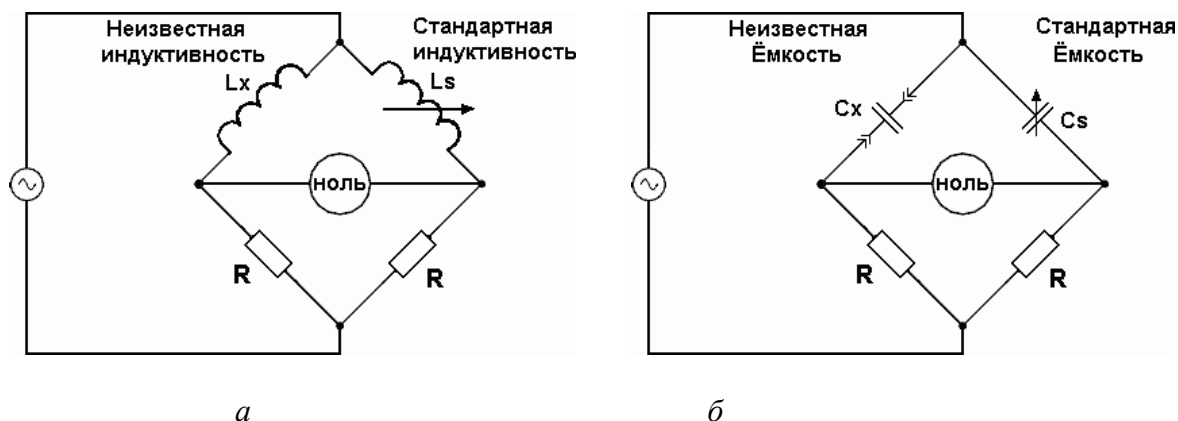


Рис. 1. Симметричные мосты, измеряющие неизвестные индуктивность (а) и ёмкость (б), путём сравнения их со стандартными

Простые симметричные мосты (рис. 1) названы так, потому что они выглядят симметрично (зеркальная симметрия слева направо). Эти две мостовые схемы балансируются путём регулирования калиброванных реактивных элементов L_s или C_s . Пример схемы с небольшим усложнением, добавленным для компенсации реальных неидеальностей, может быть найден в мосте Вина (Wien bridge), который использует параллельно соединённые стандартные конденсатор и резистор для балансировки неизвестного последовательного внутреннего сопротивления измеряемого конденсатора (рис. 2). Все конденсаторы имеют некоторое внутреннее сопротивление, которое делает их не чисто реактивными. Определение внутреннего сопротивления может являться полезным для измерений, так что мост Вина позволяет это сделать путём балансирования составного импеданса.

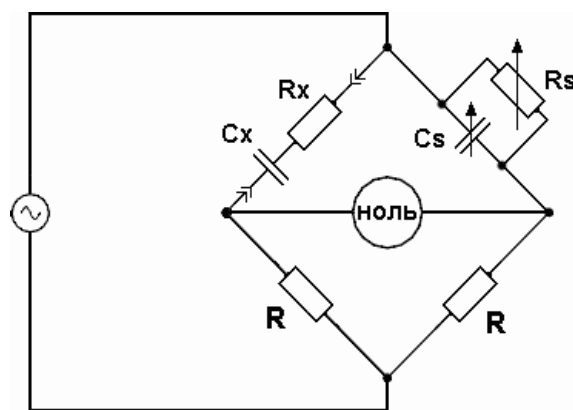


Рис. 2. Мост Вина измеряет ёмкость C_x и сопротивление R_x реального конденсатора

Из-за того, что необходимо регулировать два компонента (резистор и конденсатор), этот мост требует больше времени для балансировки, чем ранее рассмотренные. Комбинированный эффект от R_s и C_s выражается в необходимости регулирования амплитуды и фазы до тех пор, пока мост не сбалансируется. Сбалансирав мост, значения R_s и C_s могут быть считаны с их калиброванных шкал, параллельный импеданс вычисляется математически, а неизвестные ёмкость и сопротивление вычисляются из уравнения баланса ($Z_1/Z_2 = Z_3/Z_4$). При работе с мостом Вина предполагается, что стандартный конденсатор имеет пренебрежительно малое внутреннее сопротивление, поэтому его значение можно использовать в уравнении баланса моста. Мосты Вина полезны для определения тока утечки электролитических конденсаторов, в которых внутреннее

сопротивление относительно велико. Они также могут быть использованы как частотомеры, так как балансировка моста зависит от частоты. В этом случае конденсатор используется постоянный, верхние по схеме два резистора – переменные и их настройка производится одной ручкой (сдвоенные резисторы). Интересная вариация этой темы представлена в следующей мостовой схеме, используемой для точного измерения индуктивностей (рис. 3).

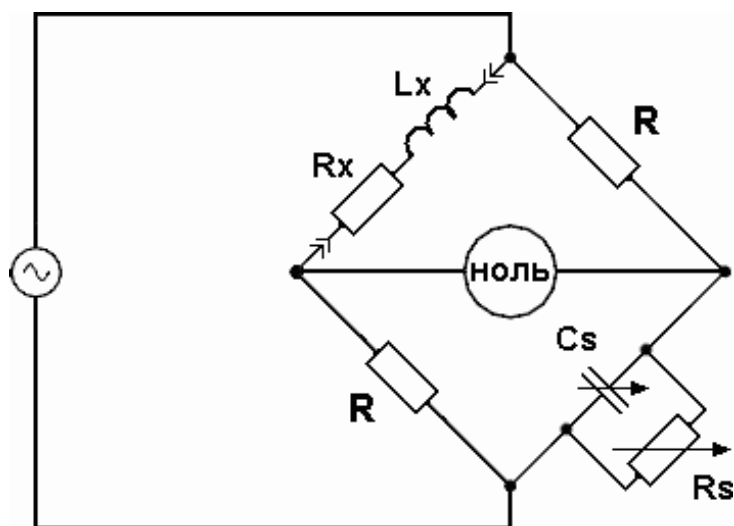


Рис. 3. Мост Максвелла – Вина измеряет индуктивность по ёмкостному стандарту

Представленная на рис. 3 схема известна как мост Максвелла – Вина (иногда её называют мост Максвелла), она используется для измерения неизвестных индуктивностей с помощью калиброванных резистора и конденсатора. Калиброванные катушки гораздо труднее производить, чем конденсаторы такой же точности, и таким образом применение симметричного индуктивного моста не всегда оправдано. Из-за того, что сдвиги фаз на индуктивностях и ёмкостях в точности противоположны друг другу, ёмкостный импеданс может скомпенсировать индуктивный импеданс, если они находятся в противоположных плечах моста, как в данном случае.

Другим преимуществом моста Максвелла для измерения индуктивностей по сравнению с симметричным мостом является то, что устраняются ошибки измерения из-за взаимодействия между двумя индуктивностями. Магнитные поля бывает трудно экранировать, и даже небольшая связь между катушками в мосте может вызвать при некоторых условиях существенные ошибки. Без второй индуктивности в мосте Максвелла эта проблема устраняется.

Для облегчения регулировок стандартный конденсатор C_s и резистор, соединённый с ним в параллель R_s сделаны переменными, и они оба должны быть отрегулированы для получения баланса. Однако мост может быть сбалансирован и в том случае, если используется конденсатор постоянной ёмкости и более чем один резистор сделан переменным. Но в этом случае мост сбалансировать гораздо труднее, так как разные переменные резисторы взаимодействуют при балансировке амплитуды и фазы.

В отличие от чистого моста Вина, баланс моста Максвелла – Вина независим от частоты источника питающего сигнала, и в некоторых случаях этот мост может быть сбалансирован при наличии смеси частот в источнике питания переменного тока, при этом ограничивающим фактором является стабильность индуктивности в широком диапазоне частот.

Существует большое количество подобных схем, но их обсуждение здесь неуместно. Выпускаемые импедансные мосты общего назначения могут иметь более одной конфигурации для максимальной гибкости в использовании.

Мосты переменного тока работают на тех же самых принципах, что и мосты постоянного тока: пропорциональное отношение импедансов (в отличие от сопротивлений в мостах постоянного тока) создаст условие баланса, индицируемое детектором нуля. Мосты переменного тока могут быть симметричного типа, где неизвестный импеданс уравнивается соответствующим (индуктивным или ёмкостным) стандартным импедансом на той же стороне моста (внизу или вверху). Или же они могут быть несимметричного типа, используя параллельные импедансы для уравнивания последовательно соединённых импедансов, и кроме того ёмкости могут уравнивать индуктивности.

Мостовые схемы переменного тока имеют более одного органа настройки, так как для условий баланса должны совпасть амплитуда и фаза сигнала.

Одни импедансные мосты частотно-зависимые, другие – нет. Частотно-зависимые мосты могут быть использованы в качестве частотомеров, если значения всех их компонентов точно известны.

Источники

1. Артомонов Ю.С., Гребенникова В.В. Электрические измерения. Управление в технических системах: учеб. пособие. Магнитогорск: МГТУ, 2012.117 с.

СИНТЕЗ ВОДОРОДА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Екатерина Сергеевна Солдатова

ФГБОУ ВО «ТПУ», г. Томск

Khaskovaes@mail.ru

Большинство существующих на сегодняшний момент методов, являются затратными и не обеспечивающими требуемое качество, к тому же, некоторые из них являются экологически небезопасными. Предложенный фотокаталитический метод получения водорода позволяет избавиться от большинства недостатков, существующих в других методах.

Ключевые слова: фотокатализ, водород, оксид железа, электролит, трех-электродная ячейка.

HYDROGEN SYNTHESIS BY PHOTOCATALYTIC METHOD

Ekaterina Sergeevna Soldatova

The most of the currently existing methods are costly and do not provide the required quality, moreover, some of them are environmentally unsafe. The proposed photocatalytic method for producing hydrogen eliminates most of the disadvantages that exist in other methods.

Key words: photocatalysis, hydrogen, iron oxide, electrolyte, three-electrode cell.

В настоящее время в мире актуальна проблема нехватки природных ресурсов из-за дефицита нефти, газа, природных ископаемых и пресной воды. В связи с этим в системе электроснабжения существует проблема поиска эффективных топливных ресурсов. В роли альтернативы традиционному топливу выступает водород. Известно несколько методов генерации водорода: из углеводородных соединений (метод конверсии природного газа, дизельного топлива, бензина, газификация угля); из воды (метод электролиза и фотоэлектролиза), из гидридов и боргидридов.

Повышенный интерес к водородному топливу объясняется возможностью синтеза водорода на базе возобновляемых источников энергии.

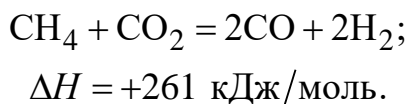
Метод паровой конверсии природного газа является одним из самых распространенных способов получения водорода, однако существует более усовершенствованный метод, позволяющий получать большее количество водорода, – метод паро-углекислотной конверсии метана.

Паро-углекислотная конверсия метана

Метод заключается в следующем, первым этапом происходит термическая конверсия: газовую смесь из углекислого газа, паров воды и углеводородов $C_1 - C_4$ подают в камеру для термической конверсии с получением

синтез-газа, который в процессе конверсии разделяется на водород и монооксид углерода. Затем при повышенном давлении и температуре (на 50–100 °С ниже температуры воспламенения) смешивают воздух и монооксид углерода, поджигают, вследствие чего монооксид углерода окисляется. Камеру расширяют, охлаждают и отделяют углекислый газ [1].

Углекислотно-паровую конверсию проводят при температуре 700–1500 °С при повышенном давлении в реакционной камере, выполненной в виде проточного реактора со стенкой из жаропрочного материала и размещенной в камере горения, используя тепло, выделяющееся при окислении монооксида углерода. Перед подачей в реакционную камеру углекислотно-паровой конверсии проводят подогрев смеси углеводородного сырья до 300–700 °С в теплообменнике за счет тепла охлаждаемых продуктов окисления монооксида углерода. Происходит следующая реакция:



Недостатками данного метода являются многостадийность процесса и значительные затраты на энергоёмкость, кроме того, получение водорода, сопровождается выбросами в атмосферу углекислого газа, утилизация которого требует значительных капитальных затрат и эксплуатационных расходов.

Получение водорода из гидридных и боргидридных соединений

Возможность получать водород из гидридных и боргидридных соединений затрагивает две важные проблемы водородной энергетики – получение и хранение водорода.

В качестве основных катализаторов можно использовать боргидриды натрия ($\rho_{\text{H}_2} = 0,112 \text{ г/см}^3$) и калия ($\rho_{\text{H}_2} = 0,083 \text{ г/см}^3$), и амминобран ($\rho_{\text{H}_2} = 0,145 \text{ г/см}^3$). Данные соединения проявляют высокую каталитическую активность при температуре окружающей среды, стабильны и позволяют снизить количество платиновых металлов, при получении водорода (уменьшить стоимость). При взаимодействии с водой боргидриды образуют в два раза больше водорода, чем в исходном гидриде.

Как описано в [2], для получения водорода необходимо в герметичном стеклянном термостатированном реакторе с газоотводной трубкой, присоединенной к бюретке, смешать воду и боргидрид натрия при температуре 40 °С со скоростью 800 оборотов в минуту, затем добавить катализатор на основе LiCO_2 (содержащий 1,5 мас. % платины). В ходе реакции образуется водород, который накапливается в бюретке.

Таким образом, скорость генерации водорода составляет 119 мл с одного грамма катализатора.

Преимуществом данного способа является возможность транспортировки водорода в гидридных и боргидридных соединениях и получения водорода (при помощи реакции) в непосредственной близости от потребителя, а также полученный водород не требует дополнительной очистки для дальнейшего применения.

В ближайшем будущем методы получения водорода с использованием углеводородного сырья будут основными, однако сырьевое и экологическое ограничение процесса паровой конверсии метана стимулируют разработку процессов производства водорода из воды, одним из таких способов является электролиз.

Электролиз

Для получения водорода методом электролиза необходимо в электролитический раствор поместить два электрода – анод и катод – подать на них напряжение, на отрицательно заряженном электроде (катоде) происходит электрохимическое восстановление частиц и выделение водорода, а на положительно заряженном электроде (аноде) идет электрохимическое окисление частиц и выделение кислорода.

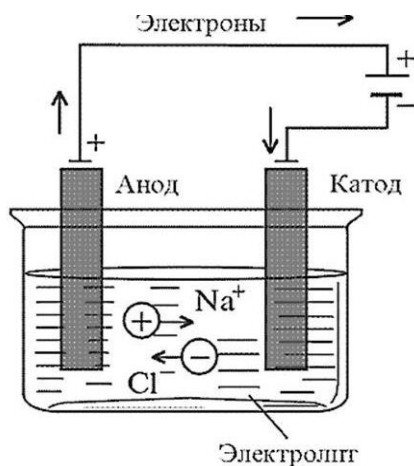


Рис. 1. Схема получения водорода, методом электролиза

В зависимости от электролита на аноде и катоде протекают реакции, уравнения которых приведены в таблице [3].

Реакции, протекающие на аноде и катоде, в зависимости от электролита

Электрод	Щелочная среда	Нейтральная среда	Кислая среда
Катод	$H_2O + e \rightarrow H + OH$		
Анод	$2OH \rightarrow O + H_2O$	$H_2O - 2e \rightarrow O \rightarrow 2H$	$H_2O - 2e \rightarrow O + 2H$

Энергозатраты щелочного электролизера на 1 м³ водорода составляют 4,5–5,5 кВт/ч, коэффициент полезного действия (КПД) η данного способа производства 50–70 %. Прогресс развития электролизных установок не стоит на месте, η электролиза с твердым оксидным электролитом составляет более 75 %.

Основным достоинством данного метода являются то, что отходами данной реакции является экологически чистые вещества – кислород и вода. Способ получения водорода методом электролиза считается экологически эффективным при условии получения первичного источника энергии экологически чистым способом.

Фотокатализ

Получение водорода фотокаталитическим способом является перспективным направлением в связи с возможностью преобразования солнечной энергии в химическую; в ходе химической реакции образуется водород. В отличие от электролиза фотокатализ почти не требует энергетических затрат.

Получение водорода фотокаталитическим способом возможно на базе трехэлектродной ячейки.

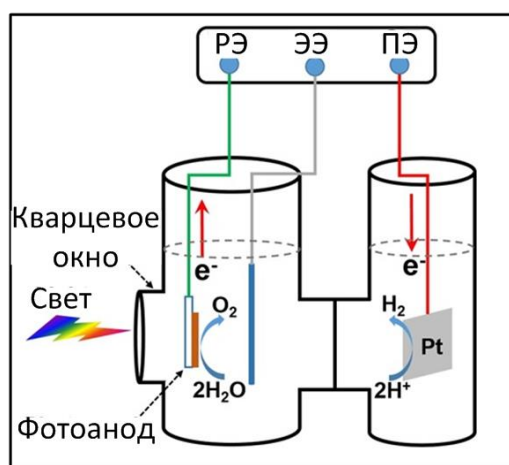


Рис. 2. Схема получения водорода фотокаталитическим способом

Трехэлектродная ячейка представляет собой систему, состоящую из электролита, рабочего электрода, эталонного электрода и противоэлектрода.

После попадания света через кварцевое окно на рабочий электрод фотон, преодолевая запрещенную зону материала рабочего электрода, выбивает электроны и тем самым дает начало окислительно-восстановительной реакции – выделению кислорода на рабочем электроде и водорода на противоэлектроде [4, 5]:

$$2h + \text{H}_2\text{O} > \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H},$$

где h – постоянная Планка.

Эффективность преобразования энергии фотоэлектролиза воды определяется свойствами используемых материалов. Поиск высокоэффективных фотокатализаторов, способных генерировать водород из воды под воздействием солнечного света, является одной из основных задач научно-исследовательских групп по всему миру [6]. Для создания требуемых эффективных фотоэлектродов необходимо выполнение следующих критериев: высокая стабильность; недороговизна материала; низкая зона проводимости; небольшая ширина запрещенной зоны.

Среди таких каталитически активных материалов выделяются оксиды железа, получение и использование которых все так же актуально в частности благодаря их высокой каталитической активности, химической и фотоэлектрохимической стабильности и низкой стоимости. Среди известных фаз оксида железа наиболее перспективной является гематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), который имеет хорошие перспективы для использования в качестве фотокатализатора из-за ширины запрещенной зоны, равной 2,3 эВ.

Источники

1. Способ получения водорода паро-углекислотной конверсией природного газа: пат. 2379230 Рос. Федерация № 2008114670/15; заявл. 08.04.08; опубл. 20.01.10, Бюл. № 2.
2. Катализатор (варианты), способ его приготовления и процесс получения водорода из растворов гидридов: пат. 2323045 Рос. Федерация на изобретение № 2007109021/04; заявл. 12.03.07; опубл. 27.04.08, Бюл. № 12.
3. Скуратник Я.Б., Покровский А.К. Электролиз и водородная энергетика на транспорте // Вестник транспорта. 2003. № 8.
4. A comparison of photocatalytic reforming reactions of methanol and triethanolamine with Pd supported on titania and graphitic carbon nitride / Wilm Jones [et al.] // Applied Catalysis B: Environmental, 2016.
5. Fatih Yilmaz, M. Tolga Balta, Reşat Selbaş. A review of solar based hydrogen production methods // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. № 56. P. 171–178.
6. Gerardo Colón. Towards the hydrogen production by photocatalysis // Applied Catalysis A: General. 2016. Vol. 518. P. 48–59.

ЖИДКОФАЗНЫЕ И ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ В СМЕСИ УГЛЕВОДОРОДОВ

Илья Александрович Сунцов¹, Рустем Султанхамитович Кашаев²,
Олег Владимирович Козелков³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹ilya0992@mail.ru, ²kashaev2007@yandex.ru, ³ok1972@list.ru

Знание содержания жидкофазных и твердотельных компонент в смеси углеводородов дает возможность глубоко понимать свойства нефти. Знание о составе нефти значительно увеличивает возможности для оптимизации ее добычи и переработки.

Ключевые слова: углеводород, проточный экспресс-контроль, спад свободной индукции, ядерный магнитный резонанс.

LIQUID PHASE AND SOLID COMPONENTS IN HYDROCARBON MIXTURE

Ilya Aleksandrovich Suntsov, Rustem Sultanhamitovich Kashaev,
Oleg Vladimirovich Kozelkov

Knowledge of the content of the liquid-phase and solid components in a mixture of hydrocarbons makes it possible to deeply understand the properties of oil. Knowledge of the composition of oil greatly increases the possibilities for optimizing its production and refining.

Key words: hydrocarbon, rapid flow control, free induction decay, nuclear magnetic resonance.

В последние годы в Российской Федерации наблюдается увеличение добычи углеводородного (УВ) сырья в виде тяжелых нефтей и битумов. Они содержат такие компоненты, как асфальтены, смолы и парафины (АСП), которые невозможно определять оперативно. Но на каждом этапе добычи, подготовки и переработки сырья требуется оперативный контроль, необходимый для оптимизации технологических процессов, предупреждения техногенных аварий и защиты окружающей среды [1].

Способы определения содержания жидкофазных и твердотельных компонент в смеси углеводородов стандартизированы (например, ГОСТ 2070-82, стандарт ASTM D-86-93) и основаны на использовании одного из четырех основных методов:

- термическом (перегонка, ректификация, термодиффузия);
- абсорбционном (газовая и жидкостная хроматографии);
- спектральном (ИК-, УФ-, атомно-абсорбционная и масс-спектрометрия);
- химическом (химические анализы).

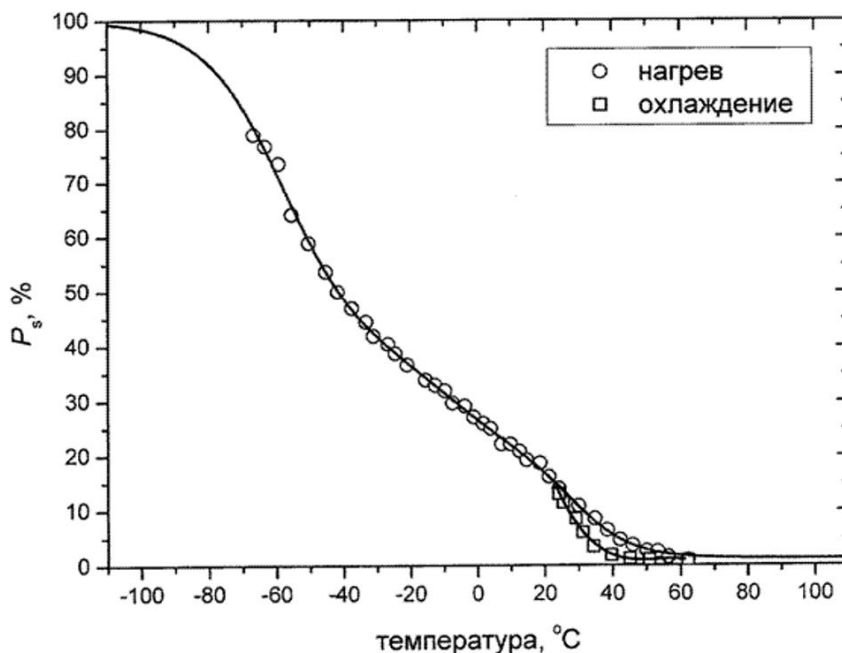
Некоторые из этих методов позволяют разделить группы углеводородов в существенно чистом виде (хроматография), другие – только в виде концентратов (избирательное растворение) и третьи – для разделения углеводородов одной группы (четкая ректификация, кристаллизация). Однако имеются методы, позволяющие установить с высокой точностью содержание структурных элементов углеводородов различных групп и непосредственно в топливе без его разделения (спектральный анализ) [2].

Известен способ определения содержания жидкофазных и твердотельных компонент в смеси углеводородов (УВ) по патенту РФ 2383884 [3], в котором осуществляют отбор образца УВ – смеси, после чего в данном образце методом ядерного магнитного резонанса (ЯМР) измеряют серии кривых спадов свободной индукции (ССИ) смеси УВ в температурном диапазоне от -150°C до $+150^{\circ}\text{C}$, по каждой ССИ определяют значение доли твердотельной компоненты P_s в сигнале ^1H ЯМР при той температуре, при которой она была измерена. Затем по полученным значениям строят температурную зависимость доли твердотельной компоненты P_s и по её изменению $P_s - \Delta P_{si}$, обусловленному фазовым переходом i -й компоненты вследствие нагревания или охлаждения, определяют содержание твердотельных и/или жидкофазных компонент в смеси УВ путем отнесения значений ΔP_{si} соответствующим компонентам смеси. Технический результат: обеспечение более быстрого и простого процесса определения содержания жидкофазных и твердотельных компонент в смеси УВ, исключая сложные операции химической обработки смеси. Основные компоненты нефти вносят вклад в твердотельную компоненту сигнала ^1H ЯМР нефти в разных температурных диапазонах, поэтому в данном способе предлагается отличать компоненты нефти друг от друга по температурам фазовых переходов, учитывая следующие экспериментальные факты:

- 1) при атмосферном давлении асфальтены вносят вклад в твердотельную компоненту сигнала ^1H ЯМР нефти при температурах вплоть до 150°C и выше (рисунок);

- 2) при атмосферном давлении бензолные и спиртобензолные смолы могут давать вклад в твердотельную компоненту сигнала ^1H ЯМР нефти при температурах не выше 140°C ;

3) нормальные парафины и изопарафины, как правило, при нагревании перестают давать вклад в твердотельную компоненту сигнала ^1H ЯМР нефти в диапазоне температур от 20 до 90 °С;



Температурная зависимость доли P_s твердотельной компоненты в сигнале ^1H ЯМР смеси 30 % тетракозана ($\text{C}_{24}\text{H}_{50}$) и 70 % декана ($\text{C}_{10}\text{H}_{22}$)

4) другие УВ компоненты нефти – легкие и масляные фракции – могут давать вклад в твердотельную компоненту сигнала ^1H ЯМР нефти при температурах ниже 20 °С.

Таким образом, измеряя температурную зависимость доли P_s (%) твердотельной компоненты сигнала ^1H ЯМР смеси углеводородов в широком температурном диапазоне от -150 до $+150$ °С, можно определить содержание жидкофазных и твердотельных компонент в смеси углеводородов, например, сырой нефти.

Источники

1. Сафиева Р.З. Физико-химия нефти. Физико-химические основы технологии переработки нефти. М.: Изд-во Химия, 1998. 448 с.

2. Белоусов А.И., Бушуева Е.М. Оценка межмолекулярных взаимодействий в углеводородах нефти // Химия и технология топлив и масел. 1987. № 1. С. 26.

3. Способ определения содержания жидкофазных и твердотельных компонент в смеси углеводородов: пат. 2383884 Рос. Федерация № 2008148990/28; заявл. 12.12.08; опубл. 10.03.10, Бюл. № 7.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ТЕПЛОВОМ ПУНКТОМ

Валентина Владимировна Тарасова¹, Владимир Александрович Тарасов²,
Алексей Германович Калинин³, Владимир Васильевич Афанасьев⁴,
Владимир Геннадьевич Ковалев⁵

¹ООО «Инженерно-технический центр ГОРИСС»,
^{2,3,4,5}ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова»
г. Чебоксары

¹charming_cerl@rambler.ru, ²Vladimir_tarasov@inbox.ru, ³humanoid1984@yandex.ru,
⁴teu_kafedra@mail.ru, ⁵espp21@mail.ru

Математические модели стационарных и нестационарных тепловых процессов в зданиях и сооружениях позволили создать алгоритм адаптивного управления системами теплоснабжения, обеспечивающий быстрое достижение требуемой мощности системы отопления при любых погодных-климатических и функциональных условиях. Установленная система позволяет быстро менять в несколько раз мощность системы отопления за счет регулировочного клапана на подающей магистрали. Алгоритм позволяет обеспечить комфортные условия в помещениях при минимальном расходе тепловой энергии.

Ключевые слова: автоматизированный тепловой пункт, алгоритм адаптивного управления, регулирование расхода тепловой энергии, программируемый логический контроллер, тепловые режимы.

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM OF ADAPTIVE HEAT SUPPLY MANAGEMENT BY AUTOMATED THERMAL ITEM

Valentina Vladimirovna Tarasova, Vladimir Aleksandrovich Tarasov,
Aleksey Germanovich Kalinin, Vladimir Vasil'yevich Afanas'yev,
Vladimir Gennad'yevich Kovalev

Mathematical models of stationary and non-stationary thermal processes in buildings and structures allowed to create an algorithm of adaptive control of heat supply systems, providing rapid achievement of the required power of the heating system under any weather-climatic and functional conditions. The system installed allows you to quickly change several times the capacity of the heating system by adjusting the valve on the supply line. Algorithm allows to provide comfortable conditions in the premises with a minimum expenditure of thermal energy.

Key words: automated thermal point, the adaptive control algorithm, flow control, thermal energy, programmable logic controller, thermal regimes.

Комфортные условия в помещениях при минимальном расходе тепловой энергии на отопление достигаются при тепловом балансе здания или сооружения, когда система отопления обеспечивает компенсацию тепловых потерь с учетом технологического и бытового поступления тепла и инсоляции [1]. Автоматический регулятор должен обеспечивать выполнение равенства фактической мощности системы отопления $P_{\text{факт}}$ и мощности

тепловых потерь $P_{\text{пот}}$ системы отопления с учетом технологического и бытового поступления в отапливаемое здание тепловой энергии $P_{\text{пост}}$ при любых климатических условиях и параметрах воды в системе теплоснабжения [1,2]:

$$P_{\text{факт}} = P_{\text{пот}} - P_{\text{пост}}. \quad (1)$$

Фактическая мощность системы отопления

$$P_{\text{факт}} = G_2 \rho c (T_{\text{под}} - T_{\text{обр}}), \quad (2)$$

где G_2 – объемный расход воды в контуре отопления здания; ρ – плотность воды; c – удельная теплоемкость воды; $T_{\text{под}} - T_{\text{обр}}$ – разность температур прямой и обратной воды в контуре системы отопления здания.

Для реализации теплового баланса необходимы данные по фактической мощности системы отопления, для определения которой необходимо знать расход и температуры прямой и обратной воды. Раньше в системах автоматического управления расходомеры не применялись, поэтому были разработаны различные математические модели, позволяющие при существенных допущениях установить взаимосвязи между температурами прямой и обратной воды и мощностью систем отопления [1, 3–6]. В связи с этим в системах централизованного теплоснабжения основным параметром, регулируемым на источнике тепловой энергии, является температура теплоносителя, подаваемого в систему теплоснабжения в соответствии с утвержденным температурным графиком.

В настоящее время все системы коммерческого учета тепловой энергии снабжены приборами учета расхода теплоносителя. Это позволяет использовать для управления отоплением алгоритмы, основанные на непосредственном определении мощности систем отопления, необходимой для компенсации мощности тепловых потерь зданий и сооружений, однако данные по расходу теплоносителя в широко применяемых алгоритмах управления отоплением не используются. В наиболее совершенных автоматических регуляторах систем отопления реализуются алгоритмы управления по возмущению от температуры наружного воздуха с обратной связью по отклонению от заданного значения температуры воздуха в помещении. Используются алгоритмы регулирования температурных параметров теплоносителя (температуры воды в подающем трубопроводе, температуры воды в обратном трубопроводе либо разности температур воды в подающем и обратном трубопроводах систем отопления) по графику отопительных систем в зависимости от температуры наружного воздуха [3–6].

Распространенный способ управления подачей теплоносителя в тепловые пункты с использованием в качестве регулируемой переменной температуры прямой воды в системе отопления считается неэффективным при изменении режимов теплопотребления. Для снижения избыточного теплопотребления предлагается ввести коррекцию в контур регулирования и учитывать температуру обратной воды в качестве дополнительной регулируемой переменной. Закон управления с коррекцией по температуре обратной воды целесообразно использовать при значительных рассогласованиях потерь задания с регулируемой переменной, например, при смене режимов теплопотребления с дневного на ночной [5, 6].

Алгоритм управления по разности температур прямой и обратной воды значительно повышает точность регулирования отпуска тепла и облегчает наладку и эксплуатацию системы регулирования. При постоянстве расхода воды в системе отопления разность температур прямой и обратной воды позволяет реализовать непосредственно требуемый график отпуска тепла. В этом случае не требуется знать теплотехнические характеристики системы отопления, так как регулятор в процессе работы с использованием пропорционально-интегральных и пропорционально-интегрально-дифференциальных законов постепенно автоматически выходит на поддержание необходимой температуры воды в подающем трубопроводе системы отопления. Все разработанные ранее алгоритмы управления отоплением базируются на измеряемых температурах наружного и внутреннего воздуха, а также температурах воды в подводящих магистралях и системах отопления. С помощью математических моделей при существенных допущениях (например, о постоянстве расхода воды, соблюдении температурного графика) рассчитываются необходимые температуры прямой и обратной воды системы отопления. Для реализации таких алгоритмов необходимы реперные точки температурного графика отопительных систем. В настоящее время регулирование температуры в системах отопления может выполняться по одному из трех вариантов [4–6]:

1) регулирование температуры смешанного теплоносителя $T_{см}$ без ограничения температуры обратной воды $T_{обр}$. В этом варианте контроллером используются датчики температуры смешанного теплоносителя $T_{см}$ и температуры наружного воздуха $T_{нар}$;

2) регулирование температуры смешанной воды с ограничением температуры обратной воды по графику температуры обратной воды;

3) регулирование только температуры обратной воды по графику температуры обратной воды.

При работе систем централизованного теплоснабжения фактические температурные графики у потребителей тепловой энергии могут существенно отличаться от проектных вследствие нарушений гидравлических режимов сетей, утечек теплоносителя и тепловых потерь при транспортировке. Применяемые в настоящее время алгоритмы управления отоплением, как правило, базируются на температурах прямого и обратного теплоносителей, более совершенные алгоритмы могут учитывать температуры внутреннего и наружного воздуха, строительные объемы зданий и усредненные статические удельные отопительные характеристики. При этом не учитываются такие индивидуальные характеристики объектов, как высота и форма зданий, инфильтрация, обусловленная тепловым и ветровым напором, а также инсоляция. Существующие алгоритмы управления отоплением могут обеспечить заданные комфортные условия только при соблюдении теплоснабжающими организациями температурных графиков.

В существующих системах управление осуществляется без учета теплофизических характеристик системы по каналам возмущения и управления, что в силу инерционности объекта приводит к длительным переходным процессам и неизбежному запаздыванию регулирования по отношению к изменению параметров наружного климата, протяженного в плане здания. Для снижения затрат на теплоснабжение зданий и повышение комфортности помещений в [3] предлагается введение блока прогнозирования температуры в контур управления. В этом случае управление температурой прямого теплоносителя осуществляется по прогнозному значению температуры наружного воздуха без сравнения фактической мощности системы отопления и мощности тепловых потерь. Также недостатком является определение управляющего воздействия на выходе компенсатора по замкнутому контуру только по сигналам с датчиков температуры воздуха в контрольных помещениях, изменение которой вследствие тепловой инерции ограждений на десятки часов отстает от изменения температуры наружного воздуха. Это вызывает запаздывание уточнения регулирования по отношению к изменению параметров наружного климата.

В системах коммерческого учета тепловой энергии часто отсутствуют датчики температуры наружного воздуха, поэтому в данных архивов узлов учета тепловой энергии либо вообще отсутствуют сведения о температуре наружного воздуха, либо имеются расчетные значения температур

наружного воздуха, определенные по температуре прямой воды в подающем трубопроводе. При этом принимается допущение, что температурный график соблюдается с большой точностью, что бывает не всегда.

В настоящее время в связи с требованием установки приборов учета потребления тепловой энергии на всех тепловых пунктах имеются расходы. Поэтому появляется возможность определять фактическую мощность системы отопления непосредственно по формуле (2) и вести управление системой отопления исходя из равенства (1) фактической мощности системы отопления и требуемой мощности системы отопления. Для эффективного управления температурным режимом каждого объекта требуется знать его индивидуальные статические и динамические характеристики, которые можно получить статистической обработкой данных узлов учета и математическим моделированием процессов переноса тепла через ограждения [2].

Для обеспечения внутри помещения желаемой температуры мощность системы отопления должна компенсировать расчетные тепловые потери:

$$P_{\text{пот}} = q_{\text{дин}} V (T_{\text{расч.вн}} - T_{\text{расч.нар}}), \quad (3)$$

где $T_{\text{расч.вн}} - T_{\text{расч.нар}}$ – разность фактической или желаемой заданной внутренней температуры воздуха внутри здания и непрерывно измеряемой фактической или заданной температуры наружного воздуха; V – наружный строительный объем здания; $q_{\text{дин}}$ – тепловая характеристика здания, которая должна учитывать реальные теплофизические характеристики ограждающих конструкций, форму и ориентацию здания, инфильтрацию, инсоляцию и влияние ветра.

Использование динамической характеристики $q_{\text{дин}}$, включающей в себя статическую характеристику и слагаемые, учитывающие аккумуляцию тепловой энергии теплоемкими ограждениями [2], позволяет обеспечить прогнозное и дежурное отопление при быстром изменении температуры наружного воздуха. При прогнозном управлении по требуемой для компенсации тепловых потерь мощности можно учесть не только температуру наружного воздуха, но скорость ветра и инсоляцию.

Задание желаемой температуры помещения по времени суток и дням недели позволяет обеспечить рабочее и дежурное отопление по выходным и праздничным дням, а также в ночное время. Если в качестве $T_{\text{расч.нар}}$

использовать прогнозную температуру наружного воздуха, то по формуле (3) определяется расчетная мощность тепловых потерь при прогнозной температуре.

Созданный математическим моделированием цифровой образ системы отопления позволяет определять все текущие и прогнозируемые параметры режимов работы системы отопления, обеспечивающие компенсацию тепловых потерь и достижение заданных температур внутреннего воздуха при прогнозном и дежурном отоплении. На основе цифрового образа системы отопления разработан и реализован алгоритм адаптивного управления отоплением, обеспечивающий достижение требуемой фактической мощности системы отопления при любых погодных и функциональных условиях. Алгоритм реализован в системе автоматического управления отоплением на базе серийного программируемого контроллера ОВЕН ПЛК 150, использующего среду разработки CODESYS (рис. 1). Система находится в тепловом узле учебного корпуса «Д» Чувашского госуниверситета [7].

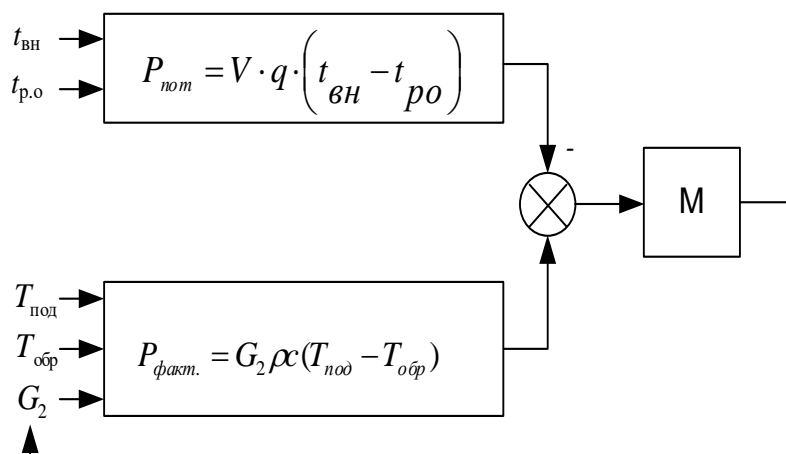


Рис. 1. Структура адаптивной САУ: М – 2-ходовой регулирующий клапан

Система реализует непрерывный контроль расхода и температуры прямой и обратной воды в подающей магистрали; расхода и температуры прямой воды, поступающей в систему отопления; давления воды на входе и выходе тепловой сети [7]. Также предусмотрены сигналы с датчиков температуры наружного воздуха, температуры воздуха внутри помещения и температур внутри стены. Сигналы с датчиков сходятся в шкаф автоматики и обрабатываются контроллером и его периферией. Согласно заданному алгоритму, контроллер генерирует аналоговый управляющий сигнал на 2-ходовой клапан в подающем трубопроводе. При изменении расхода воды в подающем трубопроводе меняются расход и температура воды в системе отопления здания [8].

Система автоматического управления позволяет контролировать в режиме реального времени и сохранять в архиве данных программируемого контроллера ОВЕН ПЛК150 все параметры системы теплоснабжения здания, данные по температуре наружного воздуха и температуре воздуха внутри помещения [9].

В применяемых алгоритмах и системах управления отоплением обычно используются измеренные температуры и расход прямой и обратной воды на входе в тепловой пункт и на выходе из него, это позволяет вести коммерческий учет потребления тепловой энергии, но не позволяет анализировать процессы в контуре отопления. Созданная на базе программируемого контроллера ОВЕН ПЛК-150 система автоматического управления отоплением реализует непрерывный контроль расхода и температуры прямой и обратной воды в подающей магистрали, непрерывный контроль расхода и температуры прямой воды, поступающей в систему отопления, непрерывный контроль давления воды на входе и выходе тепловой сети. Сигналы с датчиков температуры наружного и внутреннего позволяют рассчитать по формулам (2) и (3) мощность тепловых потерь здания и фактическую мощность системы отопления в исполнительном коде контроллера.

Алгоритм адаптивного управления основан на балансе фактической мощности в контуре отопления и требуемой мощности, который является критерием оптимальности адаптивной системы автоматического управления. Адаптация режимов отопления сводится к отработке регулятором всех воздействий внешних факторов с учетом реальных характеристик объекта для достижения заданных параметров. Требуемая мощность системы отопления определяется по фактической температуре наружного воздуха, заданной температуре внутри помещения, объему здания и удельной отопительной характеристике. Рассчитанная требуемая мощность системы отопления реализуется исполнительным блоком.

При расчете требуемой для отопления тепловой мощности для программируемого логического контроллера исполнительный код, разработанный в среде CODESYS, позволяет учитывать температуру наружного воздуха вблизи холодного и теплого фасадов и температуру внутреннего воздуха в различных помещениях, фактическую отопительную характеристику здания. Для осуществления дежурного отопления и прогнозного управления предусмотрена возможность ручного задания требуемой температуры внутреннего воздуха и прогнозируемой температуры наружного воздуха. При расчете требуемой для отопления тепловой мощности

учитываются расход воды в системе отопления, давление и температура прямой воды на входе в систему отопления здания, давление и температура обратной воды на выходе из системы отопления здания, зависимость теплоемкости воды от температуры.

Алгоритм адаптивного управления позволяет регулятору отопления обрабатывать все воздействия внешних факторов и теплофизических характеристик в объекта в соответствии с критерием оптимальности: баланса фактической мощности системы отопления и требуемой мощности, необходимой для компенсации тепловых потерь. В разработанном алгоритме, в отличие от типовых, заданная температура воздуха внутри здания не определяет в явном виде положение регулирующего клапана, а лишь участвует в расчете его положения с учетом текущих параметров объекта и внешней среды. Управление осуществляется по возмущению, когда возмущающим фактором является разность заданной температуры воздуха в здании и измеряемой или прогнозной температуры наружного воздуха. Регулятор осуществляет воздействие, быстро компенсирующее влияние возмущений. При регулировании по возмущению возникают статическая и динамическая ошибки. Для исключения этих ошибок и обеспечения равенства (1) дополнительно применяется управление с использованием отрицательной обратной связи по отклонению фактической мощности системы отопления от расчетной. Согласно заданному алгоритму контроллер генерирует аналоговый управляющий сигнал на 2-ходовой клапан в подающем трубопроводе [8, 9]. Система реализует непрерывное качественно-количественное регулирование тепловой энергии.

Данный алгоритм позволяет обеспечить комфортные условия в помещениях при минимальном расходе тепловой энергии даже при отклонении температурного графика от заданного. Математическая модель процессов теплопереноса позволяет рассчитывать значения коэффициентов теплопередачи через ограждения с учетом различных факторов, это дает возможность корректировать значения отопительной характеристики и прогнозировать влияние погодных условий и теплофизических параметров ограждений на тепловые потери [2].

Существующие алгоритмы управления отоплением при работе по температурному графику [3–6] предполагают постоянным расход воды в системе отопления, который может быть достигнут только при неизменной разности давлений в подводящей магистрали и магистрали обратной воды, следовательно, требуется соблюдение и температурных графиков

и заданных давлений прямой и обратной воды. Разработанный алгоритм адаптивного управления по мощности системы отопления не требует задания параметров температурных графиков и учитывает фактические давления прямой и обратной воды, которые могут отличаться заданных. При реализации алгоритма управления по мощности легко учесть влияние внутренних тепловыделений, ветра и инсоляцию. При управлении по отклонению температуры внутреннего воздуха от заданной эти факторы вследствие тепловой инерционности ограждений и отопительных приборов, влияют на температуру внутреннего воздуха с запаздыванием на много часов, что ухудшает динамику переходных процессов. Управление по отклонению фактической мощности от заданной позволяет быстро учесть как текущие значения температур внутреннего и наружного воздуха, так и заданные температуры внутреннего (дежурное отопление) и наружного воздуха (прогнозное управление).

Алгоритм адаптивного управления по мощности системы отопления позволяет быстро достичь компенсации тепловых потерь (рис. 2).

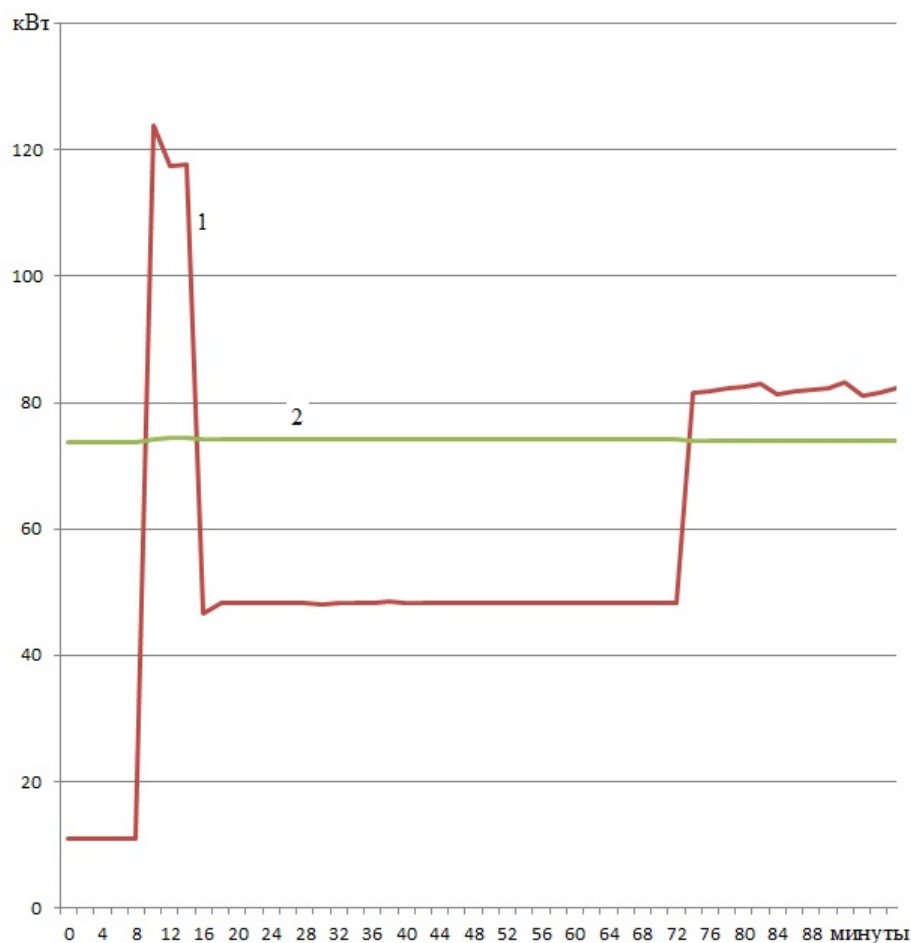


Рис. 2. Зависимости от времени фактической мощности системы отопления (кривая 1) и мощности тепловых потерь (кривая 2) при начальной мощности системы отопления в семь раз отличающейся от мощности тепловых потерь

При отклонении начальной мощности системы отопления от мощности тепловых потерь в 1,6 раза компенсация тепловых потерь достигается за несколько минут, переходный процесс апериодический. При отклонении начальной мощности системы отопления от мощности тепловых потерь в семь раз компенсация тепловых потерь достигается за 70 минут, переходный процесс периодический с затуханием. Программа позволяет в режиме ручного управления моделировать условия изменения температуры наружного воздуха. При моделировании резкого похолодания на 20 °С компенсация тепловых потерь достигается за 60 минут. При моделировании резкого потепления на 10 °С компенсация тепловых потерь достигается за 30 минут. Температура воздуха в помещениях за время изменения мощности системы отопления в несколько раз и выходе на режим компенсации тепловых потерь практически не менялась вследствие тепловой инерции ограждающих конструкций и отопительных приборов. Поэтому использование отклонения температуры внутреннего воздуха от заданного значения в качестве параметра регулирования не может обеспечить быстрый выход на режим компенсации тепловых потерь, при котором расход тепловой энергии на отопление будет минимальным.

Анализ данных архива ПЛК показал, что увеличение расхода воды в подающей магистрали с помощью регулирующего клапана вызывает незначительное возрастание расхода воды в системе отопления, однако при этом существенно возрастает температура прямой воды в системе отопления здания при слабом изменении температуры обратной воды, вследствие этого мощность системы отопления может возрасти в 2–3 раза в течение 10 минут. При уменьшении расхода воды в подающей магистрали с помощью регулирующего клапана мощность системы отопления может за 20 минут снизиться в 2–3 раза.

Выводы

Алгоритм адаптивного управления процессом подачи тепла на отопление здания по мощности системы отопления позволил создать эффективную систему, обеспечивающую при минимальном расходе тепловой энергии заданную температуру в помещениях здания с учетом всех параметров, влияющих на мощность тепловых потерь и мощность системы отопления. Установленная система позволяет быстро достигать равенства фактической мощности системы отопления и мощности тепловых потерь при изменении погодных условий и позволяет реализовывать любые алгоритмы адаптивного управления без задания параметров температурного графика.

Источники

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. М.: Изд-во МЭИ, 1999. 472 с.
2. Исследование нестационарных тепловых режимов отопления зданий и сооружений / В.В. Афанасьев [и др.] // Вестник Чувашского ун-та. Естественные и технические науки. 2015. № 2. С. 20–28.
3. Патент на полезную модель РФ №73509(13),G05D23/19 (2006.01). Система управления, процессом подачи тепла на отопление здания: п. м. 73509 Рос. Федерация № 2008100508/22; заявл. 09.01.08; опубл. 20.05.08, Бюл. № 14.
4. Потапенко Е.А., Солдатенков А.С., Яковлев А.О. Исследование алгоритмов управления процессом отопления здания с зависимым тепло-снабжением // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2011. № 2 С. 74–78.
5. Автоматизированное управление процессом централизованного теплоснабжения распределенного комплекса зданий с учетом моделирования этих процессов / А.Н. Потапенко [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2007. № 7–8. С. 120–134.
6. Стрижак П.А., Морозов М.Н. Энергоэффективность системы теплоснабжения зданий при различных методах регулирования теплопотребления // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2014. № 3(202). С. 88–95
7. Модернизация теплового пункта корпуса с установкой системы автоматического управления отоплением с программируемым контроллером / В.А. Тарасов [и др.] // Региональная энергетика и электротехника: проблемы и решения: сб. науч. тр. Чебоксары, 2015. Вып. 11. № 11. С. 152–160.
8. Совершенствование алгоритмов управления в системах тепло-снабжения зданий и сооружений / В.А. Тарасов [и др.] // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. докл. I Поволжской науч.-практ. конф. Казань, 2015. С. 490–495.
9. Реализация алгоритма адаптивного управления теплоснабжением зданий и сооружений: свид. о гос. рег. программ для ЭВМ № 2017613938 от 05.04.17.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРЕНАЖЕРА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ДИНАМИЧЕСКОЕ ПОДОБИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Сергей Александрович Терентьев

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

kuvalda220@mail.ru

В работе приводятся результаты исследования управления, разработан метод определения управления для обеспечения на тренажере динамического подобия технической системы.

Ключевые слова: управление, динамическое подобие, моделирование, техническая система, летательный аппарат (ЛА).

CONTROL SYSTEM SIMULATOR PROVIDING THE DYNAMIC SIMILARITY OF THE TECHNICAL SYSTEM.

Sergey Alexandrovich Terentyev

The paper presents the results of the control study, a method for determining the control to ensure the simulator dynamic similarity of the technical system.

Key words: control, dynamic similarity, modeling, technical system, aircraft.

В настоящее время для решения различных задач в экономике страны используются вертолёты. Для обучения пилотированию вертолётами используются тренажёры и специальные учебные ЛА. При помощи таких технических систем происходит отработка и закрепление обучающимися методов пилотирования. С точки зрения экономической целесообразности, обучение следует проводить на ЛА, который имеет минимальную стоимость эксплуатации [1]. Возникает задача пилотирования моделирующим летательным аппаратом, на котором реакция на управляющие воздействия была бы похожей на реакцию базового летательного аппарата.

Математические модели движения ЛА рассматриваются в работах [2–4].

Задача моделирования в полете на моделирующем ЛА динамики движения базового ЛА сводится к задаче обеспечения подобия движения базового летательного аппарата.

В статье приводятся результаты исследования управления ЛА. Для базового и моделирующего ЛА получена математическая модель движения. В работе предложен метод определения управления для обеспечения динамического подобия ЛА. Получены расчётные формулы для определения корректирующей составляющей управления моделирующего ЛА.

В работах [4–7] приведены результаты моделирования управляемого движения базового и моделирующего ЛА в программном комплексе Matlab в системе Simulink. Анализ результатов компьютерного моделирования показывает:

- 1) схожесть движения моделирующего и базового летательных аппаратов;
- 2) близость рассогласования динамических характеристик к нулю показывает эквивалентность динамических характеристик.

Следовательно, показана работоспособность метода определения управления для обеспечения динамического подобия базового ЛА на моделирующем ЛА.

Источники

1. Казанский вертолетный завод [сайт]. URL: <http://kazanhelicopters.ru/>
2. Берестов Л.М. Моделирование динамики вертолета в полете. М.: Изд-во Машиностроение, 1978.
3. Динамика полета / А.М. Мхитарян [и др.] М.: Изд-во Машиностроение, 1978.
4. Терентьев С.А. Алгоритм коррекции системы автоматического управления полётом вертолёт по требуемой траектории // Аналитическая механика, устойчивость и управление: тр. X Междунар. Четаевской конф. Казань, 2012. Т. 3. Ч. II. С. 397–404.
5. Терентьев С.А. Алгоритм динамически подобного управления летательным аппаратом // Вестник КГТУ. 2012. Т. 15, № 15. С. 252–254.
6. Терентьев С.А. Управление летательным аппаратом, обеспечивающее динамическое подобие // Вестник КГТУ. 2013. Т. 16, № 6. С. 176–178.
7. Терентьев С.А. Управление летательным аппаратом, обеспечивающее динамическое подобие при повороте // Вестник КГТУ. 2014. Т. 17, № 11. С. 248–250.

УДК 697.347

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ В ЭНЕРГЕТИКЕ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

Альфия Раилевна Хабиева¹, Илина Расимовна Закирова²,
Рустем Ренатович Вилданов³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,3}alfiyusha96@mail.ru, ²Sakilina2010@yandex.ru

В статье рассматривается автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии, ее главные составляющие, приведена к рассмотрению архитектура современной АСКУЭ, а также рассмотрен вопрос о хищении электроэнергии.

Ключевые слова: Автоматизированная система коммерческого учета электрической энергии АСКУЭ, хищение электрической энергии.

THE USE OF AUTOMATED SYSTEMS IN THE ENERGY OF HOUSING AND COMMUNAL ECONOMY

Alfia Railevna Khabiyeva, Iilina Rasimovna Zakirova,
Rustem Renatovich Vildanov

The article discusses an automated system for commercial metering of electricity, its main components, the architecture of a modern ASKUE system is reviewed, and the issue of the “theft” of electricity is considered.

Key words: automated system for commercial accounting of electrical energy, theft of electrical energy.

Одной из проблем в процессе передачи электроэнергии с производственных площадок до потребителя являются потери электроэнергии в электрических сетях. Снижение потерь – одна из важнейших задач, стоящих перед современными предприятиями и объектами жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Решение этой проблемы связано с внедрением ряда энергосберегающих компонентов: мониторинг, учет и анализ потребления электроэнергии, внедрение энергосберегающих технологий и оборудования. Основной причиной потери электроэнергии в жилом секторе является хищение. Эффективным способом борьбы с ним является контроль электропотребления объекта. Эта функция реализована в АСКУЭ. Система поддерживает постоянный баланс электропотребления внутридомовых сетей – сколько пришло на счетчик и сколько с него должно уйти. Кроме того, АСКУЭ позволяет обнаруживать аномальные режимы потребления в каждом доме. И на основе этих данных нетрудно идентифицировать жильца, занимающегося хищением. АСКУЭ направлена на обеспечение контроля над работой всего энергетического оборудования, а также комплексный и технический учет электроэнергии. Эта система предназначена для использования ее на промышленных предприятиях, электростанциях и энергообеспечивающих предприятиях, а также в жилом секторе. Преимущество этой системы заключается в том, что компоненты системы позволяют своевременно определять потери, в том числе несанкционированные хищения электрической энергии. В жилом секторе в домах или в любом другом помещении производится установка приборов учета, которые производятся различной дискретностью, действия по сбору и передаче информации на устройство сбора и передачи данных, где они архивируются и сохраняются в памяти. Система предоставляет пользователям достоверную информацию о фактическом потреблении электрической энергии и может быть реализована с использованием различных каналов связи (PLC, GPRS,

RS и т. д.) и на любом объекте – от подъезда, микрорайона, города, республики и других субъектов. Все каналы связи обеспечивают своевременную и надежную передачу информации о потреблении, позволяют идентифицировать хищения электричества, а также дистанционно отключать неплательщиков. Вся необходимая информация отражается в автоматизированном рабочем месте пользователя.

Таким образом, АСКУЭ предназначены для защиты от хищения электрической энергии, они обеспечивают надежность учета электроэнергии и мощности, контроль качества принимаемой и потребляемой электроэнергии, анализ результатов и разработку решений, оптимизацию и управление нагрузкой потребителей и, самое главное, сокращают суммы платежей за потребленную электроэнергию.

Источники

1. Автоматизированный учет электроэнергии [Электронный ресурс]. URL: http://teploinfo.com/publ/askue/avtomatizirovannyj_uchet_ehlektrouhnergii/4-1-0-19.

2. Автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) [Электронный ресурс]. URL: <http://en-mart.com/energouchet-askue/>

Секция 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК И ЖКХ

УДК.675.5;620.192.41;678.046.

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ КОМПОНЕНТОВ В РАЗРЯДЕ НА ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КОМПОЗИТОВ ПОЛИМЕР-НИТРИД-КАРБИД МЕТАЛЛОВ

Хикмет Сахаваддин оглы Алиев¹, Аллахверди Орудж оглы Оруджев²,
Мусафир Мазахир оглы Кулиев³, Рафига Солтан кызы Исмайилова⁴,
Илаха Гасан кызы Каграманова⁵

^{1,2,5}«АзТУ», ^{3,4}«Институт радиационных проблем НАН Азербайджана»,
г. Баку, Республика Азербайджан

¹hikmet_2005@mail.ru, ²allahverdiorujov21@gmail.com, ³guliyevmusafir60@gmail.com,
⁴ismayilovarafiqas@gmail.com, ⁵ihqahramanova@mail.ru

Разработаны технологии получения эффективных теплопроводящих и изоляционных полимерных композиций на основе полиэтилена высокой плотности с наполнителями нитридов и карбидов.

Показано, что необходимое условие эффективного применения наполнителей в большей степени определяется способностью полимерных цепей взаимодействовать с активными центрами поверхности наполнителя. Наличие в полимерной молекуле полярных групп допускает появление донорно-акцепторных связей. В композиционных материалах на основе ПЭВП полярные группы могут возникать в результате развития термодеструктивных и термоокислительных процессов при получении образцов. Наряду с этим для композиционной системы на основе ПЭВП нитридов и карбидов металлов возможно образование химической связи на границе раздела фаз и этот фактор будет определяющим при переносе тепловой энергии по частицам наполнителя через полимерную фазу.

Установлено, что предварительная обработка композиционных материалов (полимер и наполнитель) в условиях действия разряда повышает теплопроводность композиционных материалов на основе ПЭВП и нитридов и карбидов металлов.

Ключевые слова: композит, наполнитель, теплопроводность, нитриды и карбиды металлов, полиэтилен высокой плотности, коэффициент теплопроводности, степень наполнения.

EFFECT OF TREATMENT OF COMPONENTS IN THE DISCHARGE ON THE HEAT CONDUCTIVITY OF COMPOSITES OF POLYMER-NITRIDE-CARBIDE OF METALS

Hikmet Sakhavaddin oglu Aliyev, Allahverdi Oruj oglu Orujov,
Musafir Mazahir oglu Kuliev, Rafiga Soltan kyzy Ismayilova,
Ilaha Hasan kyzy Kagramanova

Technologies have been developed for producing effective heat-conducting and insulating polymeric compositions based on HDPE with fillers of nitrides and carbides.

It is shown that the necessary condition for the effective use of fillers is largely determined by the ability of the polymer chains to interact with the active centers of the surface of the filler. The presence of polar groups in a polymer molecule allows the appearance

of donor-acceptor bonds. In composite materials based on HDPE, polar groups can arise as a result of the development of thermodestructive and thermo-oxidative processes upon receipt of samples. Along with this, for a composite system based on HDPE nitrides-metal carbides, the formation of a chemical bond at the phase boundary is possible and this factor will be decisive in the transfer of thermal energy through the filler particles through the polymer phase.

It was established that pretreatment of composite materials (polymer and filler) under the conditions of the discharge action increases the thermal conductivity of composite materials based on HDPE and metal carbide nitrides.

Key words: composite, filler, thermal conductivity, metal nitride-carbide, high density polyethylene, thermal conductivity coefficient, degree of filling.

Благодаря своим уникальным электрическим, термическим, механическим и оптическим свойствам полимерные композиты (ПК) находят широкое применение в электрофизике, электротехнике, электронике, конденсаторной и кабельной технике. Технология получения композитов дает возможность на одной и той же полимерной основе (матрице) получить ряд материалов с различными свойствами. При этом применяемые наполнители могут оказывать влияние на свойства, характерные для полимерной матрицы (прочностные показатели, плотность), расширять интервал температур и снижать уровень механических потерь, улучшать электроизоляционные свойства и т. д. А в ряде случаев, однако, полимерному материалу необходимо придать свойства, незаложенные в природе матрицы, такие как электро- и теплопроводность, фрикционность и антифрикционность и др.

При разработке высокоэффективных полимерных композиционных систем для нужд электротехники и электроэнергетики особый интерес представляет создание материалов с высокотепло- и электропроводящими наполнителями. Анализ литературных данных [1–11] показывает, что в качестве наполнителя с этой целью используют металлические частицы, графит, углеродные нанотрубки и волокна, карбиды и нитриды металлов и т. д.

В работе [9] авторы исследовали физико-механические и теплопроводящие свойства композитов из низковязкого полипропилена (ПП) с добавками: многослойные углеродные нанотрубки диаметром не более 30 нм и длиной не более 5 мм; высокомодульное углеродное волокно марки ВМН-4; гексогональный нитрид бора; нитрид алюминия. Они показали, что наполнение более 22 % объемных процентов приводит к нарушению монолитности образца, существенному росту дефектов и не вызывает роста прочностных показателей. Следовательно, наиболее целесообразно использовать композиционные материалы со степенью наполнения порядка 22 %. При этом достигается максимальная монолитность образца и может быть спрогнозировано оптимальное сочетание показателей прочностных

свойств. В этой же работе авторы наблюдали, что коэффициент теплопроводности ПК, наполненных нитридом бора гексагональными, с 25 до 40 % (масс.) возрастает более чем в два раза, в то время как дальнейшее увеличение степени наполнения до 70 % (масс.) увеличивает коэффициент теплопроводности менее чем на 10 %, что объясняется достижением порога перколяции при степени наполнения нитридом бора более 30 % (масс.) и формированием теплопроводящего кластера.

С другой стороны известно [10–11], что теплопроводящие свойства композитов зависят от явлений, происходящих на разделе фаз «полимер-наполнитель». Степень взаимодействия фаз определяет структуру и кристалличность полимера, адгезию полимера к частицам наполнителя, а также химические реакции. В частности, в работе [10] авторы исследовали влияние обработки поверхности частиц наполнителя на теплопроводность композитной системы «полимер-BN». Покрывая поверхность частиц BN аминосилановым уплотнителем они уменьшили размеры межфазной границы и тем самым свели к минимуму рассеивание фононов (передача тепла в полимерах происходит по фононному механизму) и тепловое сопротивление между полимером и частицами BN. Избыток аминосиланового уплотнителя в межфазной границе «BN/эпоксидная смола» действует как теплоизолирующий слой и уменьшает теплопроводность. Следовательно, теплопроводность композита будет максимальной при оптимальном количестве силанового уплотнителя.

В представленной работе в качестве модифицирующего фактора обработки поверхности композитной системы на основе полиэтилена и металлических соединений (BN, AlN, Si, N₄, Ti₃N₄, TiCN, TiC) выбрали электрический газовый разряд (ЭГР), который является мощным источником заряженных частиц и ультрафиолетового излучения, обеспечивает модификацию компонентов композиции за счет диссоциации химических связей.

Экспериментальная часть

В качестве исходного материала и наполнителя был использован полиэтилен высокой плотности.

Ввиду того, что самыми распространенными, в большей мере отвечающими этим требованиям, являются полиолефины, то среди них нами использованы порошки металлических соединений: нитрид бора (BN), нитрид алюминия (AlN), нитрид кремния (Si₃N₄), нитрид титана Ti₃N₄, карбонитрид титана (TiCN) и карбид титана (TiC). Концентрация указанных наполнителей составляла от 10 до 70 % (по массе).

Технология получения теплопроводящих диэлектрических компози- тов включает следующие этапы: подготовку и выбор исходных компонен- тов; выдержка их в сушильном шкафу; смешивание компонентов, вальце- вание в лабораторных вальцах; получение образцов горячим прессованием.

После выбора исходных компонентов полимер выдерживали в термощкафе при температуре 333 К в течение 6 часов, а наполнитель при температуре 673 К в течение двух часов. После этого порошки полимера и наполнителя предварительно смешивали в смесителе типа «Бембери» с последующим вальцеванием при температуре 403–413 К в течение 20–30 минут. Образцы получили методом горячего прессования при температуре 433 К и давлении 180 МПа.

Многочисленное определение свойств в различных местах материала показало хорошую воспроизводимость результатов, свидетельствующих об однородном распределении наполнителей и их совместимости.

Коэффициент теплопроводности определяли методом монотонного режима на стандартном измерителе ИТ-λ-400 и лабораторной установке ОТ-1, разработанных на образцах цилиндрической формы диаметром $15 \pm 0,2$ мм.

Сущность разработанного метода определения теплопроводности твёрдых диэлектриков состоит в определении разности температур на по- верхностях двух образцов (эталонного и измеряемого) при прохождении через их толщину одинакового количества тепла. После это методом сравне- ния вычисляется коэффициент теплопроводности измеряемого образца. Результаты испытания сравнимы между собой в том случае, если они получены на образцах одинаковой площади и толщины и при одинаковой температуре измерительной плиты.

Экспериментальные значения коэффициента теплопроводности материала вычисляются по формуле:

$$\lambda_x = \lambda_{\text{эт}} \cdot \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2},$$

где Δt_1 и Δt_2 – разность температур на поверхностях эталонного и измеряемого образцов:

$$\Delta t_1 = t_3 - t_1; \quad \Delta t_2 = t_3 - t_2.$$

С целью активации поверхности частиц наполнителя и полимера оба компонента предварительно обработаны разрядом в атмосфере воздуха [12].

Экспериментальные результаты и их обсуждения

Прежде чем прийти к обсуждению основных результатов по влиянию предварительного модифицирования поверхности компонентов исследованных композитов в условиях действия ЭГР в воздухе, отметим, что после действия разрядов в ИК-спектре ПЭ появляется ряд новых полос поглощения [12]: полосы при 3600-3200 (ОН группы), 1750-1720 (С=О группы), 1280 (сложные эфирные группы), 1210-1180 (простые эфиры) и 1650 см^{-1} (валентные колебания С=С связи). А карбонильная полоса обладает тонкой структурой, т. е. состоит из нескольких отдельных полос: 1710 (карбоксильные группы), 1720 (кетоны О=C-R) и 1735 см^{-1} (альдегиды). Все эти группы полярные, имеют большое сродство к электрону и выступают в качестве ловушек для носителей заряда в ПЭ.

Зависимость коэффициента теплопроводности (λ) полимерных композиций на основе ПЭВП-нитридов и карбидов от концентрации (Φ) последних представлена на рис. 1.

Видно, что заметное увеличение λ диспергированного ПЭВП наблюдается при концентрации больше 30 массового процента.

При сопоставлении полученных экспериментальных результатов установлено, что более эффективными теплопроводящими полимерными композиционными материалами являются системы ПЭВП+BN и ПЭВП+ALN. Такие различия в значениях λ указанных композиционных материалов свидетельствуют о влиянии структуры, плотности в поверхностных состояниях частиц наполнителя на формирование надмолекулярной структуры полимерной матрицы композиционных материалов в целом. Особое значение здесь представляют процессы, протекающие на границе фаз. Эти процессы тесно связаны с поверхностной энергией частиц, наполнителя, регулируемой изменением размера частицы. Заметный рост λ после содержания наполнителя (Φ) больше 30 % масс по-видимому можно связать с тем, что при таких значениях λ граничный слой полностью формируется под влиянием поверхности, частиц наполнителя. Это взаимодействие можно регулировать изменением как геометрических размеров, так и структуры наполнителя. На основе полученных экспериментальных результатов установлено, что при заданной дисперсности частиц, значения λ зависят от природы наполнителя. Показано, что для испытанных полимерных матриц наиболее удачным сочетанием с точки зрения высоких λ являются BN и ALN.

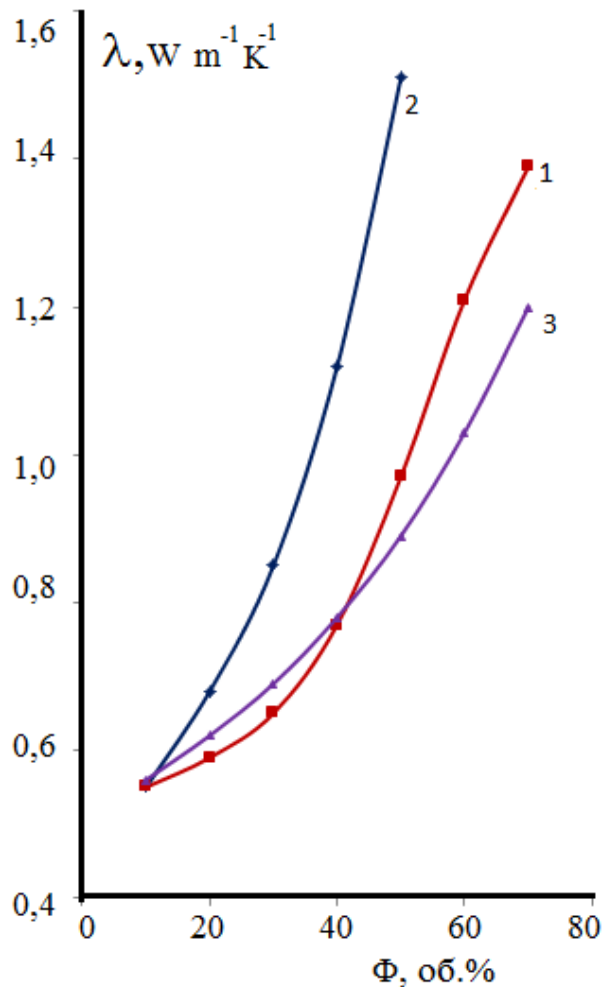


Рис. 1. Концентрационная зависимость экспериментальных и теоретических значений теплопроводности λ композиционного материала ПЭПП+BN: 1 – экспериментальные значения; 2 – вычисленные по формуле Оделевского; 3 – вычисленные по формуле Максвелла–Бургера–Эйкена

Рассматривая все гетерогенные системы, а также статистические смеси распределенными хаотически и не образующими никаких регулярных структур частицами, для расчета $\lambda_{эф}$ этих систем В.И. Оделевский получил выражение:

$$\lambda_{эф} = \frac{(3\Phi_{п} - 1)\lambda_{п} + (3\Phi_{н} - 1)\lambda_{н}}{4} + \sqrt{\left[\frac{(3\Phi_{п} - 1)\lambda_{п} + (3\Phi_{н} - 1)\lambda_{н}}{4} \right]^2 + \frac{\lambda_{п}\lambda_{н}}{2}},$$

где $\Phi_{п}$ и $\Phi_{н}$ – концентрация полимера и наполнителя соответственно; $\lambda_{п}$ и $\lambda_{н}$ – коэффициент теплопроводности полимера и наполнителя, соответственно.

На основе этой формулы рассчитаны теоретические значения для ПЭВП, содержащие от 10 до 70 % масс нитридов и карбидов металлов. Для сопоставления эти результаты также приведены на рис. 2.

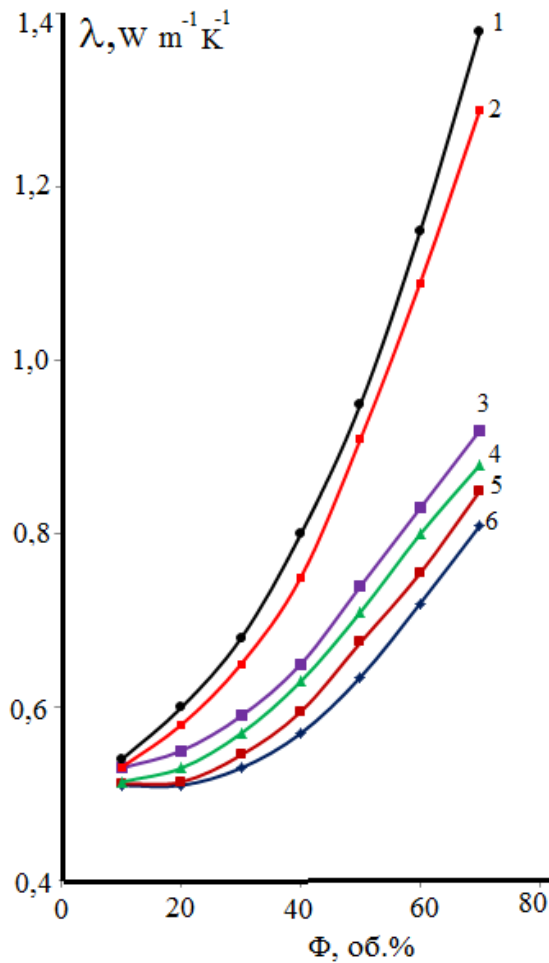


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности полиэтилена от содержания нитридов и карбидов металлов: 1 – ПЭВП+BN; 2 – ПЭВП+AlN; 3 – ПЭВП+Ti₃N₄; 4 – ПЭВП+Si₃N₄; 5 – ПЭВП+TiC; 6 – ПЭВП+TiCN

Видно, что экспериментальные (кривая 1) и теоретические (кривая 3) результаты совпадают только при относительно низких содержаниях наполнения, а именно при $\Phi < 40$ % масс. Вместе с тем показано, что при этом природа использованных наполнителей играет существенную роль. Экспериментально установлено, что чем больше теплопроводность дисперсной фазы, тем больше расхождение между ними. Таким образом, в первом приближении можно сделать вывод о том, что применимость теории, основанная на аддитивности теплофизических фаз, зависит от свойств наполнителя. Результаты показывают, что теплопроводность композиционных материалов на основе полимеров определяется не только теплопроводностью наполнителя. Теоретические формулы не позволяют однозначно установить причину расхождения расчетных и экспериментальных значений теплопроводности полимерных композиционных материалов, так как в существующих формулах в основном учитываются

размеры, формы и способы контактирования частиц. Физические процессы в отдельных фазах и на границе раздела фаз практически не учитываются. По нашему мнению, физические процессы на границе раздела фаз, возникновение переходного слоя между частицами и отличия структуры этого слоя от структуры полимерной матрицы являются главной причиной расхождения теоретических и экспериментальных по значению коэффициента теплопроводности композиционных материалов.

Необходимое условие эффективного применения наполнителей в большей степени определяется способностью полимерных цепей взаимодействовать с активными центрами поверхности наполнителя. Наличие в полимерной молекуле полярных групп допускает появление донорно-акцепторных связей. В композиционных материалах на основе ПЭВП полярные группы могут возникать в результате развития термодеструктивных и термоокислительных процессов при получении образцов. Образование химической связи на границе раздела фаз может иметь место за счет свободных пар электронов полярных групп (свободные пары электронов кислорода групп $C=O$; $C-O-C$; $OH-C$ и др). Подобный механизм образования носит название донорно-акцепторного механизма и донором в условиях наших экспериментов является полярная макромолекула, т. е. которая отдает свою электронную пару для образования связи. Молекула, которая представляет вакантное место, принимает электронную пару, называется акцептором – в нашем случае молекулы BN .

Исходя из этого можно предположить, что для композиционной системы на основе ПЭВП нитридов и карбидов металлов возможно образование химической связи на границе раздела фаз и этот фактор будет определяющим при переносе тепловой энергии по частицам наполнителя через полимерную фазу. На это также способствует окислению полимерной матрицы, приводящей к увеличению энергии связи на границе раздела фаз.

Изменения условий протекания процессов на границе раздела фаз с приобретением полярности макромолекул ПЭВП в результате его обработки под действием разряда находят свое отражение в изменении коэффициента теплопроводности.

Действительно, после электрического старения под воздействием разрядов в ИК-спектре ПЭВП появляются полосы кислородсодержащих групп.

Эффект увеличения λ в результате предварительной обработки полимерной фазы и наполнителя наглядно следует из данных на рис. 3.

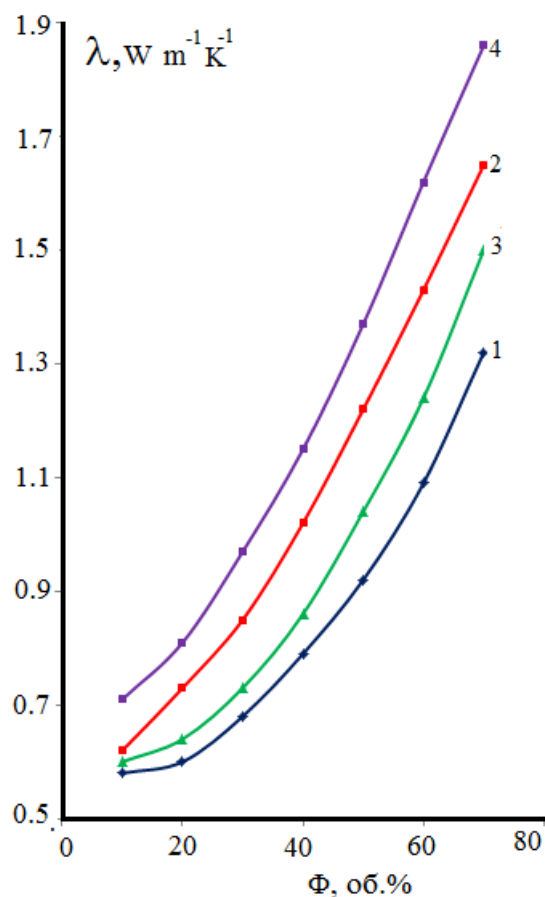


Рис. 3. Зависимости коэффициента теплопроводности полиэтилена наполненного до 70 % от концентрации наполнителя: 1 – ПЭВП + BN (компоненты композиционного материала не обработаны ЭГР); 2 – ПЭВП+BN (порошкообразная полимерная матрица предварительно обработана ЭГР); 3 – ПЭВП+BN (порошки BN предварительно обработаны разрядом); 4 – ПЭВП+BN (порошки BN и полимера предварительно обработаны ЭГР $U_{об} = 14$ кВ, время обработки 4 ч)

Из рис. 3. видно, что обработка частиц наполнителя и полимера в условиях действия разряда приводит к увеличению коэффициента λ .

Видно, что предварительная активизация поверхности частицы наполнителя и электрическое старение полимерной фазы под воздействием разрядов способствует значительному изменению коэффициента λ разработанной композиции ПЭВП.

Механизм установленного эффекта повышения λ можно связать со следующими тремя процессами.

Первый процесс связан с активацией поверхности частиц наполнителя разрядом, который уменьшает термическое сопротивление на границе раздела фаз из-за увеличения электроотрицательности поверхности, усиления межфазного взаимодействия и уменьшения подвижности кинетических единиц граничных слоев фаз.

Второй обусловлен тем, что предварительная обработка порошка полимера способствует развитию в полимерной частице окислительных процессов и при получении на его основе композиционного материала возникает возможность образования химических связей на границе раздела фаз.

Третий процесс обусловлен тем, что активация поверхностей частиц наполнителя и полимера заметно усиливает граничные физико-химические процессы.

Таким образом, полученные экспериментальные результаты указывают на глубокую связь между изменением под действием разряда структуры и теплопроводностью композиционных материалов.

Источники

1. Соцков В.А. О влияние контактного сопротивления частиц на интервал перколяции в макронеупорядоченных системах проводник-диэлектрик // ЖТФ. 2004. Т. 74, Вып. 11. С. 107–110.

2. Al-Ramadhan Z., Hashim A., Abdul-Muhsein M., Talib H. The D.C. Electrical Properties of magnesium Filled Polymer Composites // Int. Jour. of Science and Res. (IJSR). 2014. Vol. 3, Is. 10. P. 2012–2023.

3. Psarras G.C., Manolakaki E., Tsangaris G.M. Dielectric dispersion and ac conductivity in – iron particles loaded – polymer composites // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2003. Vol. 34. P. 1187–1198.

4. Jafar H.J., Ali N.A. and Shawky A. study of A.C Electrical Properties of aluminum- Epoxy composites // Jour. of Al-Nahrain University. 2011. Vol. 14(3). P. 77–82.

5. Li Y.C., Li R.K.Y., Tjong S.C. Frequency and temperature dependences of Dielectric Dispersion and Electrical Properties of Polyvinylidene Fluoride/Expanded Graphite Composites // Jour. of Nanomaterials. 2010.

6. Properties of polyvinyl-chloride/graphite composites for high-voltage application / Aliyev X.S. [et al.] // 58th Intern. Scient. Conf. on Power and Electr. Engin. of Riga Techn. Univ. IEEE. Riga, 2017.

7. Electric conductivity and dielectric dispersion of polyvinylchloride-graphite composites / Kh.S. Aliev [et al.] // Surf. Engin. Appl. Electrochemistry. 2018. Vol. 54, № 2. P. 117–124.

8. DC and AC conductivity of carbon Nanotubes-Polyepoxy composites / S. Darrau [et al.] // Macromolecules. 2003. Vol. 36, № 14. P. 5187–5194.

9. Исследование физико-механических и теплофизических свойств теплопроводящих композитов на основе полипропилена / С.Д. Колошкин [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.

10. Interphase control of boron nitride/epoxy composites for high thermal conductivity / J-P. Hong [et al.] // Korea-Australia Rheology Jour. 2010. Vol. 22, № 4. P. 252–264.

11. Xu Y., Chung D.D.L. Increasing thermal conductivity of boron nitride and aluminum nitride particle epoxy matrix composites by particle surface treatments // Composite Interfaces. 2000. Vol. 7, № 4. P. 243–256.

12. Влияние барьерного разряда на стабильность электростатического состояния полиэтилена высокой плотности / Х.И. Алиев [и др.] // ЭОМ. 2016. № 52(5). С. 81–85.

УДК 621.313

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШТАНГОВЫХ СКВАЖИННЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

Эльмира Мидхатовна Артыкаева

ГБОУ ВО «АГНИ», г. Альметьевск
85elmira@bk.ru

В статье предложены альтернативные электроприводы штанговых скважинных насосных установок (ШСНУ) на базе вентильных электродвигателей вращательного и поступательного движения в сравнении с существующими электроприводами на базе серийных асинхронных двигателей.

Ключевые слова: штанговая насосная установка, электропривод, асинхронный двигатель, линейный цилиндрический вентильный двигатель.

PERFECTION OF THE ELECTRIC DRIVE SYSTEM OF THE ROD BORE WELL PUMP INSTALLATIONS

Elmira Midhatovna Artykaeva

New alternative electric drivers for bottom – hole oil pumps have been offered on the base of an electric motors of rotary and progressive advance by the side of current electric drivers on the base of induction motors. The model of a driver of a pump – motor unit with a linear cylindrical stop-layer motor was taken into consideration.

Key words: pump-motor unit, electric actuator, induction motor, linear cylindrical stop-layer motor.

В настоящее время при эксплуатации нефтяных месторождений широко применяется добыча нефти с помощью ШСНУ. В России такими установками оснащено около 65 % всех действующих скважин. Простота обслуживания и надежность ШСНУ, а также возможность их применения в осложненных горно-геологических условиях эксплуатации вывели этот способ добычи на ведущее место в нефтедобывающей отрасли и сделали его самым распространенным способом добычи нефти как в нашей стране,

так и за рубежом. В основу этого способа положено использование насоса возвратно-поступательного действия, опускаемого в скважину и приводимого в движение приводом, расположенным на поверхности. С учетом современных требований энергоресурсосбережения все более актуальной становится задача улучшения энергетических характеристик нефтедобывающего оборудования и поиск дальнейших путей повышения его эффективности.

В настоящее время в качестве привода ШСНУ широко применяют станки-качалки нефти (СКН) с нерегулируемым асинхронным двигателем (АД) с короткозамкнутым ротором. Основным достоинством асинхронного электродвигателя является простота его конструкции, надежность и невысокая стоимость. Однако такой электропривод (ЭП) обладает рядом существенных недостатков:

- сложная кинематическая схема, обусловленная необходимостью преобразования высокоскоростного вращательного движения в возвратно-поступательное движение с низкой скоростью;
- невысокие энергетические показатели ЭП в совокупности с механизмом (КПД, $\cos\varphi$);
- отсутствие регулирования частоты вращения, что не позволяет выбрать оптимальный режим работы;
- необходимость периодического обслуживания механизмов ЭП (редуктор, ремень);
- большие массогабаритные параметры.

В последнее время в связи с достижениями в области высокоэнергетических постоянных магнитов, а также полупроводниковой силовой и микропроцессорной техники появились новые, более эффективные бесконтактные вентильные двигатели (ВД) с возбуждением от редкоземельных постоянных магнитов. Основными преимуществами ЭП на базе вентильных электродвигателей по сравнению с АД являются:

- весьма высокая кратковременная перегрузочная способность по моменту, достигающая 5–10 кратного значения от номинального значения;
- более высокие энергетические показатели:

$$\cos\varphi = 1 \text{ и } \eta = 0,85 \div 0,98;$$

- существенно меньшие масса и габариты.

Для оценки конкретных преимуществ применения ВД по сравнению с АД обратимся к динамограммам ШСНУ. Динамограмма ШСНУ представляет собой зависимость нагрузки на полированный шток от его

положения. На рис. 1 представлена такая динамограмма, снятая экспериментально на реальном действующем оборудовании. Характер динамограммы определяется рядом факторов, таких как длина хода полированного штока, действующие на него усилия, глубина спуска насоса, диаметр насоса, число качаний в единицу времени. Реальная динамограмма позволяет определить гидростатические нагрузки на плунжер, а также диагностировать его состояние, характер нарушений в подземном оборудовании.

Из реальной динамограммы, представленной на рис. 1, *а* [3] видно, что в течение одного цикла работы ШСНУ нагрузка АД меняется в 2,5–5 раз относительно минимальной. Это наглядно видно из ваттметрограмм, представленных на рис. 1, *б*. Как показано в работе [4], ваттметрограмма и динамограмма однозначно связаны между собой, причем для анализа энергетических показателей оборудования ваттметрограмма имеет определенные преимущества.

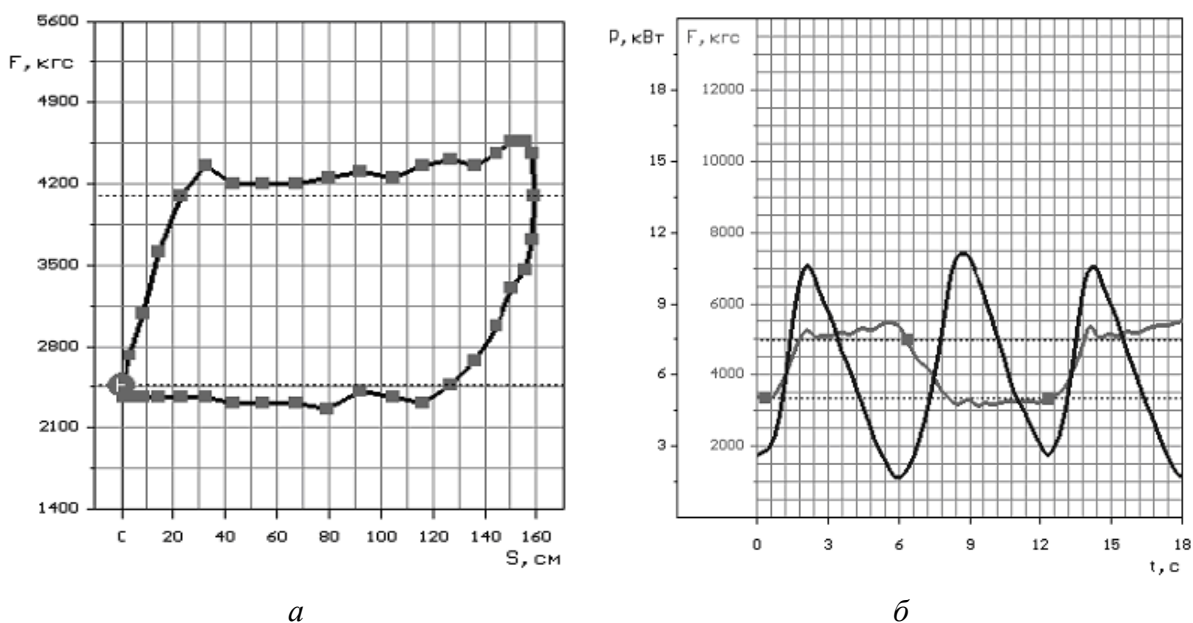


Рис. 1. Динамограммы ШСНУ: *а* – реальная; *б* – ваттметрограмма

Как отмечают многие авторы [3, 4, 6], для обеспечения необходимой перегрузочной способности следует выбирать АД с завышенной номинальной мощностью ориентировочно в два раза и более. Особенность применения ВД в приводах ШСНУ состоит в том, что его номинальная мощность может быть в два-три раза меньше чем у АД при обеспечении одной и той же перегрузочной способности по моменту. Для наглядности в табл. 1 на конкретном примере приведены основные характеристики серийно выпускаемых асинхронных и вентильных двигателей.

Технические характеристики серийных электродвигателей

Тип двигателя	$P_{2\text{ном}}$, кВт	P_1 , кВт	$n_{\text{ном}}$, об/мин	$M_{\text{ном}}$, Н·м	M_{max} , Н·м	h , мм	$\cos\varphi$	η , %	m , кг
АД – 4А100 L4	4	5,6	1430	28	67,2	100	0,84	84	56
ВД – 5ДВМ165М	2,5	2,7	1500	17	85	71	1	92	25

Из табл. 1 следует, что ВД 5ДВМ 165М имеет номинальную мощность в два раза и номинальный момент в 1,65 раза меньшие, чем у АД 4А100 L4. В то же время максимальный момент в режиме пятикратной перегрузки у ВД 5ДВМ 165М составляет 85 Нм, что в 1,26 раза выше, чем у АД 4А100 L4. Энергетический КПД у 5ДВМ 165М на 22 % выше, чем у 4А100L4. При этом масса и габариты двигателя 5ДВМ 165М меньше в два раза, чем у 4А100L4.

Известно, что стоимость двигателя 5ДВМ 165М в условиях мелкосерийного производства существенно выше, чем АД типа 4А100L4 в условиях крупносерийного производства. Однако для корректного сравнения энергетических и стоимостных показателей необходимо принять во внимание более высокую стоимость электронного блока управления АД (АД для сравнения с ВД должен быть также регулируемым), а также учитывать эксплуатационные расходы и затраты на электроэнергию. Элементарные расчеты показывают, что ВД по сравнению с АД даст экономию в потреблении электроэнергии за год около 24 тыс. рублей.

Другим возможным направлением поиска новых путей энергоресурсосбережения ШСНУ является замена в ЭП двигателя вращательного движения на двигатель поступательного движения. В этом случае сложная и громоздкая конструкция с большим числом передаточных звеньев и подшипников, требующих ухода (смазки), может быть заменена безредукторным электроприводом, установленным непосредственно на устье скважины. Так в работе [5, 6] сообщается о разработке линейных цилиндрических асинхронных двигателей (ЛЦАД), которые могут применяться для этих целей.

Альтернативой ЛЦАД может служить линейный цилиндрический вентильный двигатель (ЛЦВД), который имеет дополнительные преимущества перед ЛЦАД аналогично тем, которые были приведены выше для двигателей вращательного движения.

Массогабаритные и энергетические показатели ВД в значительной степени зависят от свойств используемых постоянных магнитов (ПМ).

Материал ПМ выбираем из условий получения наибольшей индукции в рабочем воздушном зазоре и требования обеспечения его коррозионной устойчивости в агрессивной среде (вода, нефть, песок, высокая температура). Этим условиям в части коррозионной устойчивости удовлетворяют оксидные феррит-стронциевые магнитотвердые материалы и, в известной степени, магнитопласты на основе редкоземельных соединений (неодим – железо – бор) с улучшенными свойствами. Устойчивость к коррозии, достигаемая за счет использования разработанной технологии наполнения магнитопласта химически стойким полимером.

Для количественной оценки этого влияния выполнены предварительные расчеты основных (главных) размеров ЛЦВД с возбуждением от ферритовых ПМ и редкоземельных магнитопластов на основе неодим – железо – бор.

Главными, или основными, размерами любой электрической машины являются размеры электромагнитной части: диаметр ротора и длина пакетов статора и ротора. Расчет выполнен исходя из классического определения удельной тангенциальной силы F_k , снимаемой с единицы поверхности ротора (подвижной части) электрической машины. Этот критерий изменяется в достаточно широких пределах в зависимости от удельных нагрузок: индукции в воздушном зазоре и линейной нагрузки. Причем большие значения относятся к вентильным двигателям с возбуждением от редкоземельных (РЗМ) ПМ и концентрацией магнитного потока. С помощью этого критерия при наличии достаточного опыта разработки вентильных электродвигателей с возбуждением от РЗМ ПМ можно с приемлемой точностью оценить главные размеры проектируемых машин, а также проанализировать их зависимость в функции удельных нагрузок с последующим уточнением в процессе электромагнитного расчета.

При использовании классического подхода расчетная формула для определения главных размеров ЛЦВД принимает вид:

$$f_{уд} = AB_{\delta} \alpha k_{\phi} k_w ,$$

где $f_{уд} = \frac{T}{\pi DL}$ – продольное усилие на штоке, отнесенное к единице поверхности ротора; L_{max} – длина электромагнитной части; T_{max} – наибольшее продольное усилие на штоке; D – диаметр ротора; k_{ϕ} – коэффициент формы поля; k_w – обмоточный коэффициент; α – коэффициент полюсного перекрытия; B_{δ} – индукция в рабочем воздушном зазоре; A – линейная нагрузка.

Данная формула позволяет рассчитать главные размеры ЛЦВД с ПМ различных параметров. Выполнены расчеты главных размеров ЛЦВД с другими типами ПМ: неодим – железо – бор спеченный, феррит стронция. Результаты ориентировочных расчетов сведены в табл. 2.

Таблица 2

Данные ориентировочных расчетов главных размеров ЛЦВД

Свойства материала ПМ	Диаметр ротора D , мм	Индукция в рабочем зазоре B_{δ} , Тл	Линейная нагрузка A , м	Длина, м	
				электромагнитной части	корпуса
Магнитопласт					
$B_r = 0,6$ Тл; $H_{CB} = 600$ кА/м	70	1	34 000	7,750	9,049
	350		40 000	1,317	2,617
Неодим-железо-бор спеченный					
$B_r = 1,05$ Тл; $H_{CB} = 800$ кА/м	70	1,25	34 000	6,199	7,499
	350		40 000	1,053	2,353
Феррит стронция					
$B_r = 0,4$ Тл; $H_{CB} = 290$ кА/м	70	0,75	36 000	9,759	11,059
	350		40 000	1,756	3,056

Примечание. B_r – остаточная индукция; H_{CB} – коэрцитивная сила по индукции.

По результатам расчетов (табл. 2) можно сделать вывод, что применение ПМ с большей удельной энергией позволяет уменьшить габариты ЛЦВД.

Проведенные электромагнитные расчеты ЛЦВД по классической методике показали, что тихоходный двигатель прямого действия имеет КПД в диапазоне от 0,55 до 0,65. Эти данные можно сравнить с результирующим КПД системы ЭП на базе АД с вращающейся магнитной системой. Поясним с помощью элементарного примера расчета.

Суммарный КПД системы ЭП СКН на базе серийного АД:

$$\eta_{\Sigma} = \eta_{\text{АД}} \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{рем}} \cdot \eta_{\text{к.м}} = 0,85 \cdot 0,92 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 0,56,$$

где $\eta_{\text{АД}}$ – кпд асинхронного двигателя; $\eta_{\text{ред}}$, $\eta_{\text{рем}}$ и $\eta_{\text{к.м}}$ – кпд редуктора, клиноременной передачи и кривошипного механизма.

Таким образом, η ЛЦВД прямого действия несколько превышает суммарный КПД привода СКН. Аналогично этому можно сравнить цену ЛЦВД и привода механизма СКН. Расчеты показывают, что общая стоимость системы ЭП и механизмов СКН составляет 25 800 руб. А стоимость

ЛЦВД ориентировочно – 50 000 руб. Хотя капитальные затраты на ЛЦВД получаются выше, но с учетом затрат на обслуживание привода СКН и с учетом расхода электроэнергии в процессе эксплуатации ЛЦВД может рассматриваться как перспективная альтернатива существующим приводам [8, 9].

Таким образом, по результатам работы доказано, что применение ВД позволяет уменьшить потребляемую мощность и габариты ВД по сравнению с АД более чем в два раза. Предложен вариант ЭП системы нефтедобывающих скважинных штанговых насосных установок на базе линейного цилиндрического вентильного двигателя прямого действия, исключая применение редуктора, ременной передачи и кривошипного механизма.

Источники

1. Нестерин В.А., Жуков В.П. Высокомоментные электродвигатели серий 5ДВМ // Электротехника. 2000. № 6. С. 17–19.

2. Белов И.Г. Исследование работы глубинных насосов динамографом. М.: Гос. науч.-техн. изд-во нефтяной и горно-топливной лит-ры, 1960. 428 с.

3. Средства автоматизации технологических установок нефтегазодобывающих предприятий / В.Я. Чаронов [и др.]; под ред. В.С. Генина. Чебоксары: Изд-во «Офисная полиграфия», 2002. 272 с.

4. Артыкаева, Э.М. Определение параметров работы СКН в режиме энергосбережения // Вестник чувашского университета. 2010. № 3. С. 181–187.

5. Веселовский О.Н., Сарапулов Ф.Н.. Линейные асинхронные двигатели. М.: Энергоатомиздат, 1991. 256 с.

6. Свечарник Д.В. Электрические машины непосредственного привода. Безредукторный электропривод. М.: Энергоатомиздат, 1988. 208 с.

7. Сергеев П.С., Н.В. Виноградов, Ф.А. Горяинов. Проектирование электрических машин. М.: Энергия, 1969. 632 с.

8. Артыкаева Э.М., Генин В.С., Нестерин В.А. Перспективы повышения энергоэффективности нефтедобывающих штанговых насосных установок // Электротехника. 2011. № 10. С. 2–7.

9. Артыкаева Э.М. Разработка решений по повышению эффективности нефтедобывающих штанговых насосных установок с применением вентильных электродвигателей // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. 2014. Т. 12. С. 274–281.

ОБМОТКА ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ ПРИ ДВЕНАДЦАТИ ПАЗАХ СТАТОРА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Анатолий Юрьевич Афанасьев¹, Алексей Андреевич Петров²

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

¹afanasiev_eo@mail.ru, ²PetrovAlekse95@mail.ru

В данной работе рассматривается асинхронный двигатель с обмоткой двойного питания типа «славянка» для электронасосных агрегатов при 12 пазов статора. В процессе работы использовались модели классической двухслойной обмотки и обмотки двойного питания, аналитические и численные методы расчета. Проведено сравнение параметров обмоток, найдены коэффициенты увеличения первых пространственных гармоник магнитодвижущей силы (МДС) и момента асинхронного двигателя, а также действующие значения высших гармоник.

Ключевые слова: электронасосный агрегат, асинхронный электродвигатель, обмотка двойного питания, магнитодвижущая сила.

WELDING THE DUAL POWER SUPPLY AT TWELVE STEPS OF THE STATOR ASYNCHRONOUS MOTOR FOR POWER SUPPLY ELECTRIC POWER ASSEMBLY

Anatoliy Yuryevich Afanasyev, Aleksey Andreyevich Petrov

In this paper, we consider an asynchronous motor with a winding of dual power supply, such as Slav, for electric pump units with 12 stator slots. In the process of work, the models of classical two-layer winding and double power winding, analytical and numerical calculation methods were used. The parameters of the windings are compared, the coefficients of increase of the first spatial harmonics of the MDS and the torque of the induction motor, as well as the effective values of higher harmonics are found.

Key words: electric pump unit, asynchronous electric motor, dual power winding, magnetomotive force.

В последние годы широкое применение находит обмотка статора машины переменного тока с двойным питанием, так называемая «славянка» [1].

Схема включения обмоток и векторная диаграмма напряжений показаны на рис. 1.

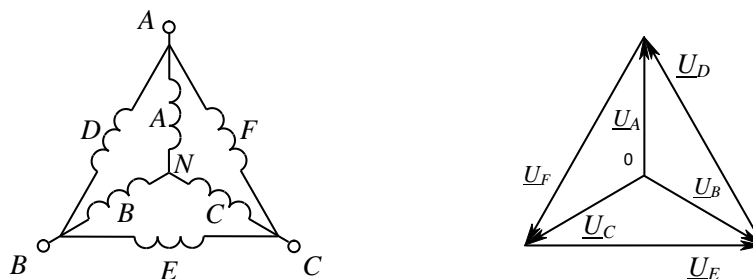


Рис. 1. Схема включения фаз обмотки и векторная диаграмма напряжений

Основной эффект данного расположения обмоток достигается из-за того, что обмотки смещены в пространстве на угол $\pi/6$ радиан (на 30 электрических градусов). Фазные напряжения обмоток сдвинуты по фазе на тот же угол и отличаются по амплитуде в $\sqrt{3}$ раз. В результате первые пространственные гармоники МДС обмоток совпадают в пространстве, т. е. их амплитуды складываются арифметически.

На рис. 2 показана обмотка двойного питания с обмоткой A, B, C , соединенной в звезду, на рис. 3 – с обмоткой D, E, F , соединенной в треугольник. Обмотки A, B, C и D, E, F являются диаметрально, сдвинуты в пространстве на один паз.

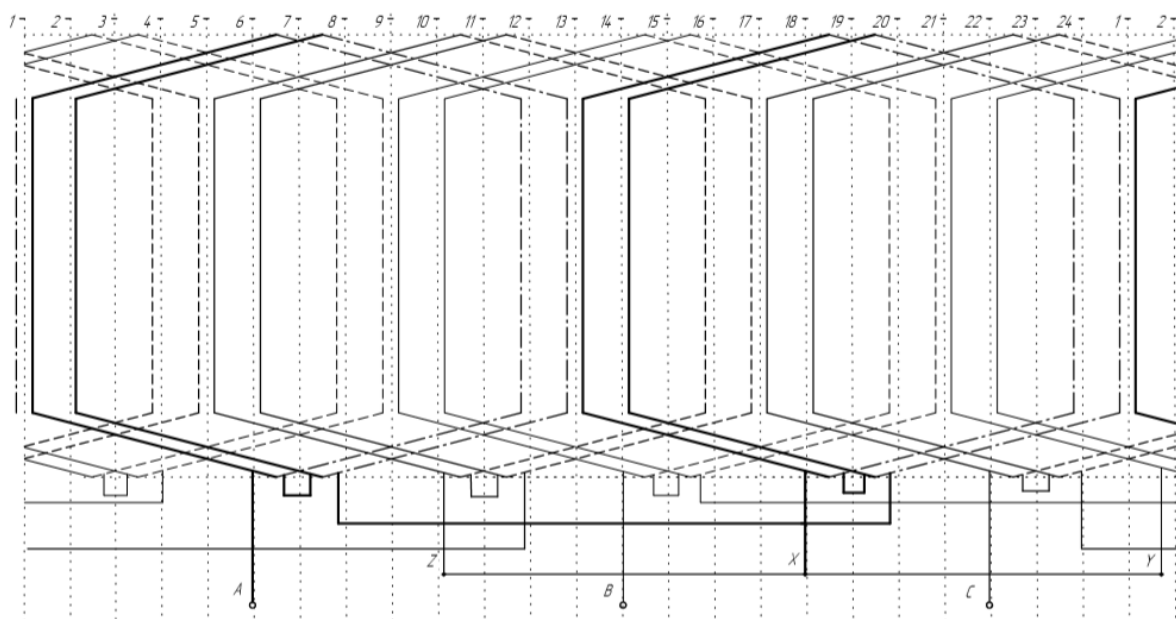


Рис. 2. Обмотка A, B, C , соединенная в звезду

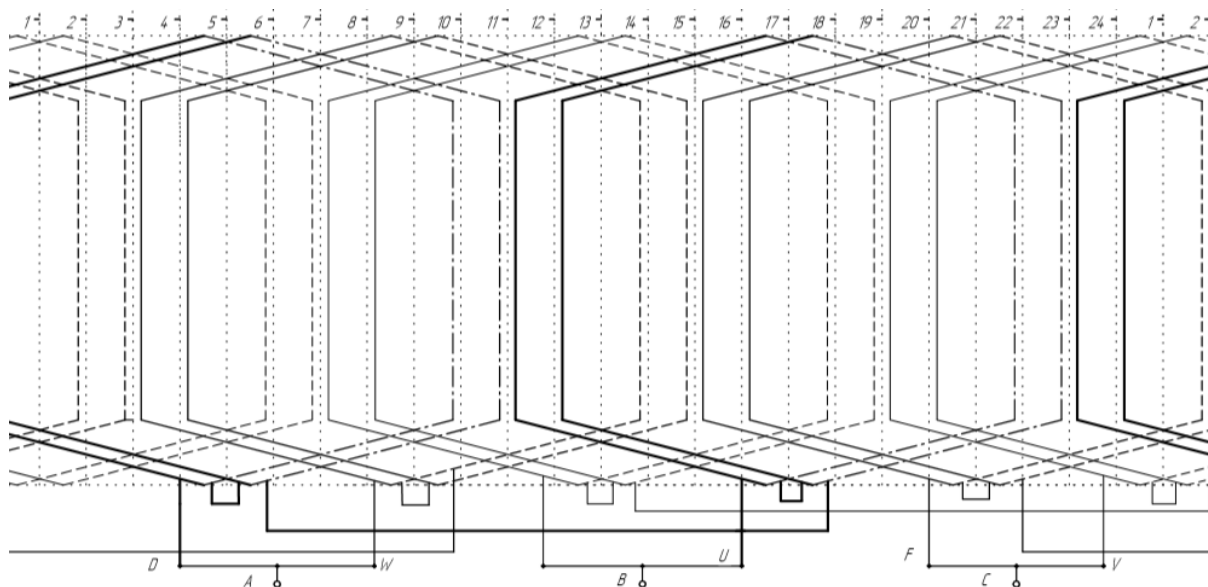


Рис. 3. Обмотка D, E, F , соединенная в треугольник

Приведём основные соотношения по этой обмотке.

На рис. 4 показан закон распределения МДС в момент времени, когда ток i_A максимален, а также первая пространственная гармоника МДС $F_1(x)$.

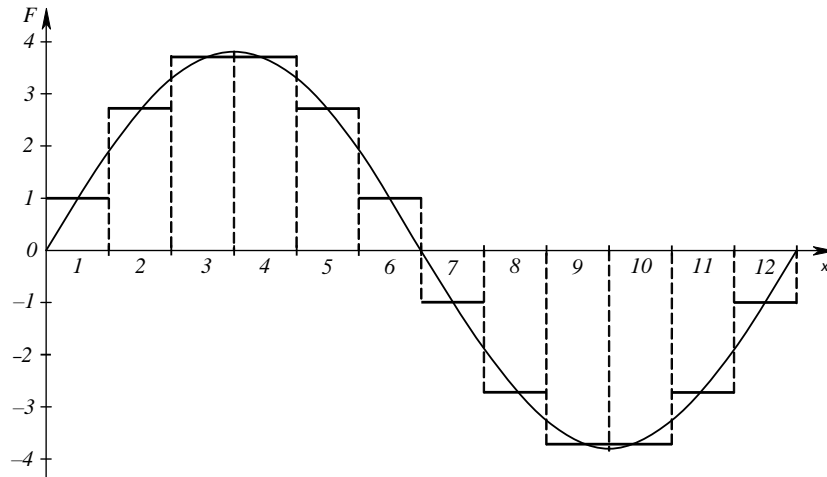


Рис. 4. Законы распределения МДС обмотки с двойным питанием и ее первой гармоники

В таблице представлены значения амплитуд различных гармоник для двухслойной традиционной обмотки A_{nm} и для двойной обмотки с комбинированным питанием A'_{nm} .

Значения амплитуд различных гармоник для A_{nm} и A'_{nm}

Обмотка	N									
	1	5	7	11	13	17	19	23	25	
A_{nm}	3,5639	0,0512	0,0366	0,3241	0,2742	0,0151	0,0135	0,1551	0,1427	
A'_{nm}	3,8197	0	0	0,3473	0,2939	0	0	0,1662	0,1530	
Обмотка	N									
	29	31	35	37	41	43	47	49		
A_{nm}	0,0088	0,0083	0,1020	0,0966	0,0063	0,0060	0,0761	0,0730		
A'_{nm}	0	0	0,1094	0,1035	0	0	0,0816	0,0783		

Из таблицы видно, что во втором случае гармоники с номерами 5, 7, 17, 19, 29, 31 и т. д. отсутствуют. Далее, амплитуда первой гармоники традиционной обмотки составляет 0,933 от амплитуды второй обмотки (это обмоточный коэффициент двухслойной обмотки):

$$0,933013 = \frac{1 + \cos 30^\circ}{2} = \cos^2 15^\circ.$$

Для двойной обмотки обмоточный коэффициент равен единице. Амплитуда ее МДС определяется формулой:

$$3,8197 = 2 \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{\pi}.$$

Первый множитель – число проводников в одном пазу; второй множитель соответствует количеству фаз – 3; третий множитель соответствует коэффициенту первой гармоники диаметральной обмотки.

Одной из важных областей применения асинхронных двигателей (АД) являются насосы. Они применяются при перекачке воды, нефтепродуктов, горючего для двигателей внутреннего сгорания, в химическом производстве. Часто требуется изменение производительности насосов, для чего иногда применяются заслонки на пути движения жидкости. Это приводит к неоправданным затратам энергии.

Наиболее выгодное использование обмотки двойного питания достигается в случае управления АД с помощью частотного преобразователя с широтно-импульсной модуляцией. Электрическая принципиальная схема питания и управления АД с обмоткой двойного питания представлена на рис. 5.

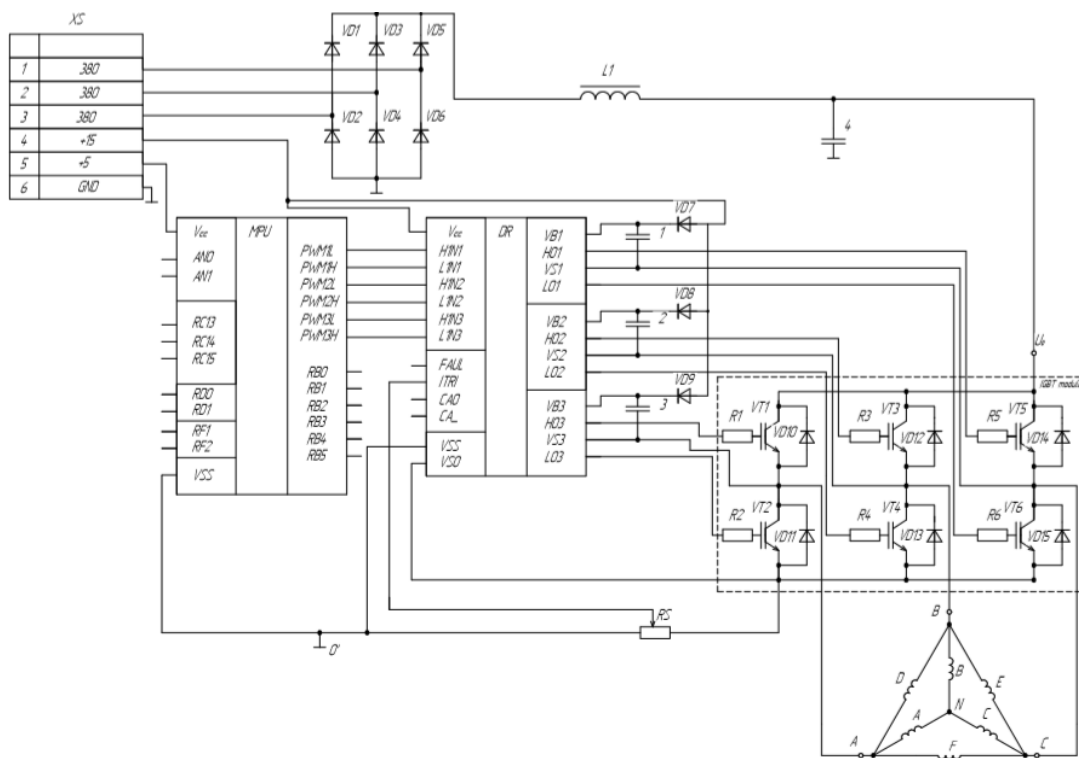


Рис. 5. Электрическая принципиальная схема питания и управления АД с обмоткой двойного питания: MPU – микроконтроллер; DR – драйвер; VT1–VT6, VD10–VD15, C1–C3, R1–R6 – транзисторы, диоды, конденсаторы, резисторы IGBT-модуля; VD1–VD6 – диоды мостовой схемы выпрямления; L1, C4 – фильтры

На вход преобразователя частоты подается трехфазная система переменных напряжений частотой 50 Гц, напряжением 220 или 380 В. Для маломощных преобразователь частоты, до нескольких киловатт, иногда используют однофазное напряжение 220 В [2].

Силовая часть инвертора напряжения представляет собой мостовую схему с шестью транзисторными ключами с обратными диодами. В настоящее время, наряду с давно известными биполярными и полевыми транзисторами, широкое применение нашли мощные полевые транзисторы типа MOSFET, биполярные транзисторы с изолированным затвором типа IGBT, тиристоры с управляющим затвором типа GTO.

Известно, что IGBT-транзисторы обладают преимуществами легкого управления, как у полевых МОП-транзисторов, и низкими потерями проводимости, характерными для биполярных транзисторов. Традиционно IGBT-транзисторы используют в тех случаях, где необходимо работать с высокими токами и напряжениями. IGBT-транзисторы в настоящее время выпускают десятки производителей. Среди них – Infineon Technologies, Semikron, International Rectifier, Fairchild Semiconductor, Toshiba, Hitachi, Mitsubishi, FUJI, IXYS, Power Integration, Dynex Semiconductor и другие.

Применение преобразователя частоты в сочетании с асинхронным электродвигателем с обмоткой двойного питания позволяет экономно расходовать электроэнергию в зависимости от требуемой скорости вращения и производительности насосного агрегата.

Таким образом, переход на обмотку двойного питания с соединением фаз в звезду и треугольник позволяет при сохранении мощности потерь в обмотке статора увеличить амплитуду МДС на 7,18 %, что соответствует увеличению момента синхронной машины на 7,18 %, а асинхронной машины – на 14,87 %. Однако при сохранении плотности тока мощность потерь в лобовых частях обмотки статора немного возрастет из-за увеличения длины лобовых частей при диаметральной обмотке. Мощность потерь в обмотке ротора асинхронного двигателя прямо пропорциональна электромагнитному моменту и в случае обмотки двойного питания увеличивается вместе с моментом.

Переход на диаметральную обмотку двойного питания практически не меняет относительный состав высших пространственных гармоник.

Отметим полное отсутствие у новой обмотки высших пространственных гармоник с номерами 5, 7, 17, 19, 29, 31 и т. д. Это облегчает устранение других высших пространственных гармоник.

Источники

1. Афанасьев А.Ю., Петров А.А., Каримов А.Р. Анализ обмотки двойного питания при двенадцати пазах статора // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2018. № 1. С. 62–65.

2. Прохоров С.Г., Хуснутдинов Р.А. Электрические машины: учеб. пособие для студ. вузов. Ростов н/Д.: Феникс, 2012. 409 с.

УДК 681.518.22

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ И ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ДАТЧИКЕ РАССТОЯНИЙ СО СПЛОШНЫМ МАГНИТОПРОВОДОМ

Тамелла Ахмед кызы Ахмедова

СГУ, г. Сумгаит, Республика Азербайджан
tamella.ahmedova@mail.ru

Рассматривается метод определения индуктивности обмотки колебательного контура LC -автогенератора. Исследуются переходные процессы в датчике расстояний со сплошным магнитопроводом из конструкционной стали при падении выходного сигнала датчика от максимума до нуля и индуктивность обмотки

Необходимость дистанционного определения наличия металлического изделия на технологических линиях привела к разработке бесконтактного индуктивного датчика со сплошным магнитопроводом. С созданием автоматизированных робототехнических комплексов развивается направление разработки и совершенствования датчиков, позволяющих улучшить технико-экономические показатели таких производств, в частности, повысить эффективность их функционирования и надежность управления.

Ключевые слова: автогенератор, индуктивный датчик, сплошной магнитопровод, робототехнический комплекс.

DETERMINATION OF INDUCTANCE AND TRANSITIONAL PROCESSES IN THE DISTANCE SENSOR WITH A SOLID MAGNETIC CIRCUIT

Tamella Ahmed kyzy Akhmedova

The method of determining the inductance of the winding of the oscillatory circuit of LC -autogenerator, the study of transitional processes of an inductive distance sensor with a solid magnetic circuit and winding inductance are considered. Transitional processes are studied in a distance sensor with a solid magnetic circuit of structural steel when the sensor output signal drops from maximum to zero.

The need for remote determination of the presence of metal products on technological lines led to the development of a contactless inductive sensor with a solid magnetic circuit. With the creation of automated robotic complexes, the direction of development and improvement of sensors is being developed, allowing to improve the technical and economic indicators of such industries, in particular, to increase the efficiency of their operation and reliability of control.

Key words: autogenerator, inductive sensor, solid magnetic circuit, robotic complex.

Автором разработан электромагнитный датчик расстояния со сплошным магнитопроводом из конструкционной стали, позволяющий определять наличие изделия на различных участках технологической линии, который дает возможность повысить надежность и улучшить технико-экономические показатели робототехнических комплексов и гибких автоматизированных производств. Созданный датчик построен на базе *LC*-автогенератора с переменной индуктивностью. Магнитный поток датчика является периодической функцией времени, в теле магнитопровода имеет место сильно выраженный поверхностный эффект, который отрицательно влияет на линейность рабочей и других информационных характеристик [1].

Как показывают исследования, улучшение линейности характеристик таких датчиков можно осуществить путем выбора конструктивного размера, формы их магнитопровода и размещения в нем системы обмотки. С целью обеспечения датчика необходимыми характеристиками, его магнитопровод выполнен в виде тонкостенной цилиндрической Ш-образной чашки с узкими осевыми вырезами, обеспечивающими повышение сопротивления вихревым токам на всем пути переменного потока, замыкающегося через поперечные сечения магнитопроводом. В данной статье рассматривается определение электромагнитных параметров датчика с Ш-образным тонкостенным цилиндрическим магнитопроводом. Следует отметить, что в переменном магнитном поле находятся также изделия, движущиеся по технологической линии. В данном случае изделием является ускоритель – шина, которая имеет толщину менее 3 мм, ширину 400 мм, а длину 1 000 мм.

Часть этого листа находится в переменном магнитном поле датчика (рис. 1). Как в теле магнитопровода, так и в теле алюминиевого листа, наводятся вихревые токи. Однако в теле изделия создаются более сильные вихревые токи, чем в теле магнитопровода. Поэтому наличие вихревых токов в теле изделия сильно влияет на электромагнитные параметры колебательного контура *LC*-автогенератора датчика. Исходя из этого, для исследования физического процесса в колебательном контуре автогенератора, исследуем электромагнитное поле и определим основные параметры магнитной системы датчика. В процессе работы датчика на объекте изделия находятся на определенном расстоянии от рабочей части датчика. При этом возникает необходимость определить поле также в воздушном пространстве, т. е. в межторцовой части магнитопровода и изделия. При исследовании электромагнитных параметров примем, что напряженность магнитного поля и магнитная индукция меняются во времени

по гармоническому закону и поэтому все электромагнитные параметры представляются в комплексной форме. При этом уравнения Максвелла также записываются в комплексном виде.

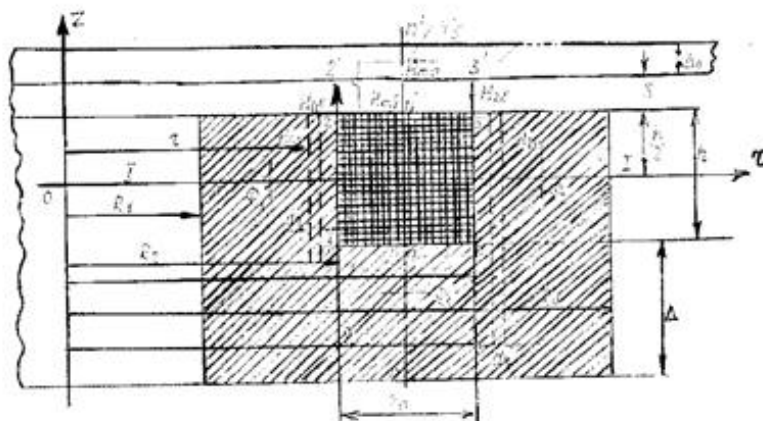


Рис. 1. Магнитная система электромагнитного датчика расстояния

Исследования магнитной системы датчика проводятся согласно рис.1. Для исследования магнитного поля датчика удобно принять координатную систему цилиндрической. Составляющими напряженности магнитного поля в этой координатной системе являются $\dot{H}_z, \dot{H}_r, \dot{H}_\theta$. Плоскость, следом которой является прямая $I-I$, проходит через начало координат 0, пронизывается перпендикулярными магнитными силовыми линиями. Поэтому на этой плоскости поле имеет только составляющую напряженности магнитного поля \dot{H}_z , остальные составляющие \dot{H}_r и \dot{H}_θ отсутствуют и, соответственно, отсутствуют их первая и вторая производные по переменным r, θ, z . Кроме того, составляющие \dot{H}_z на указанной плоскости при $z=0$ зависят только от r и θ . При этом производные \dot{H}_z первого и второго порядка по координате z равны нулю.

При этом уравнение магнитного поля в теле магнитопровода, положение которого соответствует плоскости $z=0$, можно записать в виде

$$\frac{\partial^2 \dot{H}_{z=0}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \dot{H}_{z=0}}{\partial r} = k^2 \dot{H}_z = 0, \quad (1)$$

где $k = \sqrt{j\omega\gamma\mu\mu_0}$.

Производя обозначения в (1) $r = \frac{x}{\sqrt{-k^2}}$ и решив полученное уравнение, находим:

ние, находим:

$$\dot{H}_{z=0} = A_1 I_0(x) + A_2 K_0(x), \quad (2)$$

где $I_0(x)$, $K_0(x)$ – функции Бесселя нулевого порядка; A_1 , A_2 – постоянные интегрирования, которые подлежат определению. $I_0(x)$ и $K_0(x)$ выбираются в соответствии с законом изменения напряженности магнитного поля в различных участках магнитной системы. По координатной системе, выбранной в среднем выступе магнитопровода, установлено, что напряженность магнитного поля в точке $(r = R_z; z = 0)$ имеет максимальное значение, а в точке $(r = R; z = 0)$ – минимальное значение. В соответствии с этим, при уменьшении r или x функция Бесселя $K_0(x)$ возрастает, что противоречит физическому закону распределения магнитного потока поперечному сечению среднего выступа. Как отмечено выше, при уменьшении x напряженность магнитного поля уменьшается. Отсюда следует, что A_2 необходимо принять равным нулю. С учетом вышесказанного, уравнение (2) записываем в виде:

$$\dot{H}_{z=0} = \frac{\dot{H}_{1m} I_0(x)}{I_0\left(R_z \sqrt{-k^2}\right)}, \quad R_1 \sqrt{-k^2} \leq XR_2 \sqrt{-k^2}. \quad (3)$$

Отметим, что реальные геометрические размеры магнитопровода таковы, что аргумент x получает большие значения. Кроме того, катушка индуктивности питается током высокой частоты, порядка 70–100 кГц. Таким образом, результирующая величина аргумента x достигает порядка $(64 - 70)e^{\pi/4}$. При больших значениях x имеет место следующая асимптотическая формула для $I_0(x)$ [2], т. е. формула (3) запишется в виде:

$$I_0(x) = \frac{e^x}{\sqrt{2\pi x}}; \quad \dot{H}_{z=0} = \dot{H}_{1m} \sqrt{\frac{R_r}{r}} e^{-j(R_r - r)k}. \quad (4)$$

Для нахождения максимальных значений \dot{H}_{1m} , \dot{H}_{2m} , \dot{H}_{ma} , \dot{H}_{3m} , $\dot{H}_{1\partial}$, $\dot{H}_{2\partial}$ в положениях, указанных на рис. 1, необходимо определить в поле в плоскости, со следом во внутренней и наружной стенках, в плоскости $n - n$, $n' - n'$ и на участках $2 - 2'$ и $3 - 3'$. В наружной стенке магнитопровода с возрастанием параметра x , напряженность $\dot{H}_{z=0}$ уменьшается. Этот случай не имеет смысла и, поэтому, величину A_1 следует принять равной нулю.

Тогда поле на рассматриваемом участке будет определяться из выражений $A = K_0(x)$ и $x = R_3\sqrt{-k^2}$. Учитывая, что здесь значения аргумента также большие, имеем:

$$\dot{H}_{z=0} = \dot{H}_{rm}\sqrt{\frac{R_3}{r}}e^{-j(r-R_3)k}; \quad R_3\sqrt{-k^2} \leq x \leq R_4\sqrt{-k^2}. \quad (5)$$

Определим поле в воздушном пространстве между изделием и магнитопроводом на плоскости, находящейся на расстоянии $r = R_z + a$ от оси z , следом которой является прямая $n' - n'$. На рассматриваемой плоскости напряженность магнитного поля имеет только одну составляющую, которой является $\dot{H}_{\delta 2}$, а остальные \dot{H}_θ и \dot{H}_z отсутствуют. Соответственно, их первая и вторая производные по переменным r , θ и z равны нулю. При этом вектор напряженности $\dot{H}_{\delta c}$ параллелен оси r и напряженность зависит только от переменной z , поэтому первая и вторая производные от нее по r и θ также равны нулю. Кроме изложенного, пренебрегаем в воздушном пространстве током проводимости и током смещения. В этом случае уравнение электромагнитного поля для $\dot{H}_{\delta r}$ представляется в виде дифференциального уравнения второго порядка, решение которого с учетом граничных условий, записывается в виде:

$$\dot{H}_{\delta 2} = \dot{H}_{rm\delta}\left(1 + \frac{h}{2\delta} - \frac{z}{\delta}\right) + \dot{H}_{ma}\left(\frac{z}{\delta} - \frac{h}{2\delta}\right). \quad (6)$$

Рассмотрим теперь магнитное поле в теле изделия, находящегося на расстоянии δ от рабочей поверхности датчика. Уравнение электромагнитного поля с учетом проводимости изделия записывается в виде дифференциального уравнения второго порядка.

С учетом граничных условий решение этого уравнения записывается в виде:

$$\dot{H}_a = \frac{\dot{H}_{ma}}{\text{sh}(k_1\Delta_a)} \text{sh}\left[R_1\left(\frac{h}{r} + \delta + \Delta_a - z\right)\right], \quad (7)$$

где Δ_a – толщина изделия.

Рассмотрим поле на плоскости, следом которой является прямая $n - n$. На этой плоскости магнитное поле имеет напряженность \dot{H}_r , зависящую от z . Составляющие \dot{H}_θ и \dot{H}_z на этой плоскости отсутствуют.

Этому случаю соответствует уравнение второго порядка, аналогичное уравнению (1), решение которого записывается в виде:

$$\dot{H}_r = \dot{H}_{3m} \exp\left[-k\left(\frac{h}{2} + z\right)\right]. \quad (8)$$

Для определения функциональной связи между напряженностями магнитного поля, определяющимися по формулам (4)–(8), следует дополнить их уравнениями закона полного тока, записанными для контуров $1-2-3-4-1$ и $1'-2'-3'-4'-1'$ (рис. 1) следующим образом:

$$\begin{cases} (\dot{H}_{1m} + \dot{H}_{2m})h + (\dot{H}_{rm\delta} + \dot{H}_{3m})2a = \dot{i}W; \\ (\dot{H}_{1m} + \dot{H}_{2m})h + (\dot{H}_{1\delta} + \dot{H}_{2\delta})\delta + (\dot{H}_{ma} + \dot{H}_{3m})2a = \dot{i}W; \\ \dot{H}_{1m} = \frac{K_4}{K_1} \dot{H}_{rm\delta} + \frac{K_5 + K_6}{K_1} \dot{H}_{ma}. \end{cases} \quad (9)$$

Связь между $\dot{H}_{1m}, \dot{H}_{2m}, \dot{H}_{rm\delta}, \dot{H}_{3m}, \dot{H}_{ma}, \dot{H}_{1\delta}$ и $\dot{H}_{2\delta}$ осуществляется вследствие действия принципа непрерывности магнитного потока, пронизывающего сечения, следом которых являются прямые $1-1, n-n, n'-n'$. Если магнитными потоками, замыкающимися внутри паза пренебречь, то получим, что магнитные потоки, определяемые по (4), (5) [(6) + (7)] и (8) будут равны между собой. Учитывая в (9) принцип непрерывности магнитного потока для указанных сечений, после некоторых преобразований получим:

$$\dot{H}_{rm\delta} = \frac{\dot{i}W(d_2 - b_2)}{b_1d_2 - b_2d_1}; \quad (10)$$

$$\dot{H}_{2\delta} = \frac{\dot{i}W(d_2 - b_2)}{b_1d_2 - b_2d_1}. \quad (11)$$

Здесь:

$$\begin{aligned} b_1 = \frac{K_4}{K_1} a_1; \quad b_2 = \frac{K_5 + K_6}{K_1} a_1 + 2a; \quad d_1 = \frac{K_4}{K_1} a_2 + 2a; \quad d_2 = \frac{K_5 + K_6}{K_1} a_2; \\ a_1 = \left(1 + \frac{K_1}{K_2}\right)(h + \mu\delta) + \frac{K_1}{K_3} 2a; \quad a_2 = \left(1 + \frac{K_2}{K_1}\right)h + \frac{K_1}{K_3} 2a; \end{aligned} \quad (12)$$

$$K_1 = 2\pi\mu\mu_0 a_1' \frac{R_2}{jk}; \quad K_2 = 2\pi\mu\mu_0 a_2' \frac{R_3}{jk}; \quad K_3 = 2\pi\mu\mu_0 (R_2 + a) \frac{1 - \text{ch}(k\Delta)}{k \text{sh}(k\Delta)};$$

$$K_4 = 2\pi\mu\mu_0 (R_2 + a) \frac{\delta}{2}; \quad K_5 + K_6 = 2\pi\mu_0 (R_2 + a) \left(\frac{\delta}{2} + \frac{\text{ch}(k\Delta a) - 1}{k_1 \text{sh}(k_1 \Delta a)} \right); \quad (13)$$

$$k_1 = \sqrt{\omega\gamma_a \mu_0} e^{j45^\circ}; \quad k = \sqrt{\omega\gamma\mu\mu_0} e^{j45^\circ},$$

где a_1 и a_2 – постоянные коэффициенты, получающиеся при интегрировании (4) и (5).

При этом их выражения представляются в виде многочленов, содержащих $\left(\frac{1}{2kR_1}\right)''$, $\left(\frac{1}{2kR_{21}}\right)''$, $\left(\frac{1}{2kR_{31}}\right)''$ и $\left(\frac{1}{2kR_4}\right)''$ где $n = 1, 2, \dots$

Учитывая, что датчик работает на высоких частотах (порядка 70 кГц), указанные дроби при $n = 1, 2, \dots$ получают значения, намного меньшие единицы. При таких обстоятельствах имеем $a_1' \approx a_2' \approx 1$.

Зная \dot{H}_{rmb} и \dot{H}_{ma} и интегрируя (6) и (7), находим магнитный поток, пронизывающий систему обмотки колебательного контура LC-автогенератора.

Полученная формула магнитного потока позволяет определить индуктивность и взаимную индуктивность обмотки.

Индуктивность обмотки возбуждения записывается в виде:

$$L = \frac{W^2}{b_1 d_2 - b_2 d_1} [K_4 (d_2 - b_2) + (K_5 + K_6) (b_1 - d_1)]. \quad (14)$$

Подставив (13) в (12) и учитывая при преобразованиях, что $a_1' \approx a_2' \approx 1$ и $\text{ch}(R_1 \Delta a) \approx 1$, $\text{sh}(R_1 \Delta a) \approx 1$, формулы для b_1 , d_1 , d_2 , a_1 и a_2 запишутся в виде:

$$b_1 = j \frac{k(R_2 + a)\delta}{2\mu R_2} a_1; \quad d_1 = j \frac{k(R_2 + a)\delta}{2\mu R_2} a_2 + 2a;$$

$$a_2 p^2 + a_1 p + a_0 = 0; \quad d_2 = j \frac{k(R_2 + a)a_2}{\mu R_2} \left(\frac{\delta}{2} + \frac{1}{k_1} \right). \quad (15)$$

Здесь:

$$a_1 = \left(1 + \frac{a_1' R_2}{a_2' R_3} \right) (h + \mu\delta) + \frac{2aa_1' R_2 \text{sh}(k\Delta)}{k(R_2 + a)(1 - \text{ch}(k\Delta))};$$

$$a_1 = \left(1 + \frac{a'_2 R_3}{a'_1 R_2}\right) \cdot h + \frac{a'_1 R_2 \operatorname{sh}(k\Delta)}{j \cdot (R_2 + a)(1 - \operatorname{ch}(k\Delta))}.$$

Учитывая (13) и (14), после некоторых преобразований для индуктивности будем иметь:

$$L = \frac{2\pi\mu_0 (R_2 + a) W^2 \left(\delta + \frac{1}{k_1}\right)}{2a + jk \left[\frac{R_2 + a}{\mu R_2} \left(\frac{\delta}{2} + \frac{1}{k_1}\right) a_1 + \frac{\delta}{2} a_2 \right]} = L_a - jL_p. \quad (16)$$

Как видно из (16), индуктивность системы обмотки возбуждения является комплексной величиной, состоящей из активной L_a и реактивной L_p частей. Активная часть индуктивности L_a создает индуктивное сопротивление, а реактивная часть L_p создает вносимое в цепь обмотки активное сопротивление. Эти сопротивления суммируются с омическим сопротивлением системы обмотки. Полученное аналитическое выражение (16) позволяет определять оптимальные информационные характеристики путем выбора геометрических размеров магнитной системы датчика.

Особый интерес в процессе разработки представляло исследование переходных процессов в датчике расстояний при регистрации наличия изделия в непрерывном технологическом процессе.

В момент, когда перед магнитной системой датчика появляется металлическое изделие, за малый промежуток времени амплитуда выходного сигнала датчика падает от максимума до нуля. При максимальной скорости производства изделий пребывание карточки перед магнитной системой не превышает одной секунды. Как показывают экспериментальные исследования, выходной сигнал должен падать до нуля не более чем за 0,1 секунды. Исходя из указанного времени уменьшения выходного сигнала датчика от максимума до нуля, возникает необходимость в датчике.

Нужно отметить, что в области низких и средних частот влияние емкости эмиттерного и коллекторного переходов незначительно. Так как датчик работает в области низких частот – до 40 000 Гц, в эквивалентной схеме транзистора учитывается только активное сопротивление и, соответственно, переходный процесс определяется через эти параметры.

Для исследования переходного процесса установлена схема замещения автогенератора датчика, которая приведена на рис. 2.

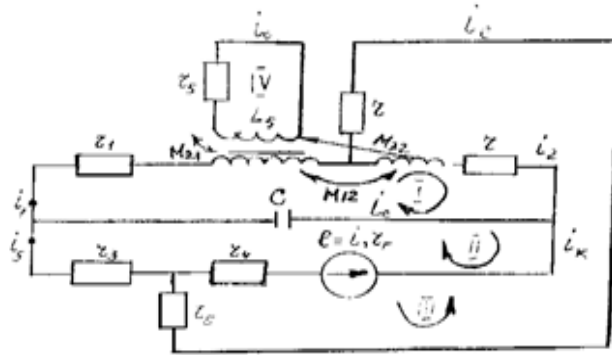


Рис. 2. Преобразованная схема замещения

Согласно этой схеме замещения, на основании I и II законов Кирхгофа запишем:

$$\begin{aligned}
 (r_1 + L_{1m}p)i_1 - (R_2 + L_{2M}p)i_2 + MPi_4 - \frac{1}{pc}i_c &= 0; \\
 i_1R_{1\Gamma} + i_2r_{4\Gamma} - \left(R_{\delta\Gamma} + \frac{1}{pc} \right) i_c &= 0; \\
 (R_{1\delta} - M_{31}p)i_1 + (R_2 + L_2p)i_2 - M_{32}pi_4 - i_cR_{\delta} &= 0; \\
 -M_{31}pi_1 - M_{32}pi_2 + (r_5 + L_5p)i_4 &= 0.
 \end{aligned} \tag{17}$$

Система уравнений (17) позволяет получить для токов $i_1 \dots i_5$ и i_c характеристическое уравнение по дифференциальным уравнениям. Как видно из системы (17), в цепи автогенератора все токи содержат свободные составляющие. Для определения этих токов установим условие равенства нулю главного детерминанта, составленного из коэффициентов при токах. Для этого систему (17) приведем к системе с тремя неизвестными токами, после чего составим главный детерминант:

$$\begin{vmatrix}
 [R_{1\Gamma} - (r_1 + L_{1M}p)(1 + R_{\delta\Gamma} - pc)] [r_{4\Gamma} + (1 + R_{\delta\Gamma}pc)(r_2 + L_{2M}p)] & MP(1 + R_{\delta\Gamma}pc) & \\
 [R_{1\delta} - M_{31}p - pc(r_1 + L_Mp)R_{\delta}] [(R_2 + L_2p) + pc(r_2 + L_{2M}p)R_{\delta}] & [M^2pcr_3 - M_{32}p] & \\
 -M_{31}p & -M_{32}p & (r_5 + L_5p)
 \end{vmatrix} = 0. \tag{18}$$

Раскрывая этот детерминант и введя необходимые обозначения, получим характеристическое уравнение для автогенератора:

$$a_5p^5 + a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0 = 0, \tag{19}$$

где $a_0 \dots a_5$ – выражаются заранее известными параметрами схемы автогенератора, которые ввиду кратности здесь не приводятся.

Уравнение (19) позволяет установить устойчивый и неустойчивый режимы срыва генерации при наличии изделия у датчика или при отсутствии изделия. Дифференциальное уравнение для любого тока в цепи автогенератора может быть составлено в соответствии с характеристическим уравнением (19). Однако анализ можно проводить и на основании характеристического уравнения, не переходя к дифференциальным уравнениям; при наличии изделия автогенератор, задающим элементом которого является изменяющаяся индуктивность, будет находиться в режиме срыва. При этом получается характеристическое уравнение пятой степени. При отсутствии изделия коэффициенты a_5 , a_4 превращаются в нуль и получается характеристическое уравнение третьей степени. Для проверки этого предположения проанализируем каждый коэффициент в зависимости от параметров цепи датчика. Рассмотрим коэффициент a_5 . В явной форме коэффициент a_5 представляется в следующем виде:

$$a_5 = -L_{2M} R_{\delta} C^2 L_{1M} R_{\delta\Gamma} - L_{2M} R_{\delta\Gamma} C^2 M M_{31} R_{\delta} + L_{1M} C R_{\delta\Gamma} R_{\delta} M M_{32} + \\ + M M_{31} L_{2M} R_{\delta} R_{\delta\Gamma} C^2 + R_{\delta\Gamma} C^2 L_{2M} L_{1M} R_{\delta} L_5 - M_{32} M C^2 r_{\delta} L_{1M} R_{\delta\Gamma}. \quad (20)$$

В выражение (20) выходят все параметры колебательного контура, изделия, параметры транзистора и другие параметры схемы. Анализ показывает, что численное значение a_5 при заданных условиях получается равно нулю. Поэтому перейдем к рассмотрению коэффициента a_4 , который определяется следующим образом:

$$a_4 = r_5 \left(R_{\delta\Gamma} C^2 L_{2M} R_{\delta} R_{1M} - L_{2M} R_{\delta} C^2 L_{1M} R_{\delta\Gamma} \right) + \\ L_5 \left\{ \left(L_{2M} + r_2 R_{\delta\Gamma} C L_{1M} C R_{\delta} + R_{\delta\Gamma} C L_{2M} (M_{31} + r_1 C R_{\delta}) - \right. \right. \\ \left. \left. - \left[(r_1 R_{\delta\Gamma} C + L_{1M}) L_{2M} R_{\delta} C + L_{1M} R_{\delta} C (L_2 + r_2 C R_{\delta}) \right] \right\} - \\ - (L_{2M} + R_{\delta\Gamma} r_2 C) M M_{31} C r_{\delta} - L_{2M} R_{\delta\Gamma} C M_{31}^2 + \\ + M M_{32} R_{\delta} C (M_{31} + r_1 C R_{\delta}) + M M_{32} L_{1M} C R_{\delta} + \\ + M M_{31} L_{1M} C R_{\delta} + M M_{31} \left[R_{\delta\Gamma} C (L_2 + C r_2 R_{\delta}) + L_{2M} R_{\delta} C \right] + \\ + M_{32}^2 L_{1M} R_{\delta\Gamma} C - M_{32} (r_1 R_{\delta\Gamma} C + L_{1M}) M C r_{\delta}. \quad (21)$$

Анализ всех параметров, входящих в выражение (21) и их предельных значений, показывает, что a_4 имеет отрицательный знак. Поэтому, учитывая вышеизложенное, систему можно считать неустойчивой,

т. е. при наличии изделия коэффициенты a_4 и a_5 равны нулю, $a_3 \dots a_0$ отличны от нуля. При этом уравнение (20) принимает следующий вид:

$$a_3^1 p^3 + a_2' p^2 + a_1' p + a_0' = 0. \quad (22)$$

Здесь:

$$\begin{aligned} a_0' &= (r_2 + R_5 + R_\Gamma)(R_{1\Gamma} - r_1); \\ a_1' &= (r_{4\Gamma} + r_2)r_1 CR_\delta + R_{1\delta}(L_{2M} + r_2 R_{\delta\Gamma} C) - \\ &\quad - (R_{1\Gamma} - r_1)(L_{2M} + r_2 CR_\delta) + R_2(L_{2M} + R_\delta CR_{\delta\Gamma}); \\ a_2' &= (R_{1\Gamma} - r_1)L_{2M} R_\delta C - (r_1 R_{\delta\Gamma} C + L_{1M})(L_2 + r_2 CR_\delta) - L_{1M} R_{\delta\Gamma} CR_2 + \\ &\quad + (r_{4\Gamma} + r_2)L_{1M} CR_\delta + (L_{2M} + R_{\delta\Gamma} r_2 C)(M_{12} + r_1 CR_\delta) - R_{\delta\Gamma} CL_{2M} R_{1\delta}; \\ a_3' &= (L_{2M} + r_2 R_{\delta\Gamma} C)L_{1M} CR_\delta + R_{\delta\Gamma} CL_{2M} r_1 CR_\delta - \\ &\quad - [L_{2M} R_\delta C(r_1 R_{\delta\Gamma} C + L_{1M}) + L_{1M} R_{\delta\Gamma} C(L_{2M} + r_2 CR_\delta)]. \end{aligned}$$

С целью упрощения решения уравнения (22) необходимо произвести анализ и установить возможности упрощения полученного уравнения (22) в зависимости от параметров схемы и активного элемента (транзистора). Проанализируем состав каждого из коэффициентов $a_3' \dots a_0'$. Согласно (2) указанные коэффициенты содержат параметры транзистора и схемы автогенератора. Особый интерес в выражениях этих коэффициентов представляют собой члены, содержащие сопротивление r_k коллекторного перехода транзистора.

Как известно, сопротивление r_k -транзисторов имеет весьма большую величину. В связи с этим в составе каждого коэффициента члены, содержащие r_k , при минимальных значениях других величин, заметно отличаются от других членов по своим значениям.

С учетом этого обстоятельства коэффициенту a_3' можно присвоить значение «нуль», что позволяет формулу представить в следующем виде:

$$a_2' p^2 + a_1' p + a_0' = 0.$$

Решение этого квадратного уравнения представляется в виде:

$$p_{1,2} = -\frac{a_1'}{2a_2'} \pm \sqrt{\left(\frac{a_1'}{2a_2'}\right)^2 - \frac{a_0'}{a_2'}}.$$

После подробного анализа схемы автогенератора определяется переходный коллекторный ток, который записывается в виде:

$$i_k(t) = B_0 + B_1 \cos(\omega_C t + \varphi_c) - (B_0 + B_1 \cos \varphi_C) \sqrt{1 + N^2} e^{-kt} \cos(\omega_C t + \varphi),$$

где

$$B_0 = \frac{u_{m\delta\epsilon}^2 a_2}{2} \left(1 + \frac{3 a_4}{4 a_2} u_{m\delta\epsilon}^2 \right); \quad (25)$$

$$B_1 = \frac{a_1 u_{m\delta\epsilon}}{4} \left[4 + 3 \frac{a_3}{a_1} u_{m\delta\epsilon}^2 + 2,5 \frac{a_5}{a_1} u_{m\delta\epsilon}^4 \right];$$

$$N = \frac{(S u_{m\delta\epsilon} + B_1) \omega_C \sin \varphi_C - k (B_0 + B_1 \cos \varphi_C)}{\omega_C (B_0 + B_1 \cos \varphi_C)}.$$

При $kt_\infty \geq 5$ вторая часть (25) превращается в нуль. Это показывает, что времена перехода от установившегося режима к режиму срыва и обратно практически равны.

Таким образом, при правильно рассчитанных параметрах и выбранных элементах датчика расстояний длительность пребывания автогенератора в неустановившихся режимах определяется в основном скоростью входа в зону и выхода изделия из зоны датчика.

Источники

1. Теоретические основы электротехники / К.С. Демирчян [и др.]. Л.: Энергоиздат, 2003. С. 242
2. Федотов А.В. Теория и расчет индуктивных датчиков перемещений для систем автоматического контроля: монография. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. 176 с.
3. Набиев М.А., Мамедов Ф.И. Дифференциальный датчик положений // Приборы системы управления. 1990. № 4. С. 33–34.
4. Мамедов Ф.И., Ахмедова Т.А. Определение основных электромагнитных параметров датчика расстояния // Электротехника. 2009. № 4. С. 24–28.
5. Мамедов Ф.И., Ахмедова Т.А. Аналитическое определение электромагнитных параметров дифференциального трансформатора автоматических приборов со сплошным магнитопроводом // Электромеханика. 2014. № 2. С. 59–62.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗЕ МАТРИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

Дмитрий Владимирович Байков¹, Юрий Борисович Федотов²,
Сергей Александрович Нестеров³

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, Республика Мордовия
¹bdv2304@mail.ru, ²fedotovyb@mail.ru, ³nesterov@mrsu.ru

В статье предложена имитационная модель асинхронного электропривода на базе матричного преобразователя частоты, представляющего собой комбинацию виртуального активного выпрямителя и виртуального автономного инвертора напряжения с непосредственным управлением по методу пространственно-векторной модуляции, выполненную в среде Matlab/Simulink. Представлены результаты моделирования асинхронного электропривода мощностью 2 кВт, выполненного на базе матричного преобразователя частоты.

Ключевые слова: модель, асинхронный электропривод, рекуперация, матричный преобразователь частоты, энергоэффективность.

IMITATIONAL MODELING OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE ON THE BASIS OF THE MATRIX FREQUENCY CONVERTER

Dmitry Vladimirovich Baikov, Yury Borisovich Fedotov,

Sergey Alexandrovich Nesterov

The article proposes a simulation model of an asynchronous electric drive based on a matrix frequency converter, which is a combination of a virtual active rectifier and a virtual autonomous voltage inverter with direct control using the space-vector modulation method, made in Matlab/Simulink environment. The results of the simulation of an asynchronous electric drive with a power of 2 kW, made on the basis of a matrix frequency converter, are presented.

Key words: model, asynchronous electric drive, recovery, matrix frequency converter, energy efficiency.

Современные тенденции развития электропривода переменного тока характеризуются стремлением к повышению энергетической эффективности, включающей в себя обеспечение синусоидальности входных токов, близкий к единице коэффициент мощности, а также возможность сброса электрической энергии в режиме рекуперативного торможения в промышленную сеть [1-6]. Среди наиболее распространенных и отлаженных в производстве преобразователей можно выделить двухзвенные преобразователи частоты (ДПЧ), выполненные на основе автономных инверторов напряжения (АИН) или тока (АИТ) [7, 8]. Связь АИН с электрической сетью обычно выполняется в виде диодного моста, а для обеспечения тормозных режимов таких преобразователей используется тормозной

резистор в звене постоянного тока или дополнительный тиристорный мост, подключенный между звеном постоянного тока и сетью. Существенными недостатками таких технических решений являются высокий коэффициент гармоник входного тока и потребление реактивной мощности [3–7]. Для устранения данных недостатков обычно используют в конструкции преобразователя активный выпрямитель, однако наличие громоздкого накопителя в звене постоянного тока (конденсатора в АИН или дросселя в АИТ) требует определенных условий эксплуатации и периодической замены, что не позволяет снизить массогабаритные показатели и достичь максимальных значений удельной мощности преобразователя. Кроме того, для ДПЧ по-прежнему является актуальной проблема повышения качества потребляемой энергии, энергетической эффективности и надежности.

Наиболее перспективным направлением развития рекуперативного электропривода переменного тока является матричный преобразователь частоты (МПЧ), не содержащий в своем составе ненадежных элементов и характеризующийся более высоким качеством потребляемой энергии [1, 4–8].

В настоящей статье предложена имитационная модель асинхронного электропривода мощностью 2 кВт, выполненного на основе МПЧ. Модель, общий вид которой представлен на рис. 1, разработана в среде математического моделирования Matlab/Simulink.

На входе МПЧ установлен LC-фильтр, обеспечивающий жесткую характеристику входа по напряжению и сглаживание входного тока. Системой управления ключами МПЧ являются блоки пространственно-векторной модуляции SVM Rectification symmetric sequence и SVM Inversion symmetric sequence. На вход этих блоков поступают синусоидальные модулирующие сигналы, формирующие входной ток и выходное напряжение МПЧ. На выходе блоков SVM Rectification symmetric sequence и SVM Inversion symmetric sequence формируется шина управляющих сигналов G для девяти ключей $S1...S9$ МПЧ. Эти сигналы через блок matrix converter switching непосредственно поступают в МПЧ.

Результаты моделирования асинхронного электропривода на базе МПЧ для коэффициентов передачи напряжения $q = 0,5$ и $q = 0,866$ с частотой модуляции $f_s = 2$ кГц и выходной частотой $f_0 = 25$ Гц представлены на рис. 2 и 3, соответственно.

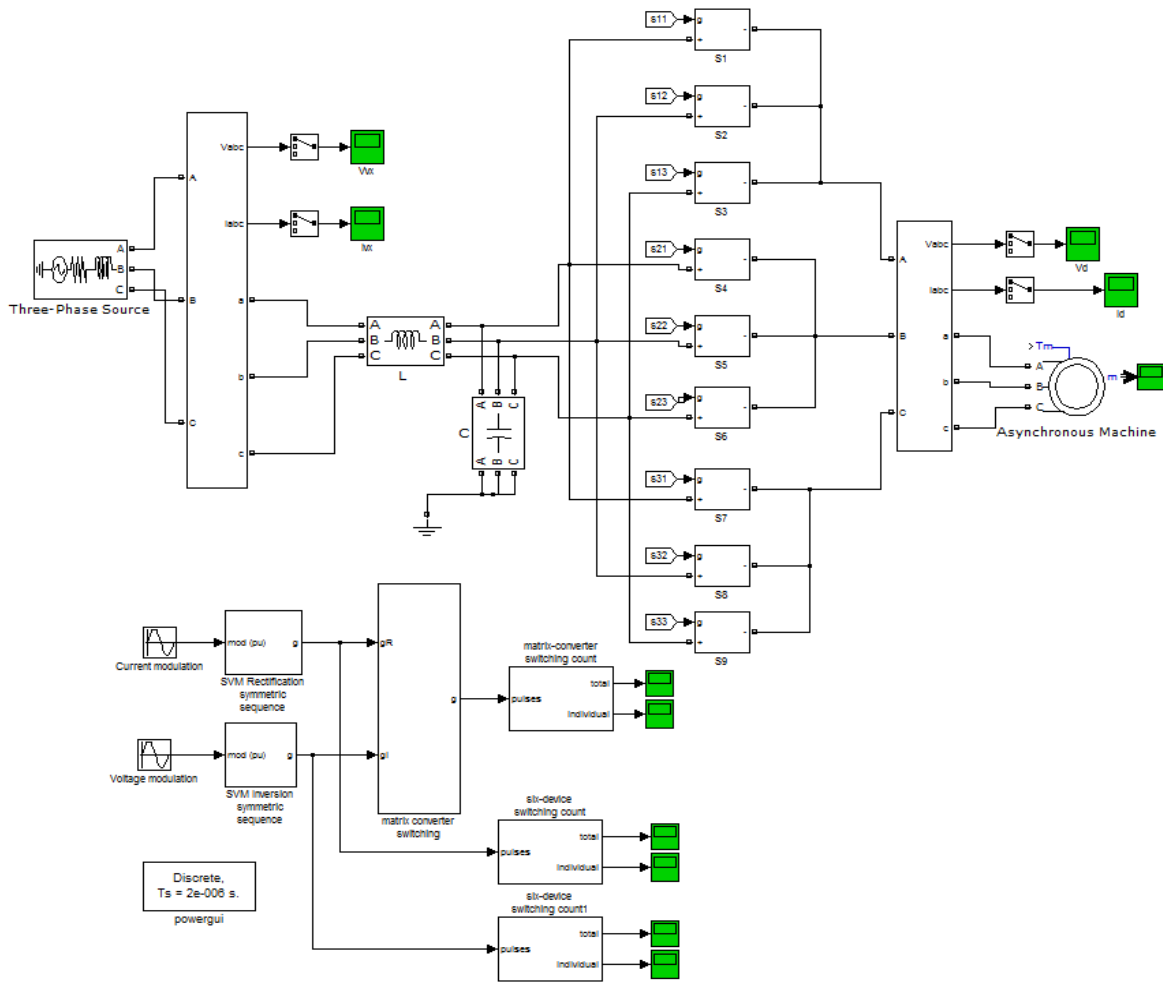


Рис. 1. Имитационная модель асинхронного электропривода на базе МПЧ

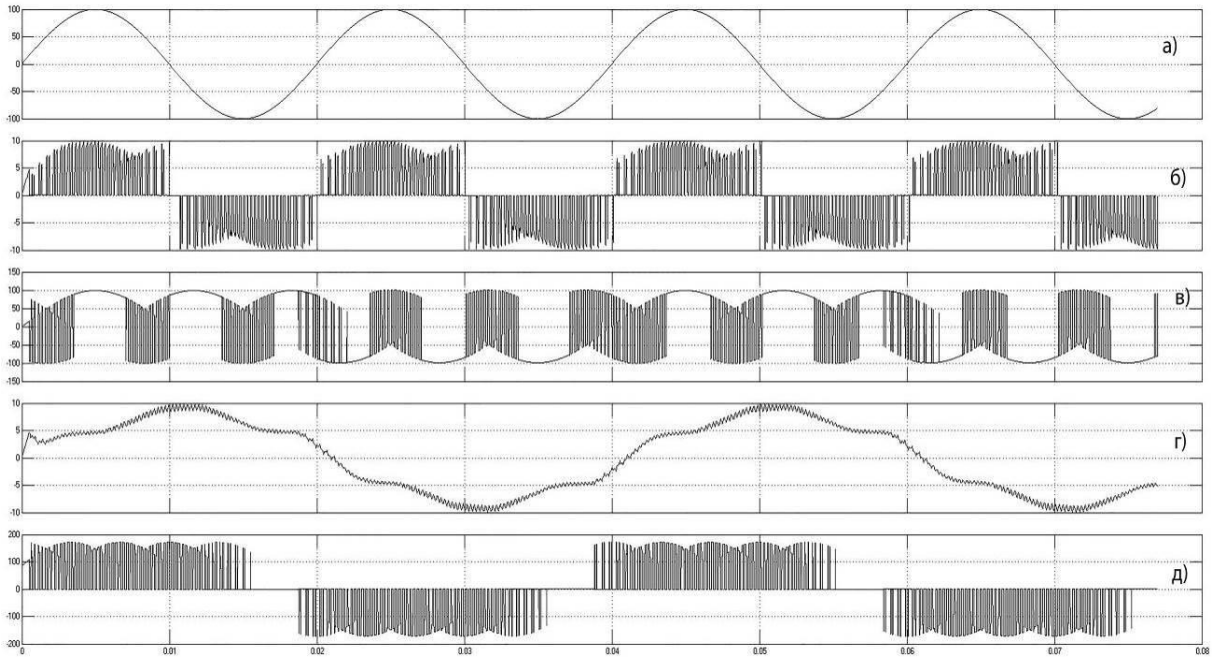


Рис. 2. Результаты моделирования асинхронного электропривода на базе МПЧ для $q = 0,5$: а – входное фазное напряжение; б – входной ток; в – выходное фазное напряжение; г – выходной ток; д – выходное линейное напряжение

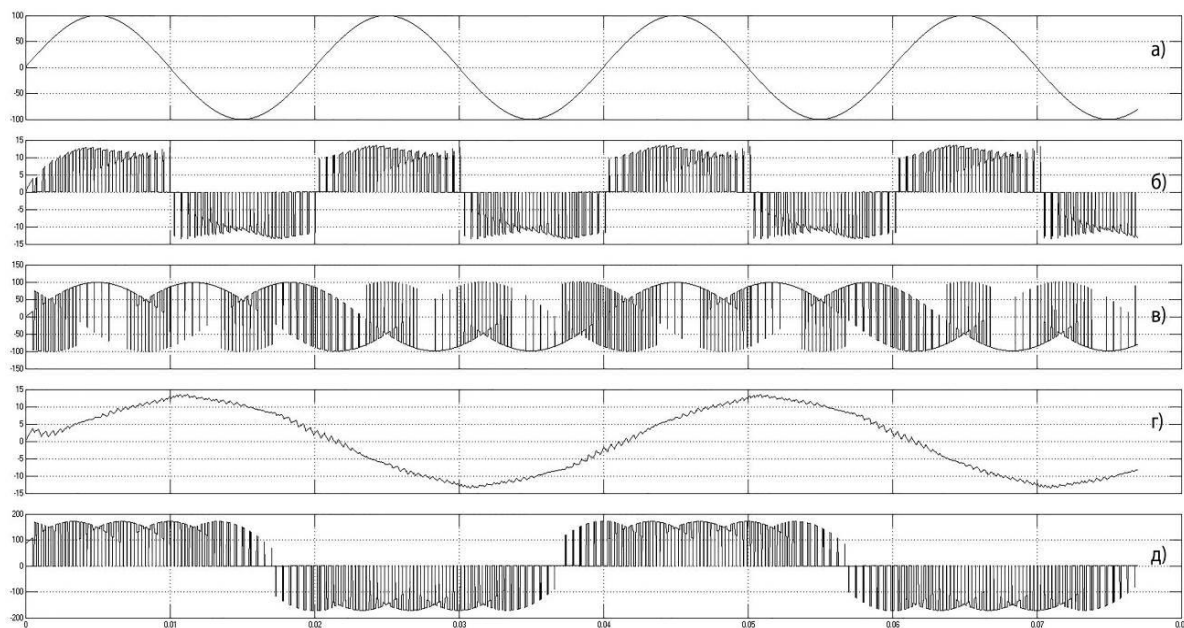


Рис. 3. Результаты моделирования асинхронного электропривода на базе МПЧ для $q = 0,866$: *а* – входное фазное напряжение; *б* – входной ток; *в* – выходное фазное напряжение; *г* – выходной ток; *д* – выходное линейное напряжение

Представленные результаты имитационного моделирования показали высокие качественные показатели асинхронного электропривода на базе МПЧ, что, несомненно, открывает для него широкие перспективы. Данный вид преобразователей может с успехом найти применение в машинах двойного питания для ветрогенераторов, на производственных линиях в стальном производстве, на погрузочно-разгрузочных устройствах, лифтах, подъемниках и т. д.

Статья подготовлена как часть прикладных исследований в соответствии с Соглашением о предоставлении субсидии № 14.574.21.0135 при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. Уникальным идентификатором прикладных исследований является RFMEFI57417X0135.

Источники

1. Мещеряков В.Н., Байков Д.В. Математический анализ и моделирование преобразователя частоты матричного типа с непосредственным управлением по методу пространственно-векторной модуляции // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2015. Т. 15, № 1. С. 21–33.

2. Мещеряков В.Н., Байков Д.В. Исследование преобразователя частоты матричного типа при работе на асинхронный двигатель // Электротехнические комплексы и системы. 2015. № 3(28). С. 4–8.

3. Мещеряков В.Н., Байков Д.В. Имитационная модель асинхронного электропривода на базе матричного преобразователя частоты // Вестник Липецкого государственного технического университета. 2015. № 3(25). С. 12–18.

4. Байков Д.В., Десяев С.С. Преобразователи частоты матричного типа для электроприводов переменного тока // Новый университет. 2014. № 2(24). С. 54–58. (Сер. «Технические науки»).

5. Кокорин Н.В. Исследование и разработка преобразователя частоты матричного типа для электроприводов переменного тока: дис. ... канд. техн. наук. Чебоксары, 2010. 157 с.

6. Климов В.П., Климова С.В. Двухнаправленные ключи в матричных структурах преобразователей переменного тока // Силовая электроника. 2008. № 4. С. 25–28.

7. Байков Д.В., Карасев А.В. Матричный преобразователь частоты – перспективное решение в сфере экономии энергии и развития электропривода // Тр. VIII Междунар. (XIX Всерос.) конф. по автоматизированному электроприводу АЭП-2014. Саранск, 2014. С. 492–494.

8. Мещеряков В.Н., Байков Д.В. Энергосберегающий асинхронный электропривод на базе матричного преобразователя частоты // Электротехника: сетевой электронный научный журнал. 2015. Т. 2. № 2. С. 35–39.

УДК 621.314.263

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА БУРОВОЙ УСТАНОВКИ

Андрей Сергеевич Бодылев¹, Ренат Рашитович Шакиров²,
Руслан Расимович Султанов³

ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа

1Body_lev@icloud.com, 2renat111@yandex.ru, 3sultik-ruslan@yandex.ru

В данной статье рассмотрена проблема искажения синусоидальности кривой напряжения после работы преобразователя частоты. Сравнение характеристик асинхронного двигателя при пуске в результате различных систем регулирования. Широкое применение преобразователей частоты в промышленности негативно сказывается на качестве электрической энергии питающей сети, но улучшает суммарные показатели качества и эффективности по отношению к безпреобразовательной технике.

Ключевые слова: буровая установка, электромагнитная совместимость, асинхронный двигатель, частотное регулирование, гармонические искажения, питающая сеть, электрическая энергия, преобразователь частоты, коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения.

STUDY OF ELECTROMAGNETICK COMPATIBILITY OF FREQUENCY-REGULATED ELECTRICK DRIVE DRILLING INSTALLATION

Andrei Sergeevich Bodylev, Renat Rashitovich Shakirov, Ruslan Rasimovich Sultanov

In this article the problem of distortion of a sinusoidal of a curve of tension after operation of the converter of frequency was considered. Comparison of characteristics of the asynchronous engine at start-up as a result of various systems of regulation. Broad use of converters of frequency in the industry negatively affects quality of electric energy of a power line, but improves total indicators of quality and efficiency in relation to without the converting equipment.

Key words: drilling rig, electromagnetic compatibility, asynchronous engine, frequency regulation, harmonious distortions, power line, electric energy, frequency converter, coefficient of distortion of a sinusoidal of a curve of tension.

Целесообразность применения регулируемого привода установок бурения, добычи и транспорта нефти и газа была установлена еще в первые годы освоения нефтегазовых месторождений. Экономический эффект систем регулируемого электропривода в бурении определяют следующие основные факторы, связанные с его применением: повышение производительности и надежности исполнительных механизмов; экономия электроэнергии и сокращение эксплуатационных расходов; улучшение условий труда, эффективности и безопасности работы буровиков [1].

Однако использование частотно-регулируемого электропривода (ЧРП) имеет не только положительные стороны, но также и отрицательные. Частотно-регулируемый электропривод является потребителем с быстро меняющейся мощностью, с нелинейной характеристикой, вносящий нелинейные искажения в сеть [4].

Большие и малые возмущения, вносимые от ЧРП в сеть электропитания, могут привести к отклонению от норм ГОСТ 32144-2013 допустимого уровня напряжения, а также к перерывам в электроснабжении длительностью свыше 0,10 с и более, к нарушению сложных технологических процессов бурения, отказам в электроснабжении потребителей первой категории, к значительному экономическому ущербу из-за возникновения показателей непроизводительного времени (НПВ) при бурении.

Буровая установка с электрическим приводом может работать (потреблять энергию) либо от автономного источника питания, так называемой дизельной электростанцией (ДЭС), либо от питающей сети, в частности от трансформатора, расположенного на главной понизительной подстанции.

Целью данной работы является исследование и анализ взаимного влияния питающей сети и главного электропривода буровой установки при ступенчатом и частотном регулировании угловой скорости вращения ротора. Исследования проводились методом математического моделирования для двух систем электроприводов – нерегулируемого и частотно-регулируемого АД с косвенным управлением по вектору потокосцепления ротора. Математическое моделирование показаний и обработки данных датчиком было произведено в пакете MatLab. Упрощенная математическая модель, которую можно реализовать в пакете MatLab, представлена на рис. 2. Схема энергоснабжения буровой установки (БУ) с ЧРЭП от питающей сети представлена на рис. 1, а, схема энергоснабжения буровой установки со ступенчатым регулированием электропривода на базе АД представлена на рис. 1, б [6].

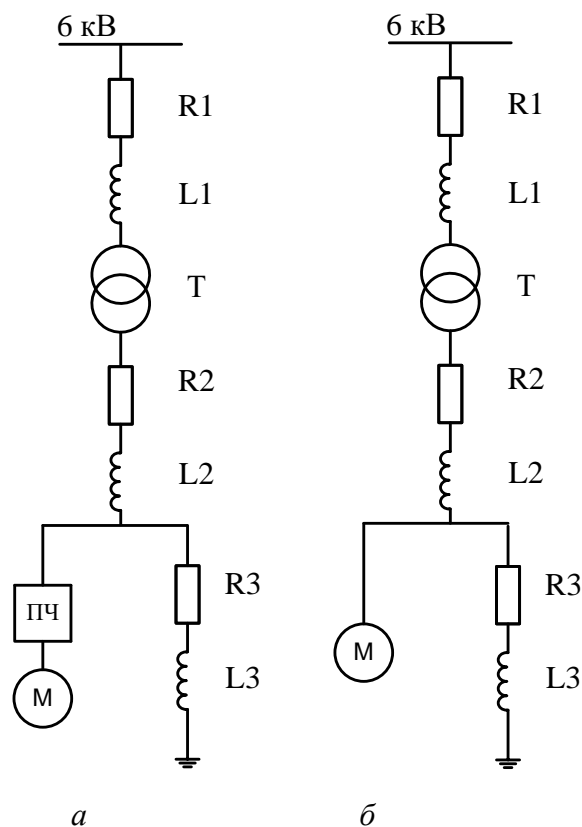


Рис. 1. Схемы замещения электроснабжения БУ: T – трансформатор; $R_{1,2}$, $L_{1,2}$ – сопротивление сети; R_3 , L_3 – эквивалентная нагрузка буровой установки; M – главный электропривод; $ПЧ$ – преобразователь частоты

Модель автоматического регулирования в системе MATLAB/Simulink, представленная на рис. 2, содержит преобразователь частоты, систему автоматического регулирования АД с косвенным управлением по вектору потокосцепления его ротора [3].

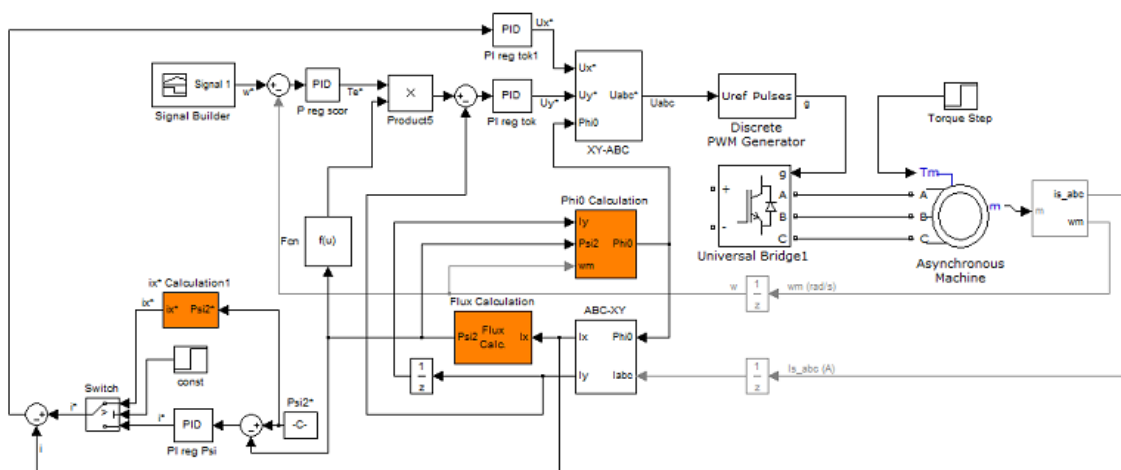


Рис. 2. Модель системы автоматического регулирования

Благодаря имитационной модели буровой установки в системе MATLAB появилась возможность исследовать качество электрической энергии основных режимов работы АД: пуск, установившийся режим, а также аварийные режимы. Построены зависимости таких величин как напряжение питающей сети, ток питающей сети, отклонение питающего напряжения δU , коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, активная и реактивная мощность, потребляемая из сети, угловая скорость вращения ротора АД, мощность на валу АД, коэффициент мощности двигателя $\cos \phi$.

В ходе исследований было произведено сравнение параметров ЭП с частотным управлением и ЭП со ступенчатым регулированием при пуске АД (таблица).

Сравнение режимов пуска для ЧР и СР асинхронного двигателя

Параметры АД	Частотно-регулируемый АД				Ступенчато-регулируемый АД
Нагрузка на валу, % от номинальной	10	40	70	100	Пуск при XX
$M_{дв}$, Нм	60	108	154	200	260
$I_{дв}$, А	30	44	60	77	330
$U_{дв}$, В	510	497	492	487	500
$P_{дв}$, кВт	9	13	20	25	34,2
Параметры сети					
P_c , кВт	22,7	28,5	34,2	40	57
Q_c , кВар	16,5	17,5	18,5	19,4	141
S_c , кВА	28,1	33,4	38,9	44,5	152,1
δU_c , %	-2,4	-3	-3,5	-4	-8
$\cos \phi$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,25
k , %	4	5,4	6,3	7	-

По данным таблицы можно сделать следующие выводы:

1. При частотном регулировании $\cos \varphi$ равен приблизительно 70 %, у нерегулируемого АД равен 25 %.

2. В процессе исследования на имитационной модели было выявлено, что отклонение напряжения δU при ступенчатом регулировании почти вдвое больше, чем при частотном регулировании, и превышает предельно допустимые отклонения напряжения, равные 5 % [2].

3. Коэффициент мощности у ЧРЭП выше, чем у нерегулируемого ЭП, таким образом, потребление реактивной мощности снижается. Реактивная мощность регулируемого двигателя в 7 раз меньше, чем у ступенчато-регулируемого АД.

4. Активная мощность буровой установки с нерегулируемым АД при пуске равна 57 кВт, полная мощность установки составляет 152 кВА. При использовании ЧРЭП двигатель при пуске развивает активную мощность, численно равную 40 кВт, а максимальная полная мощность составляет 45 кВА.

5. Использование преобразователей частоты отрицательно сказывается на синусоидальности напряжения питающей сети. При этом коэффициент несинусоидальности кривой напряжения во время пуска не превышает нормально допустимого значения, равного 8% [5].

Проведенные исследования показали нам действительную зависимость параметров сети и электропривода от времени пуска ЧР и СР асинхронного двигателя. Сопоставление данных зависимостей позволяет нам увидеть, что применение ЧРЭП с АД способствует уменьшению пусковых токов ЭД примерно на 80 %, а отклонение параметров питающей сети снижается на 60 % по сравнению с нерегулируемым АД. Из чего следует, что применение частотно-регулируемого электропривода с АД способствует повышению электромагнитной совместимости источника электроэнергии и потребителей электрической энергии на буровой установке.

Источники

1. Шабанов В.А. Основы регулируемого электропривода основных механизмов бурения, добычи и транспорта нефти: учеб. пособие для вузов. Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2009. 156 с.

2. ГОСТ Р 54149-2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Изд-во стандартиформ, 2012. 20 с.

3. Шевырёв Ю.В., Моргачёв Д.А. Исследование электромагнитной совместимости частотно-регулируемого электропривода буровой установки и источника электроэнергии соизмеримой мощности // Вестник Южно-Уральского государственного университета. URL: <https://vestnik.susu.ru/>

4. Зиновьев, Г.С. Силовая электроника: учеб. пособие для бакалавров. 5-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во «Юрайт», 2012. 667с.

5. Бодылев А.С., Рябишина Л.А. Гармонические искажения при работе преобразователей частоты // Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: межвуз. сб. науч. тр. (с междунар. участием). Уфа: Изд-во Энергодиагностика, 2018. 347 с.

6. Шабанов В.А. Проектирование электроснабжения установок и предприятий нефтяной отрасли: учеб. пособие для вузов. Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2009. 224 с.

УДК 621.316

АНАЛИЗ РЕЛЕЙНОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА

Александр Андреевич Варенов¹, Алина Алмазовна Нафикова²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}rusalina.aa@mail.ru

В докладе анализируется математическая модель релейной системы регулирования напряжения генератора автономного источника питания, что позволило выработать рекомендации по предварительному выбору параметров релейного элемента этой нелинейной системы.

Ключевые слова: релейная система, математическая модель, параметры автоколебаний.

ANALYSIS OF THE RELAY VOLTAGE REGULATION SYSTEM OF THE GENERATOR

Alexander Andreevich Varenov, Alina Almazna Nafikova

The report analyzes the mathematical model of the relay voltage control system of the generator of an Autonomous power supply, which allowed to develop recommendations for the preliminary selection of the parameters of the relay element of this nonlinear system.

Key words: relay system, mathematical model, self-oscillation parameters.

Значительное количество приемников электрической энергии нуждаются в напряжении, которое должно поддерживаться на заданном уровне. Для реализации этой цели применяются автоматические системы непрерывного или дискретного регулирования. В последних применяется

дискретный способ передачи и преобразования управляющих сигналов и по устоявшейся классификации они делятся на импульсные, релейные и цифровые. Релейные системы относительно просты в изготовлении и эксплуатации, имеют низкую стоимость, а использование в них бесконтактных релейных элементов повышает надежность системы.

В работе раскрывается состав известной релейной системы регулирования напряжения генератора, обосновывается ее математическая модель, которая анализируется в ходе компьютерного моделирования.

Отличительной особенностью системы является использование слаботочного реле напряжения, работающего совместно с мощным транзистором. Изменяя режим работы этого транзистора, можно изменить ток возбуждения генератора, следовательно, и напряжение на его зажимах.

Релейные системы обладают так называемыми существенно нелинейными характеристиками и при анализе этих систем применяют методы нелинейной теории автоматического регулирования (метод фазовой плоскости, метод гармонической линеаризации). Указанные методы имеют свои ограничения и достаточно трудоемки. Известно, что если в составе системы автоматического регулирования имеется хотя бы одно звено, описываемое нелинейными уравнениями, вся система становится нелинейной. Нелинейность, содержащаяся в составе рассматриваемой системы, относится к типовым и обладает характеристикой двухпозиционного релейного элемента. Это приводит к возникновению так называемых автоколебаний, происходящих с постоянной амплитудой и частотой. В настоящее время для проектирования нелинейных систем разработан ряд проблемно-ориентированных пакетов прикладных программ. В работе показана возможность использования для анализа релейной системы программного пакета моделирования в технических установках.

Этот комплекс позволяет на этапе эскизного проектирования производить предварительный подбор параметров нелинейной системы и самого релейного элемента, при которых будут иметь место автоколебательные режимы работы и режимы с затухающими переходными процессами апериодического характера. В ходе моделирования показано, что характер переходного процесса существенно зависит от параметров релейного элемента; амплитуда этих колебаний определяется постоянной времени самого генератора и слабо зависит от инерционных процессов в слаботочном реле напряжения.

Таким образом, в работе обоснована динамическая модель релейной системы регулирования напряжения генератора и произведен её анализ в ходе компьютерного моделирования. Этот анализ позволил выработать рекомендации по предварительному выбору параметров релейного элемента релейной системы. Направлениями дальнейших исследований является улучшение показателей качества релейной системы за счет введения корректирующих устройств.

Источники

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. 4-е изд. перераб. и доп. СПб.: Изд-во «Профессия», 2003. 752 с.
2. Электрические и электронные аппараты: учебник для вузов РВ и А / под ред. проф. А.А. Варенова. М: Изд-во МО РФ, 2009. 448 с.

УДК 62-83

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ НКДУ-30

Ильназ Назимович Гарипов¹, Танир Хамитевич Мухаметгалеев²

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КХТИ», г. Казань

^{1,2}banzay-13-13@yandex.ru

В данной работе рассматриваются методы повышения эффективности частотно-управляемого электропривода насосно-компрессорной установки НКДУ-30.

Ключевые слова: водо-газовое воздействие, частотно-управляемый электропривод, насосно-компрессорная установка, повышение эффективности, нефтеотдача, преобразователь частоты.

EFFICIENCY IMPROVEMENT OF FREQUENCY-REGULATED ELECTRIC DRIVE NKDU-30 PUMP AND COMPRESSOR INSTALLATION

Ilnaz Nazimovich Garipov, Tanir Hamitevich Mukhametgaleev

This paper discusses methods for improving the efficiency of the frequency-controlled electric drive of the NKDU-30 pump-compressor unit.

Key words: water-gas effect, frequency-controlled electric drive, pump-compressor unit, efficiency increase, oil recovery, frequency converter.

В работе рассматривается частотно-управляемый электропривод насосно-компрессорной установки НКДУ-30. Установка выполняет задачу по нагнетанию водо-газовой смеси в пласты для увеличения нефтеотдачи. К тому же водо-газовое воздействие избавляет от необходимости транспортировки и утилизации попутного нефтяного газа.

На данный момент практически во всех современных производствах асинхронные двигатели используются в паре с преобразователями частоты. Преобразователи частоты, безусловно, являются хорошим инструментом для осуществления правильного режима пуска и правильной работы асинхронного электродвигателя. Кроме явных плюсов, к сожалению, они имеют свои недостатки, один из которых рассматривается в данной работе. А именно помехи, которые создаются в процессе его эксплуатации. Устранение данной проблемы является приоритетной задачей, так как создаваемые помехи пагубно влияют на остальные потребители, которые подключены к одной сети с частотным преобразователем. На выходе из преобразователя частоты ток и напряжение выходят искажённой формы. На примере асинхронного двигателя это может привести к пробое изоляции и выходу его из строя. В связи с возникновением данной проблемы встает вопрос о разработке методов по ограничению помех.

Целью данной работы является повышение эффективности частотно-управляемого электропривода насосно-компрессорной установки НКДУ-30.

Работа выполняется с учетом технологических особенностей производства, в составе которого находится насосно-компрессорная установка НКДУ-30, и, исходя из реальных данных, проводится исследование с использованием компьютерной модели.

Источники

1. Денисов В.А. Электроприводы переменного тока с частотным управлением: учеб. пособие. Ст. Оскол: Изд-во ТНТ, 2013. 164 с.

2. Крылов Ю.А., Карандаев А.С., Медведев В.Н. Энергосбережение и автоматизация производства в теплоэнергетическом хозяйстве города. Частотно-регулируемый электропривод: учеб. пособие. СПб.: Изд-во «Лань», 2013. 176 с.

УДК 621.311

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Михаил Петрович Горячев¹, Марат Фердинантович Садыков²,
Дмитрий Алексеевич Иванов³, Татьяна Геннадьевна Галиева⁴

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹goryachev91@mail.ru, ²sadykov@kgeu.ru,
³divanale@gmail.com, ⁴79534929817@ya.ru

В настоящее время в связи со значительной протяженностью воздушных линий (ВЛ) электропередач и увеличением аварийных ситуаций становятся всё более востребованы работы над технологиями в области увеличения надежности сетей. В работе предлагается создание системы беспроводных сенсорных сетей в целях мониторинга состояния ВЛ, что обеспечит контроль и повысит безопасность ВЛ.

Ключевые слова: умные сети, беспроводной датчик, обследование, диагностика, мониторинг, воздушная линия электропередачи, беспроводная передача данных, гололёдообразование, анкерные опоры, аварийные ситуации.

SYSTEM OF OPERATIONAL MONITORING OF TECHNICAL CONDITION OF POWER TRANSMISSION LINES

Mikhail Petrovich Goryachev, Marat Ferdinantovich Sadykov,
Dmitriy Alekseyevich Ivanov, Tat'yana Gennad'yevna Galiyeva

At present, due to the significant length of power lines and the increase in emergency situations, work on technologies to increase the reliability of networks is becoming increasingly in demand. The paper proposes the creation of wireless sensor networks to monitor the status of power lines, which will provide control and increase the safety of power lines.

Key words: smart grid, wireless sensor, examination, diagnosis, monitoring, overhead transmission line, wireless transmission of data, icing, anchor supports, emergency.

В Российской Федерации проблема низкой надежности воздушных линий электропередач особенно актуальна по причине значительной протяженности и радиально-магистрального построения сетей, а также ввиду сильной изношенности самих линий. Проанализировав официальные заявления членов Правительственных комиссий по обеспечению безопасности электроснабжения (федерального штаба) на выездных заседаниях, можно наблюдать, что количество аварий на электросетевых объектах по России достаточно высокое, кроме того, наблюдается рост аварий:

- на Северо-Кавказском федеральном округе за 8 месяцев 2017 года произошло 720 аварий, в 2016 году – 776 аварий;
- на Сибирском федеральном округе отмечается рост количества аварий на 2,5 % (с 1896 до 1943 года);
- на Северо-Западном федеральном округе по электросетевым компаниям удалось снизить аварийность на 16 %, при этом количество аварий, приведших к прекращению электроснабжения потребителей на 10 МВт и более возросло практически в 2 раза относительно показателей прошлого года, что связано в основном с неблагоприятными погодными условиями;
- на Дальневосточном федеральном округе отмечен рост числа аварий на 11 % в сравнении с аналогичным периодом 2016 года [1].

В целях уменьшения аварийных ситуаций, оперативной ликвидации аварий и устранения не штатных инцидентов в работе оборудования электросетевые компании нанимают дополнительный оперативный персонал и аварийные бригады. Например, в Сахалинской области с целью подготовки к осенне-зимнему периоду 2017 года организован круглосуточный дежурный оперативный персонал, обеспечена готовность 36 аварийных бригад (417 человек, 211 единиц техники) [1].

В «Программе инновационного развития ПАО «Россети» на период 2016–2020 гг. с перспективой до 2025 г.» в качестве одного из направлений инновационного развития компании приведена тенденция перехода на цифровые технологии в системах сбора и обработки информации путем мониторинга технического состояния, удаленной диагностики оборудования, обеспечивая при этом сокращение операционных затрат. Ключевые технологии, обеспечивающие достижение результата: цифровые измерители тока и напряжения (включая трансформаторы, а также различные виды датчиков, включая волоконно-оптические), поддерживающие цифровой обмен данными; интеллектуальные распределительные устройства, поддерживающие цифровой обмен данными; интегрированные в состав оборудования средства мониторинга и диагностики, поддерживающие цифровой обмен данными, устройства синхронизированных измерений [2].

В настоящее время для мониторинга состояния ВЛ разработаны стационарные устройства, устанавливаемые непосредственно на проводах ВЛ [3–8]. На их основе создана система оперативного мониторинга технического состояния ВЛ. Аппаратная часть данных устройств имеет распределенную архитектуру, которая включает в себя набор датчиков для измерения параметров состояния проводов линии и окружающей среды и средства приема и передачи данных.

Система оперативного мониторинга технического состояния ВЛ включает в себя разрабатываемые устройства [5, 6] (рис. 1), устанавливаемые на проводах ВЛ, передающие информацию друг через друга и питающиеся непосредственно от линии, а также аппаратно-программный комплекс сбора и обработки данных.

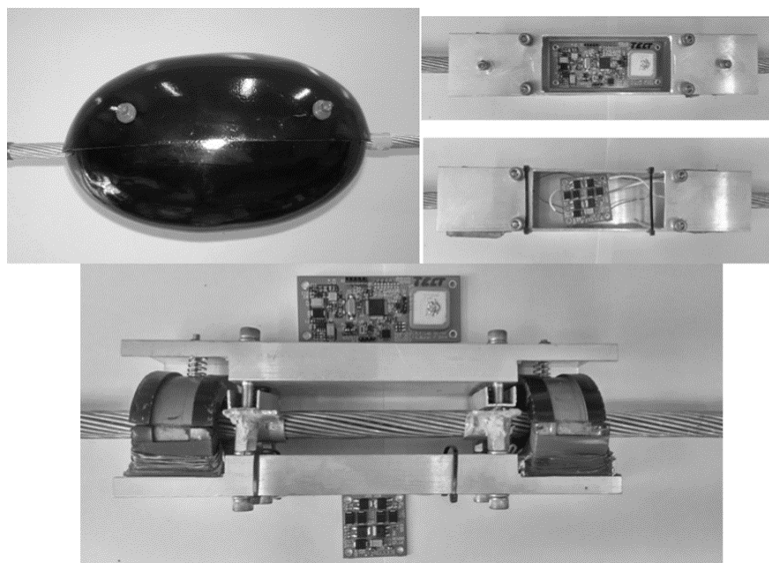


Рис. 1. Устройство системы оперативного мониторинга технического состояния ВЛ

Устройствами системы оперативного мониторинга технического состояния ВЛ проводятся измерения следующих параметров:

- температуры провода и окружающей среды;
- относительной влажности воздуха;
- угла наклона устройства;
- угла поворота устройства вокруг оси провода;
- среднеквадратичного виброускорения;
- силы тока в проводе.

На основе данных измерений можно определить механическое напряжение в точке подвеса, толщину стенки гололёда, а также «пляску» провода.

Данные предположения проверяются на системе оперативного мониторинга технического состояния ВЛ [9], введенной в опытную эксплуатацию в ПАО «Татнефть».

В основе обработки данных заложены модели интерпретации входных данных с датчиков. Наиболее сложными являются модели по определению механического напряжения в точке подвеса.

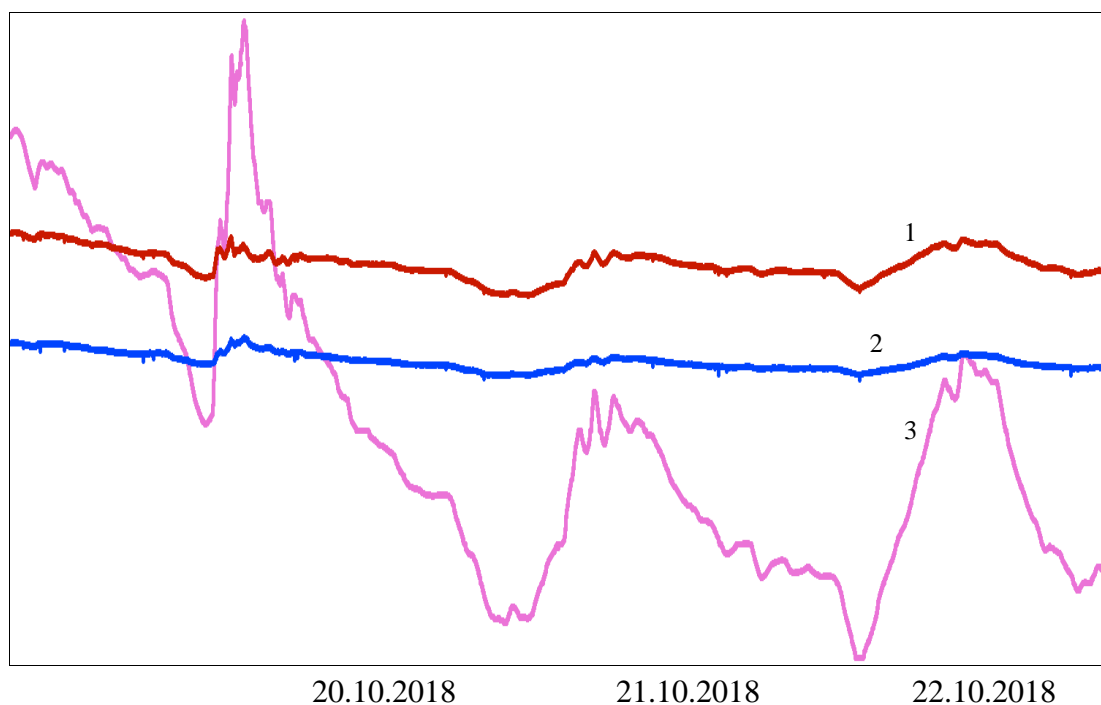


Рис. 2. Данные мониторинга состояния ВЛ: 1 – кривая данных с цифрового датчика вращения; 2 – кривая данных с цифрового датчика наклона; 3 – кривая температуры (провода)

На рис. 2 представлены графики изменения угла вращения провода вокруг своей оси, угла наклона провода в месте крепления устройства оперативного мониторинга технического состояния ВЛ, а также графики

изменения температуры провода в течение 3 дней (с 20.10.2018 по 22.10.2018). Устройство мониторинга установлено на проводе АС-120/19, концы которого жестко зафиксированы в зажиме НБ-2-6А, подвешенном на гирлянде из 2 изоляторов ПС-70Е каждый. Вращение устройства, свободное от вращения провода, исключено. Из рисунка видно, что изменению температуры соответствует изменение как угла наклона устройства мониторинга, так и угла его вращения вокруг оси провода. При этом изменение угла поворота может превосходить изменение угла наклона устройства более чем в 2 раза. В связи с этим проводится работа по определению механических нагрузок на провод по углу его вращения вокруг своей оси.

Как правило, в качестве модели определения механических нагрузок на провод принята гиперболическая модель цепной линии [9], основными элементами которой являются: длина провода без учета температурного расширения; текущая длина провода; стрела провиса. Основными данными при определении силы тяжения провода являются угол наклона касательной к проводу относительно горизонта и температура провода. Однако при перетягивании провода в соседний пролёт ВЛ возможно ошибочное определение механических нагрузок.

При создании модели определения механических нагрузок на провод по данным о вращении устройства мониторинга вокруг оси провода, на точность методики не влияет перетягивание провода между пролетами, так как он, в большинстве случаев, жестко закреплен в точках подвеса.

Таким образом, видны преимущества модели по вращению устройства мониторинга вдоль оси провода перед гиперболической моделью цепной линии, что может быть использовано в дальнейшем развитии системы оперативного мониторинга технического состояния ВЛ.

Источники

1. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/7822>.
2. URL: http://www.rosseti.ru/investment/policy_innovation_development/doc/innovation_program.pdf,
3. Design and implementation of power line sensor net for overhead transmission lines / Y. Yang [et al.] // Power & Energy Society General Meeting. 2009. С. 1–8.
4. Устройство оперативного мониторинга технического состояния высоковольтных линий электропередачи: п. м. 2098904 Рос. Федерация № 2016112004/28; заявл. 30.03.16; опубл. 27.11.16.

5. Real-Time Operating Systems for Wireless Modules / D.A. Yaroslavsky [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. Vol. 11, Is. 6. P. 1168–1171.

6. Ivanov D.A., Savelyev O.G., Sadykov M.F. Sensor monitoring system of ice-wind load // In the collection: Intellectual energy systems works of the IV International Youth Forum: in 3 vol. Tomsk, 2016. P. 138–140.

7. Present research situation of icing and snowing of overhead transmission lines in China and foreign countries [J] / Huang X. [et al.] // Power System Technology. 2008. T. 4. P. 5.

8. Выбор операционной системы реального времени для беспроводного устройства / Д.А. Ярославский [и др.] // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2016.

9. Методика мониторинга гололёдных отложений на проводах ВЛ с учётом разрегулировки / Д.А. Ярославский [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. № 5-6. С. 89–97.

УДК 621.311

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

Елена Ивановна Грачева¹, Олег Витальевич Наумов²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹grachieva.i@bk.ru, ²311670@list.ru

Случайные, непредвиденные причины могут привести к нарушению функционирования как отдельных элементов электрической сети, так и части ее, что вызывает прекращение подачи электроэнергии потребителям либо недопустимое снижение ее качества. При исследовании общих закономерностей, определяющих долговечность работы различных технических устройств, возникают объективные условия решения проблем надежности не только в качественном, но и в количественном аспекте.

Ключевые слова: цеховые электрические сети, низковольтные электрические аппараты, работоспособность, контактное соединение.

PROBABLE CHARACTERISTICS OF RELIABILITY AUTOMATIC CONTROL AND PROTECTION SWITCHES

Elena Ivanovna Gracheva, Oleg Vitalyevich Naumov

The casual, unforeseen reasons can lead to functioning violation, both separate elements of an electric network, and a part it that causes electric power interruption of supply to consumers or inadmissible decrease in its quality. At research of the general regularities defining durability operation of various technical devices, there are objective conditions of the solution of problems of reliability not only in qualitative, but also in quantitative aspect.

Key words: shop electric networks, low-voltage electric devices, working capacity, contact connection.

Целью первичной обработки экспериментальных наблюдений обычно является выбор закона распределения, наиболее хорошо описывающего случайную величину, выборку которой наблюдают. Проверка того, насколько хорошо наблюдаемая выборка описывается теоретическим законом, осуществляется с использованием различных критериев согласия. Некорректное использование критериев согласия может приводить к необоснованному принятию или отклонению проверяемой гипотезы.

Проверим гипотезу согласия опытного распределения с теоретическим на примере автоматических выключателей серии ВА-51.

Вероятность безотказной работы по статистическим данным оценивается выражением:

$$\bar{P}^*(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad (1)$$

где N_0 – число изделий в начале испытания; $n(t)$ – число отказавших изделий за время t ; $\bar{P}^*(t)$ – статистическая оценка вероятности безотказной работы (эмпирическая функция). При большом числе изделий N_0 статистическая оценка $\bar{P}^*(t)$ практически совпадает с вероятностью безотказной работы $P(t)$.

Таблица 1

Статистическая функция распределения вероятности отказов автоматического выключателя ВА-51

Год, t	Количество элементов		Сумма отказавших, $n(t)$	Эмпирическая функция распределения вероятности	
	отказавших, n	исправных, I		безотказной работы $\bar{P}^*(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}$	отказа, $Q^*(t) = 1 - P^*(t)$
1	0	283	0	1,000	0,000
2	0	283	0	1,000	0,000
3	0	283	0	1,000	0,000
4	1	282	1	0,996	0,004
5	1	282	2	0,993	0,007
6	0	282	2	0,993	0,007
7	1	281	3	0,989	0,011
8	3	278	6	0,979	0,021
9	5	273	11	0,961	0,039
10	14	259	25	0,912	0,088
11	23	236	48	0,830	0,170
12	40	196	88	0,689	0,311
13	49	147	137	0,516	0,484
14	42	179	105	0,367	0,633
15	38	217	67	0,233	0,767

По данным табл. 1 определим вероятность безотказной работы по (1). На практике иногда более удобной характеристикой является вероятность отказа $Q(t)$. Отказ и безотказная работа – события несовместимые и противоположные, поэтому

$$Q(t) = P(T \leq t); \bar{Q}^*(t) = \frac{n(t)}{N_0}; Q(t) = 1 - \bar{P}^*(t). \quad (2)$$

Определим вероятность отказа по статистическим данным табл. 1 по (1).

По статистическим данным об отказах средняя наработка до первого отказа вычисляется по выражению:

$$\bar{T}_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_i}{N_0}. \quad (3)$$

Для определения средней наработки до первого отказа необходимо знать моменты выхода из строя всех испытуемых элементов. Имея данные о количестве вышедших из строя элементов n_i в каждом i -м интервале времени, среднюю наработку до первого отказа лучше определять из выражения:

$$\bar{T}_{\text{ср}} \approx \frac{\sum_{i=1}^m n_i t_{\text{ср}i}}{N_0}, \quad (4)$$

где $t_{\text{ср}i} = t_{i-1} + t_{i+1}/2$; $m = t_{\text{к}}/\Delta t$; t_{i-1} – время начала i -го интервала; t_i – время конца i -го интервала; $t_{\text{к}}$ – время выхода из строя всех элементов; $\Delta t = t_{i1} + t_{i+1}$ – интервал времени наблюдений.

Среднее время безотказной работы автоматического выключателя серии ВА-51 согласно статистическим данным табл. 1 и выражению (3) составляет $\bar{T}_{\text{ср}} = 13$ лет.

Среднеквадратическое отклонение времени безотказной работы по статистическим данным определим по выражению:

$$\sigma = \sum_{i=1}^n \frac{\sqrt{(t_i - T_{\text{ср}})^2}}{t}. \quad (5)$$

Исключив первые пять лет наблюдений, по (5) имеем $\sigma = 2,5$.

Определим теоретическую функцию вероятности безотказной работы. Результаты вычислений занесены в табл. 2.

Таблица 2

Теоретическая функция распределения вероятности отказов автоматического выключателя серии ВА-51

Год, t	$\frac{T_{cp} - t}{\sigma}$	$F\left(\frac{T_{cp} - t}{\sigma}\right)$	$\frac{T_{cp}}{\sigma}$	$\frac{FT_{cp}}{\sigma}$	Теоретическая функция распределения вероятности	
					безотказной работы, $P(t) = F\left(\frac{N_0 - n(t)}{N_0}\right)$	отказа, $Q(t) = 1 - P(t)$
1	4,8	1,000	5,200	1,000	1,000	0,000
2	4,4					
3	4,0					
4	3,6	0,999			0,999	0,001
5	3,2					
6	2,8	0,997			0,997	0,003
7	2,4	0,992			0,992	0,008
8	2,0	0,977			0,977	0,023
9	1,6	0,945			0,945	0,055
10	1,2	0,885			0,885	0,115
11	0,8	0,788			0,788	0,212
12	0,4	0,655			0,655	0,345
13	0,0	0,500			0,500	0,500
14	-0,4	0,344			0,344	0,656
15	-0,8	0,212			0,212	0,788

Гипотеза о виде закона распределения или гипотеза о постоянстве среднего значения какой-либо случайной величины выдвигается на основании каких-либо теоретических предложений или моделей. Простейший способ проверки – графический. Для графического сравнения опытных данных с теоретическими строят гистограмму – диаграмму для упорядоченного ряда результатов наблюдений случайной величины и на нее наносят график теоретической функции.

Графический метод весьма нагляден, но не позволяет измерить степень соответствия или согласия. Количественная оценка согласия опытного распределения с теоретическими осуществляется с помощью критериев Колмогорова χ^2 и ω^2 .

Погрешность измерения случайной величины не должна превышать 10 % предполагаемого среднеквадратического отклонения.

При использовании критерия Колмогорова необходимо иметь значения теоретической и опытной функции для некоторого числа n значений аргумента. Определяется максимальное расхождение между теоретическими и опытными данными:

$$D_n = \max |\bar{F}(t) - F(t)|, \quad (6)$$

где $\bar{F}(t)$ и $F(t)$ – опытное и теоретическое значение интегральной функции распределения.

А.Н. Колмогоров показал, что случайная величина $y = D_n \sqrt{n}$ имеет функцию распределения $K(y) = 1 - p(y)$ [1]. Получив в результате сравнения функций $\bar{F}(t)$ и $F(t)$ значение D_n и вычислив

$$y_n = D_n \sqrt{n}, \quad (7)$$

можно оценить вероятность $p(y)$ случайного получения подобного значения y . Если $p(y) > 0,3 \dots 0,4$, то считают, что опытная и теоретическая функции хорошо согласуются между собой, если $p(y) < 0,05 \dots 0,10$ – наблюдаемое отклонение не случайно, теоретическая функция плохо согласуется с опытными данными. Необходимо отметить, что критерий согласия Колмогорова предполагает вид распределения известным из каких-либо предпосылок теоретического характера. Кроме того, в случае определения параметров теоретической функции из опыта, он дает завышенную оценку согласия.

Критерием χ^2 пользуются при большом объеме наблюдений и, в силу его универсальности, при проверке многопараметрических распределений [1].

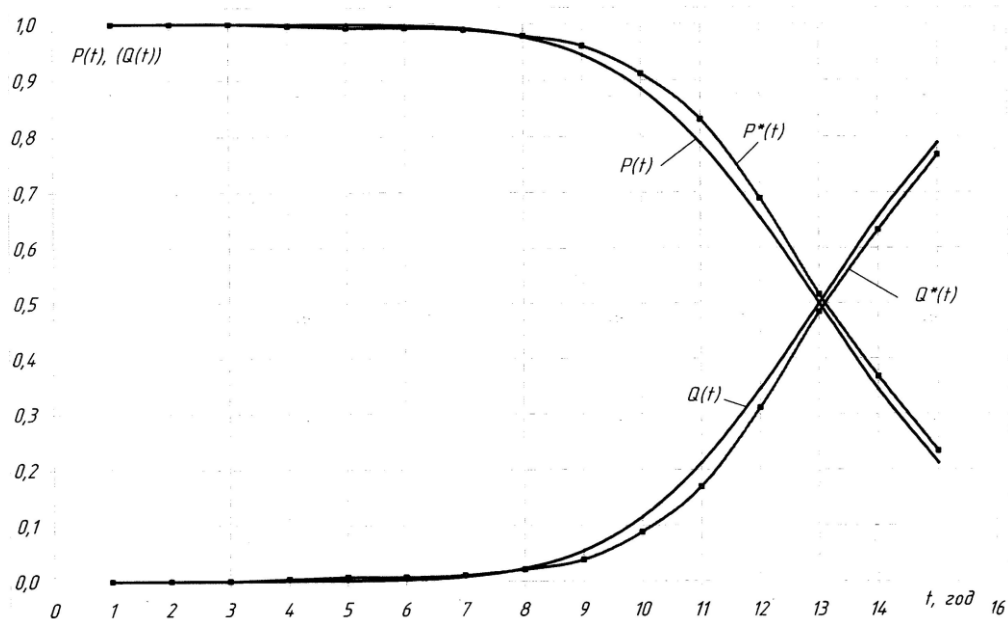
Критерий ω^2 , при котором расхождение между эмпирической и статической функциями распределения измеряется максимумом абсолютного значения разности этих функций, а сам критерий вычисляется как сумма взвешенных квадратов разностей, используется при малом числе наблюдений в области верхних и нижних значений случайной величины.

Проверим гипотезу о нормальном распределении наработки на отказ автоматического выключателя серии ВА-51. По (6) определим максимальное расхождение между теоретическими и опытными данными (табл. 2). По выражению (7) определим значение случайной величины y_n . По найденным значениям случайной величины y_n определим значение функции $p(y)$, используя линейную интерполяцию (табл. 3). Из результатов вычислений следует, что вероятность безотказной работы 0,827 достаточно велика и позволяет считать отклонение случайным, а гипотезу о нормальном законе распределения – не противоречащей полученным данным.

Проверка гипотезы по критерию Колмогорова
для автоматического выключателя серии ВА-51

Год, t	Теоретическая вероятность отказа, $Q(t)$	Статическая вероятность отказа, $Q^*(t)$	Расхождение, $D_n = Q^*(t) - Q(t) $	Случайная величина, $y_n = D_n \sqrt{n}$	Значение функции, $p(y_n)$
1	0,000	0,000	0,000	0,000	—
2					—
3					—
4	0,001	0,004	0,003	0,037	—
5		0,007	0,006	0,089	—
6	0,003	0,007	0,004	0,060	—
7	0,008	0,011	0,003	0,038	—
8	0,023	0,021	0,002	0,026	—
9	0,055	0,039	0,016	0,238	—
10	0,115	0,088	0,027	0,393	—
11	0,212	0,170	0,042	0,624	0,827
12	0,345	0,311	0,034	0,502	—
13	0,500	0,484	0,016	0,234	—
14	0,656	0,633	0,023	0,346	—
15	0,788	0,767	0,021	0,313	—

В результате исследования установлено, что графики экспериментальных зависимостей вероятности безотказной работы (вероятности отказа), полученные на основании обработки статистической информации по электрооборудованию действующих предприятий, имеют хорошую сходимость с теоретической кривой, что подтверждается соответствующими критериями согласия.



Теоретическая и статистическая вероятности безотказной работы (отказа)
автоматического выключателя серии ВА-51

Таким образом, в результате обработки экспериментальных наблюдений эксплуатационных режимов электрооборудования (категория применения АС-4, АС-22; коэффициент загрузки в пределах 0,43–1,20 получены данные о вероятности безотказной работы автоматических выключателей. Примечательно, что параметры надежности находятся в пределах, нормируемых ГОСТ для автоматических выключателей (P не ниже 0,8 после 10 лет эксплуатации).

Полученные зависимости позволяют прогнозировать изменение технического состояния электрооборудования электрических сетей и своевременно принимать меры и корректировать сроки проведения осмотров и планово-предупредительных ремонтов соответствующего оборудования.

Источники

1. Колемаев В.А., Калинина В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 352 с.

2. ГОСТ Р 50.1.037-2002. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. Часть II. Непараметрические критерии. М.: Изд-во стандартов, 2002. 66 с.

УДК 681.128.8

ВИБРАЦИОННО-АМПЛИТУДНЫЙ ДАТЧИК ПЛОТНОСТИ

Тургай Килим оглы Гусейнов,

СГУ, г. Сумгаит, Республика Азербайджан

huseynovturgay@mail.ru

Работа посвящена разрабатываемому вибрационно-амплитудному датчику плотности суспензий. Описывается форма легко настраиваемого в резонанс трубчатого резонатора, которая была синтезирована с использованием метода эвристического синтеза. Приводятся основные расчетные соотношения для расчета резонатора, градуировочная характеристика и результаты экспериментальных исследований действующего макета датчика.

Ключевые слова: вибрационно-амплитудный датчик, суспензия, резонатор, настройка, резонанс.

VIBRATION AMPLITUDE SENSOR OF DENSITY

Turgay Kilim oglu Huseynov

The paper is devoted to the vibration-amplitude sensor of the suspension density. Easily adjustable to the resonance form of a tubular resonator that was synthesized using the heuristic synthesis method that is described. The basic calculation expressions for the calculation of the resonator, the calibration characteristic and the results of experimental studies of the sensor layout are given.

Key words: vibration-amplitude sensor, suspension, resonator, adjustable, resonance.

В топливно-энергетическом комплексе при проведении учетно-расчетных операций и слежении за ходом технологических процессов находят применение автоматические измерители плотности на потоке (плотномеры), в основу которых положены различные принципы действия [1]. При этом для работы с чистыми жидкостями наибольшее распространение получили вибрационно-частотные [2], а загрязненными жидкостями и суспензиями – весовые плотномеры [3].

В Сумгайтском государственном университете ведутся работы по разработке вибрационно-амплитудного датчика загрязненных жидкостей и суспензий. Необходимость такой разработки обусловлена наличием существенных недостатков весовых плотномеров, а именно сложностью изготовления и эксплуатации.

Для объяснения принципа действия вибрационно-амплитудного плотномера обратимся к его обобщенной схеме на рис. 1.

В общем случае чувствительным элементом вибрационно-амплитудного датчика служит отрезок трубы (резонатор) 1 (рис.1), жестко закрепленный на концах в жестких опорах 2, установленных на массивном основании 3. Трубка приводится в режим вынужденных колебаний с помощью возбудителя 4, который устанавливается под трубкой на равном расстоянии от опор.

Амплитуда колебаний определяется преобразователем 5, выход которого подключается к регистрирующему устройству (вольтметру) 6. В качестве возбудителя и приемника колебаний как правило используются электромагнитные преобразователи. При этом возбудитель колебаний питается от электрической сети переменного тока промышленной частоты, т. е. трубка совершает вынужденные колебания с частотой 100 Гц.

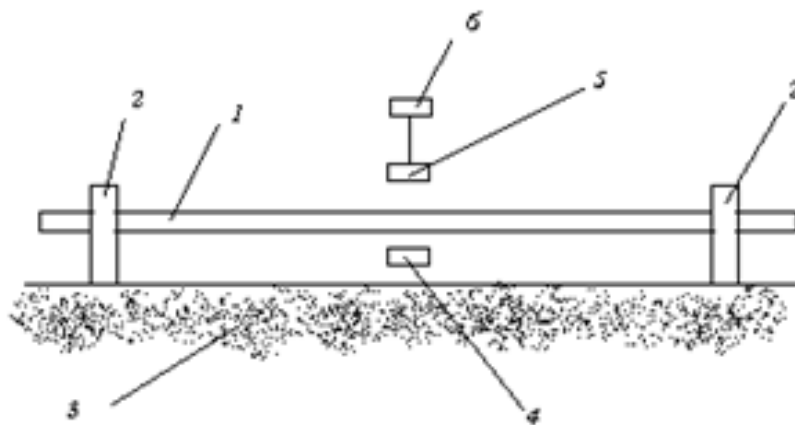


Рис. 1. Структурная схема вибрационно-амплитудного плотномера

Перед проведением измерений производится настройка плотномера, сущность которой заключается в следующем. Резонатор заполняется эталонной жидкостью и путем изменения длины колеблющейся части добиваются достижения механического резонанса. Вольтметр фиксирует максимальное значение напряжения на выходе приемника колебаний. Теперь при прохождении через плотномер жидкостей с отличной плотностью вольтметр будет фиксировать меньшие значения напряжений.

Так как рабочим режимом резонатора является околорезонансная область, то точность преобразования вибрационно-амплитудного датчика определяется точностью настройки резонатора в резонанс, а также добротностью его механической колебательной системы.

Недостатком известных конструкций вибрационно-амплитудных плотномеров является неприемлемая для производства сложность настройки механической колебательной системы в резонанс, а также уменьшение ее добротности из-за смятий в местах закреплений трубки в результате частых разборок и сборок опор во время поиска состояния резонанса. В связи с этим нами была поставлена и решена задача синтеза трубчатого резонатора, легко настраиваемого в резонанс.

Синтез был проведен с помощью метода эвристических приемов [4], согласно которому процесс решения задачи состоит из пяти последовательных этапов:

1. Постановка задачи технического творчества.
2. Выбор подходящих приемов на основе анализа недостатков и дефектов прототипа и противоречий его развития.
3. Преобразование прототипа с помощью выбранных приемов и формирование нескольких новых технических решений.
4. Анализ новых технических решений относительно осуществимости и степени эффективности использования.

В результате проведенного анализа были сделаны следующие выводы:

- в качестве прототипа резонатора вибрационно-амплитудного плотномера суспензий целесообразно взять прямую трубку, жестко закрепленную на концах в опорах;
- для настройки в резонанс механической колебательной системы наиболее приемлемым для серийного производства является использование сменных подвижных грузов (точечных масс);

- для повышения добротности механической колебательной системы с целью подавления второй моды точечные массы необходимо расположить в районе пучностей.

С учетом вышесказанного была получена следующая схема резонатора (рис. 2).

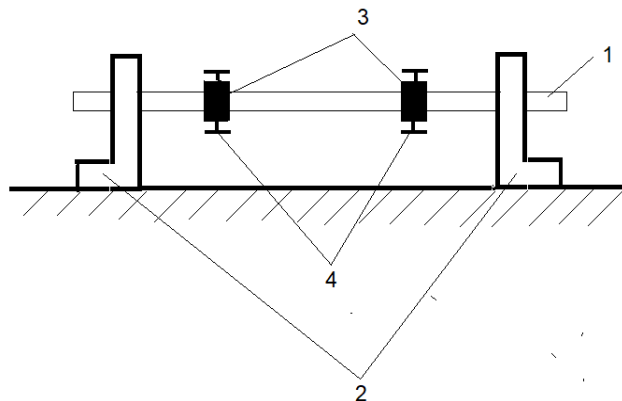


Рис. 2. Форма резонатора рациональной конструкции

Резонатор представляет собой прямую трубку 1, жестко закрепленную в опорах 2. В узлах пучности второй основной формы симметрично относительно вертикальной оси симметрии крепятся одинаковые точечные массы 3, в каждую из которых ввинчены противоположно расположенные винты одинаковой длины, а следовательно, и массы.

Настройка в резонанс системы осуществляется в два этапа. На первом этапе расчетным путем определяется длина заземленной части резонатора, заполненного эталонной жидкостью, соответствующей нижнему пределу измерения. При этом расчет ведется для точечных масс при отсутствии винтов и обеспечения резонанса при частоте $100 \text{ Гц} < f < 105 \text{ Гц}$. Далее путем ввинчивания винтов различных длин последовательным приближением добиваются установления резонанса при $f = 100 \text{ Гц}$. Выбор рабочей частоты, равной 100 Гц, преследует две цели: обеспечение инвариантности к наличию твердой фазы в жидкости (при такой частоте жидкость с твердыми включениями ведет себя как единое целое) и упрощение системы возбуждения за счет отсутствия необходимости в преобразователе частоты, так как в данном случае электромагнитный возбудитель питается переменным напряжением с частотой, равной частоте промышленной сети.

С использованием метода электромеханических аналогий и применением программы EWB нами был проведен качественный анализ синтезированной конструкции резонатора [5], который подтвердил возможность повышения добротности механической колебательной системы резонатора за счет введения точечных масс в исходную конструкцию.

Для определения расчетных соотношений вновь синтезированного трубчатого резонатора нами было составлено и решено дифференциальное уравнение, описывающее собственные колебания жестко заземленной на концах трубки с жидкостью с точечными массами, расположенными симметрично относительно вертикальной оси симметрии [6]:

$$f = \frac{v^2}{2\pi} \sqrt{\frac{EJ}{m_j + m_t}}, \quad (1)$$

где f – частота собственных колебаний трубки с жидкостью; E – модуль упругости материала трубки; J – инерции поперечного сечения трубки; m_j и m_t – соответственно массы единицы длины жидкости и трубки; v – корень трансцендентного уравнения:

$$A(vl_2) - 2A(vl_2)D(vl_1)\alpha\beta - (A(vl_1)A(vl_2) + D(vl_1)S(vl_2)) + \\ + (D(vl_1)C(vl_2) - B(vl_1)A(vl_2))\beta = 0, \quad (2)$$

где $A(vx)$, $B(vx)$, $C(vx)$, $D(vx)$ и $S(vx)$ – функции Прагера и Гогенемзера [7]; l – половина длины резонатора; l_1 – расстояние от места заземления трубки до точечной массы; l_2 – расстояние от точечной массы до середины трубки; $\alpha = \frac{I_m v^3}{m_m}$; I_m – момент инерции точечной

массы; m_m – масса точечной массы; $\beta = \frac{m_m}{2m} v$; $m = m_j + m_t$.

С целью получения градуировочной характеристики нами была исследована линейная модель резонатора [8]. В результате исследования было определено, что градуировочная характеристика вибрационно-амплитудного плотномера представляет собой гиперболическую зависимость:

$$\rho = \frac{C_1}{A} + C_2, \quad (3)$$

где ρ – плотность измеряемой жидкости; A – амплитуда колебаний резонатора; C_1 и C_2 – постоянные, определяемые экспериментальным путем.

На практике C_1 и C_2 легко определяются путем решения следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} \rho_1 = \frac{C_1}{A_1} + C_2; \\ \rho_2 = \frac{C_1}{A_2} + C_2, \end{cases} \quad (4)$$

где A_1 и A_2 – измеренные значения амплитуд колебаний резонатора, заполненных соответственно жидкостями с плотностями ρ_1 и ρ_2 . В качестве эталонных целесообразно брать жидкости с плотностями нижнего и верхнего пределов измерений.

С целью подтверждения результатов теоретических исследований нами была разработана действующая модель вибрационно-амплитудного датчика, общий вид которого показан на рис. 3.



Рис. 3. Общий вид действующего макета вибрационно-амплитудного датчика плотности суспензий

Результаты экспериментов показали хорошее согласование с теоретическими данными.

Для нахождения коэффициентов C_1 и C_2 в качестве эталонных жидкостей нами были использованы дистиллированная вода плотностью $\rho_1 = 998,23 \text{ кг/м}^3$ и глицерин плотностью $\rho_2 = 1261 \text{ кг/м}^3$. В результате проведенных измерений была получена следующая градуировочная характеристика плотномера:

$$\rho = \frac{0,56}{U} + 0,879.$$

Относительная погрешность измерения плотности датчика не превысила 1 %.

Источники

1. Ситников А.В., Ишинбаев Н.А. Плотномеры жидкости и газа // Проблемы автоматизации технологических процессов добычи, транспорта и переработки нефти и газа // Сб. тр. IV Всерос. заоч. науч.-практ. интернет-конф. Уфа, 2016. С. 78–89.
2. Жуков Ю.П. Вибрационные плотномеры. М: Энергоатомиздат, 1991. 144 с.
3. Кузнецов В. А. Тестовый метод повышения точности измерения плотности проточным плотномером // Вестник Самарского государственного технического университета. 2014. № 1(41). С. 50–55. (Сер. «Технические Науки»).
4. Иванов В.В. Эвристические модели в машиностроении: монография. Одесса: АО Бахва, 2012. 268 с.
5. Гусейнов Т.К., Абдулова Н.А. Синтез высокочастотного механического резонатора с помощью электромеханических аналогий // *Materialy Miedzynarodowej Naukowej Praktycznej Konferencji “Perspektywne Opracowania Sa Nauka I Technikami – 2011”*. Vol. 54, Przemysl, Nauka I studia, 201. P. 63–66.
6. Гусейнов Т.К., Абдулова Н.А. Однотрубный резонатор с точечными массами для вибрационно-амплитудного плотномера жидкости // Современные технологии в нефтегазовом деле: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. Уфа, 2017. Т. 2. С. 122–126.
7. Бабаков И.М. Теория колебаний. М.: Наука, 1968. С. 200–204.
8. Гусейнов Т.К., Абдулова Н.А. Градуировочная характеристика вибрационно-амплитудного плотномера жидкости // Системы управления и информационные технологии. 2018. № 3(73). С. 79–81.

УДК 628.9:614

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК LED-ЛАМП

Алина Ренатовна Денисова¹, Диляра Рамилевна Хайруллина²,

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹denisova_ar@mail.ru, ²hajliliya@mail.ru

В работе рассматриваются основные светотехнические характеристики LED-ламп, анализируется их соответствие существующим нормам, а также наносимый вред здоровью.

Ключевые слова: LED-лампа, люминофор, синий спектр, источники света, пульсация светового потока, УФ-излучение.

DETERMINATION OF THE MAIN LIGHTING CHARACTERISTICS OF LED LAMPS

Alina Renatovna Denisova, Dilyara Ramilevna Khairullina

The paper deals with the main lighting characteristics of LED-lamps, analyzes their compliance with existing standards, as well as harm to health.

Key words: LED-lamp, phosphor, blue spectrum, light sources, pulsation of light flux, UV radiation.

Массовое внедрение светодиодных (LED) ламп повышает актуальность требований к качеству создаваемого ими освещения [1]. Отмечая их наибольшую экономичность и долговечность [2, 3], эксперты указывают на существенные недостатки, такие как избыток синей составляющей спектра, пульсации светового потока и другие.

Сегодня подавляющее большинство излучающих белый свет LED изготавливаются на основе ультрафиолетового или синего светодиода с люминофором, поскольку является наиболее дешевой технологией. Избыток синего света в спектре таких ламп обусловлен использованием некачественного люминофорного покрытия (ведь в самом деле, УФ-излучение люминесцентных ламп с помощью люминофора полностью превращается в белый свет). Со временем, при повышенной температуре, большинство люминофоров теряют свои свойства (стареют), что приводит к усилению синей составляющей в спектре светодиодных ламп в процессе их эксплуатации. При этом выгорание люминофора совершается существенно быстрее, нежели деградирование самого LED.

В целях исследования, для определения параметров светоотдачи, силы тока, коэффициентов пульсаций и мощности, были изучены LED-лампы типа «кукуруза» (рис. 1) «теплого» света ($T = 3500$ K) от разных производителей. Данный выбор обусловлен тем, что лампы с матовой колбой, при прочих равных условиях, имеют наименьшую светоотдачу из-за поглощения части светового потока колбой. Кроме того, со временем прозрачность пластика колбы уменьшается, что приводит к уменьшению светового потока в процессе эксплуатации. Но хуже всего то, что наличие колбы увеличивает температуру функционирующих LED, что значительно ускоряет процесс старения люминофора. Еще колба – дополнительный вес. Исходя из вышеперечисленного, можно сделать вывод, что для LED-ламп внешняя колба – не только лишняя, но и, безусловно, вредный элемент в конструкции, если не считать, что она защищает от поражения электрическим током. Формирование светового потока осуществляет светильник [4], помимо этого, создаваемый многими LED световой поток будет более равномерный, чем у лампы накаливания с матовой колбой.



Рис. 1. LED-лампа типа кукуруза

В табл. 1 представлена зависимость светового потока LED-ламп четырех производителей от времени эксплуатации. Данные приведены в процентах от первоначального значения согласно требованиям нормативных документов [7].

Таблица 1

Зависимость светового потока LED-ламп четырех производителей от времени эксплуатации

Торговая марка	Страна-производитель	Световой поток, %						
		0	100	300	500	750	1000	1500
Opta	Китай	100	98	102	106	105	105	106
Cree	Китай	100	105	106	110	109	109	107
Ledlumen	Польша	100	97	97	102	99	101	99
Marsing	ЮАР	100	100	102	104	105	105	107
Время эксплуатации, часов		0	100	300	500	750	1000	1500

Из табл. 1 следует, что на протяжении 1500 ч. эксплуатации световой поток в пределах погрешности не изменяется. При сравнении с декларируемым производителями сроком службы LED-ламп, это довольно небольшой промежуток времени.

Коэффициент пульсаций светового потока считается одним из важных параметров источников света, максимальное значение которого ограничивается нормами [4]. А для большинства видов зрительных работ его значение не должно превышать 10 – 20 % [6], так как пагубно сказывается на здоровье окружающих – приводит к повышению утомляемости, вызывает головную боль, ухудшает концентрацию внимания, а в помещениях с вращающимися деталями может вызывать довольно опасный стробоскопический эффект.

На рис. 2, *а*, *б* представлены зависимости светового потока LED-ламп от времени для торговых марок Сгее и Opta, а рассчитанные значения приведены в табл. 2.

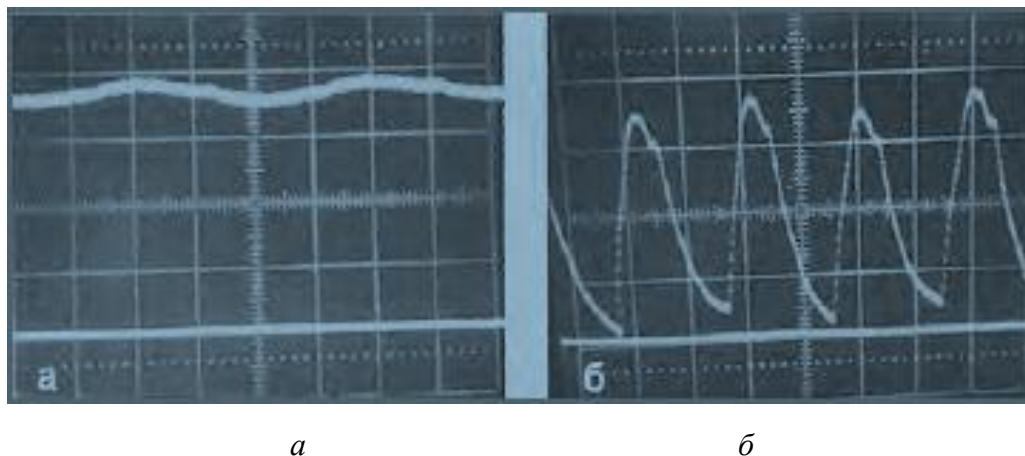


Рис. 2. Зависимости светового потока LED-ламп от времени для торговых марок «Сгее» и «Opta» с наименьшим (*а*) и наибольшим (*б*) значениями

Таблица 2

Рассчитанные значения коэффициентов пульсаций

Торговая марка	Страна-производитель	Коэффициент пульсаций, %
Opta	Китай	2
Ledlumen	Польша	80
Сгее	Китай	80
Daiwl	Китай	12
Marsing	ЮАР	50

Как следует из приведенных данных табл. 2, кроме ламп торговой марки Opta и Daiwl, коэффициент пульсаций других исследованных светодиодных ламп превышает допустимый уровень, и, согласно нормам, они не могут применяться для освещения. Более того, этих ламп даже больше, чем люминесцентных ламп с электромагнитными пускорегулирующими аппаратами, которые запрещены к использованию в некоторых странах [4]. Завышенные значения объясняются недостаточной емкостью конденсатора фильтра в схеме источника питания ламп. Так, у ламп торговых марок Сгее и Marsing, она составляет 4,7 мкФ. Лампа Opta имеет довольно удлиненный корпус (рис. 1), в котором размещается блок питания и конденсатор. Как известно, электролитические конденсаторы большой емкости имеют относительно большие размеры, поэтому можно наглядно оценить по внешнему виду лампы.

Таким образом, поскольку практически вся продукция известных фирм, таких как Philips, LG и др., представленная на нашем рынке, изготавливается в Китае, говорить об их высоком качестве и соответствии международным нормам можно лишь с определенной степенью вероятности. Исходя из исследований, наилучшими параметрами обладает китайская лампа торговой марки Opla. Аналогично, полное отсутствие контроля качества электротехнической продукции, в частности LED-ламп, отсутствие объективной информации приводит к заполнению нашего рынка некачественной продукцией недобросовестных производителей, наносит вред как экономике, так и населению и снижает ожидаемый позитивный эффект от внедрения этих безусловно наиболее перспективных и экономичных источников света.

Источники

1. URL: <http://www.svetotekhnika.ru/businessnews-3>.
2. Кравченко А. Энергосбережение в системах освещения // Электрик. 2014. № 6. С. 8–11.
3. Семенов А. Светодиодное освещение для зданий и улиц // Электрик. 2015. № 1–2. С. 18–23.
4. Кузнецов Я. Реальные достоинства и недостатки светодиодных ламп, выявленные опытным путем. URL: <http://elektrik.info/main/voprosy/>
5. Панов Д.Ю., Денисова А.Р. Программа повышения энергоэффективности административных зданий // Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции АПЭКС, 2017.
6. Панов Д.Ю., Денисова А.Р. Исследование энергоэффективных мероприятий в административных учреждениях // Интеллектуальный научный потенциал XXI века. НИЦ «МИР НАУКИ». Минск, 2017.
7. Фетисов Л.В., Игнатъев А.Г., Хазиев Р.Р. Разработка энергосберегающих мероприятий в сфере жилищно-коммунального хозяйства // Новите постижения на Европейската наука – 2014: матер. за X Междунар. науч.-практ. конф. София, 2014. Т. 22. С. 24–27.
8. Панов Д.Ю., Денисова А.Р. Разработка мероприятий по энергосбережению в административных учреждениях // II Поволжская науч.-практ. конф. Казань, 2016.
9. Фетисов Л.В., Ахметова О.В., Новицкий И.Д. Оптимизация систем освещения промышленных предприятий // Образование и наука на XXI век – 2014: матер. за X Междунар. науч.-практ. конф. София, 2014. Т. 12. С. 28–29.

АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСЕТИ ПИТАНИЯ ЖИЛОГО ДОМА

Сергей Сергеевич Десяев¹, Александр Вениаминович Карасёв²

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск

¹serga_des@mail.ru, ²karasevav@list.ru

В статье представлены основные аспекты выбора буферного накопителя электроэнергии, а также модель построения системы питания жилого дома от солнечной батареи и аккумуляторной батареи с модулем балансировки заряда, выполненная в среде Matlab/Simulink. Представлены результаты выравнивания заряда четырех последовательно соединённых аккумуляторных ячеек.

Ключевые слова: модель, аккумуляторная батарея, выравнивание напряжения, работоспособность батареи.

ACCUMULATOR BATTERIES IN THE COMPOSITION OF THE ELECTRIC NETWORK POWER SUPPLY SYSTEM

Sergey Sergeevich Desyayev, Alexander Veniaminovich Karasev

The article presents the main aspects of the choice of a buffer electricity store as well as a model for building a power supply system for a residential building from a solar battery, and a rechargeable battery with a charge balancing module, a model made in MatLab/Simulink environment. The results of the equalization of the charge of four series-connected battery cells are presented.

Key words: model, battery, voltage equalization, battery performance

Обеспечение бесперебойного электропитания потребителей является актуальной задачей. Одним из способов решения данной проблемы является применение альтернативных источников энергии и буферных накопителей энергии.

При определении типа накопителя энергии необходимо учитывать его мощность разряда. Мощность разряда накопителя при зарядке аккумулятора потребителя:

$$P_{p.n} = \frac{C_n}{T_p}, \quad (1)$$

где C_n – емкость накопителя, А·ч; T_p – время разряда, ч.

Ток разряда накопителя:

$$I_{p.n} = \frac{P_{p.n}}{U_n}, \quad (2)$$

где U_n – номинальное напряжение накопителя, В.

Одним из важнейших параметров электрохимических накопителей является максимальный и рекомендуемый ток разряда в постоянном и импульсном режимах в величинах. В этом случае допустимый разрядный

ток можно определить как произведение кратности разрядного тока (КРТ) к емкости накопителя, которая указывается в паспортных данных аккумулятора и емкости накопителя (C_H):

$$I_p = \text{КРТ} \cdot C_H. \quad (3)$$

Для обеспечения нормальной работы аккумулятора необходимо, чтобы расчетный ток разряда накопителя был не больше допустимого по паспорту разрядного тока:

$$I_{p.H} \leq I_p. \quad (4)$$

Если расчетный ток разряда накопителя больше допустимого, то емкость накопителя необходимо увеличивать до тех пор, пока не будет выполнено условие (4), что неизбежно приводит к росту массогабаритных показателей и стоимости. Образующаяся при этом избыточность емкости накопителя имеет определенный положительный эффект: степень разряда накопителя уменьшается, что приводит к росту количества циклов заряд-разряда и увеличивает срок эксплуатации, что несколько (или полностью) компенсирует дополнительные затраты.

У многих типов накопителей существуют ограничения по максимальному току заряда, поэтому при выборе конкретного типа накопителя их необходимо учитывать так же, как и разрядные характеристики, и при необходимости увеличивать емкость накопителя.

Среди аккумуляторных батарей наибольшую популярность получили свинцово-кислотные аккумуляторы, которые обладают наименьшей стоимостью по сравнению с другими. Но в последние годы увеличивается и число аккумуляторов на основе лития.

Для увеличения напряжения батарей аккумуляторные ячейки соединяют последовательно.

Для исследования процессов, происходящих в момент переключения работы от сети на получение энергии от АБ, используем модель, приведенную на рис. 1.

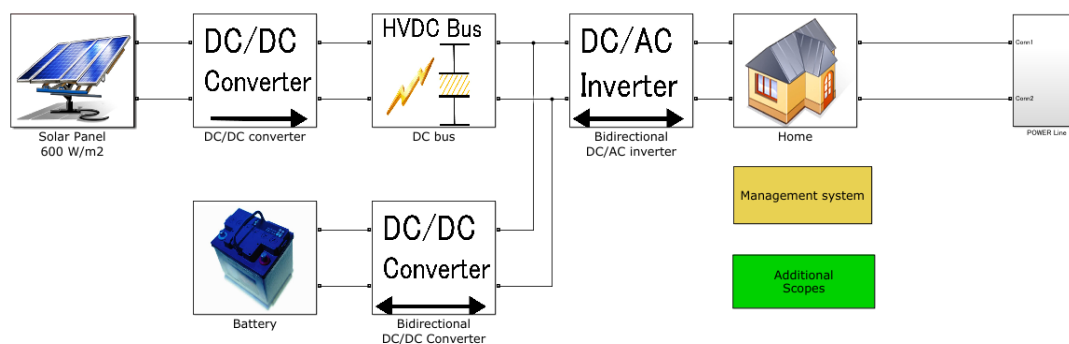


Рис. 1. Модель питания жилого дома

Модель состоит из блока солнечных батарей, подключённого к повышающему преобразователю постоянного напряжения для приведения напряжения к требуемому уровню; преобразователя постоянного тока, подключенного от аккумуляторной батареи, который выполняет двойную роль. Модуль DC Bus характеризует сопротивление, индуктивность и емкость линии постоянного напряжения. Инвертор, подключённый к шине постоянного тока, позволяет преобразовывать постоянное напряжение в переменное.

При эксплуатации электрохимических накопителей энергии, состоящих из групп последовательно соединенных аккумуляторных ячеек, возникает разброс параметров отдельных элементов, негативно влияющий на энергетические характеристики и срок службы всей аккумуляторной батареи (АБ) [1]. Причиной возникновения разброса значений этих параметров являются индивидуальные особенности аккумуляторов, входящих в ее состав [2, 3].

Для компенсации разброса параметров отдельных ячеек в состав АБ включаются системы выравнивания заряда между ячейками. На рис. 2 приведена топология конденсаторной балансировки [2].

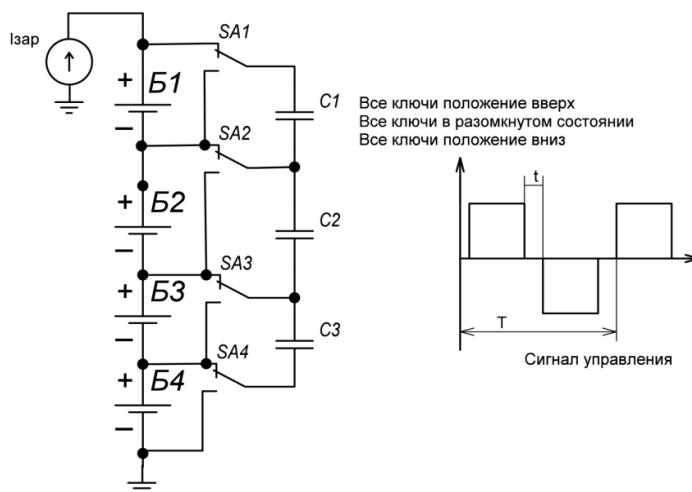


Рис. 2. Схема балансировки подключаемыми конденсаторами

Подсистема балансировки (рис. 3) выполняет две функции по поиску максимального и минимального значений напряжений аккумуляторов, вычисления разницы между ними. Если разница меньше 0,1 вольт, то система с помощью flip-flop-триггера формирует сигнал на отключение балансирующих устройств. На вход 5 данной подсистемы поступает сигнал о достижении максимального напряжения. В результате система балансировки производит отключение балансирующих модулей только при максимальном заряде или при разряде АБ.

Для моделирования работы системы балансировки в состав аккумуляторной батареи были включены модули, изображенные на рис. 2.

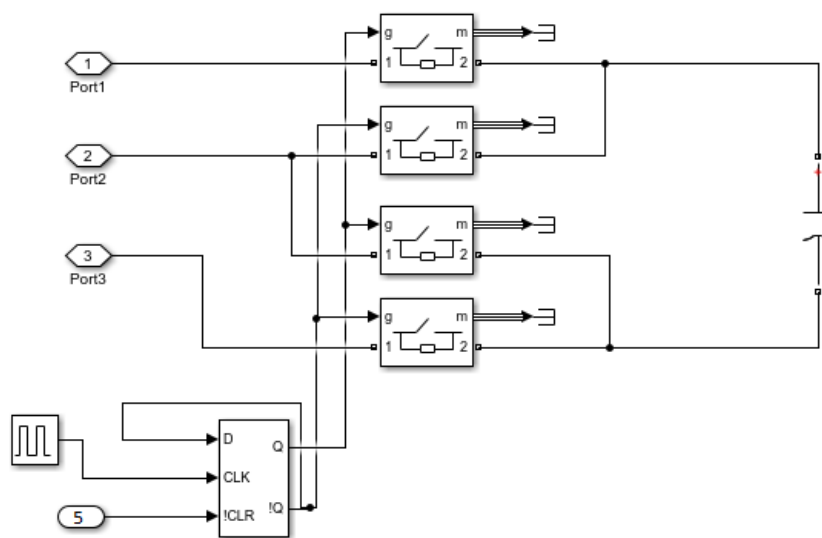


Рис. 3. Подсистема балансировки

Подсистема балансировки (рис. 3) подключается к двум аккумуляторам с помощью портов 1-3. Ключи 1–4 (нумерация сверху) коммутируют конденсатор таким образом, чтобы он поочередно подключался к каждому аккумулятору, соблюдая полярность. Емкость конденсатора составляет $50F$ при первоначальном напряжении 4 В . Одновременно коммутируются 1 и 3, для подключения конденсатора к батарее, подключённой между портами 1 и 2, ключи 2 и 4 коммутируют конденсаторы к батарее, подключённой к порту 2 и 3. D-триггер с обратной связью формирует управляющие сигналы для ключей 1–4. Частота коммутации зависит от параметров пульс генератора.

На рис. 4, 5 представлены результаты моделирования этапа заряда-разряда для четырех последовательно соединенных литий-ионных ячеек при выключенном и включенном балансирующем модуле, соответственно.

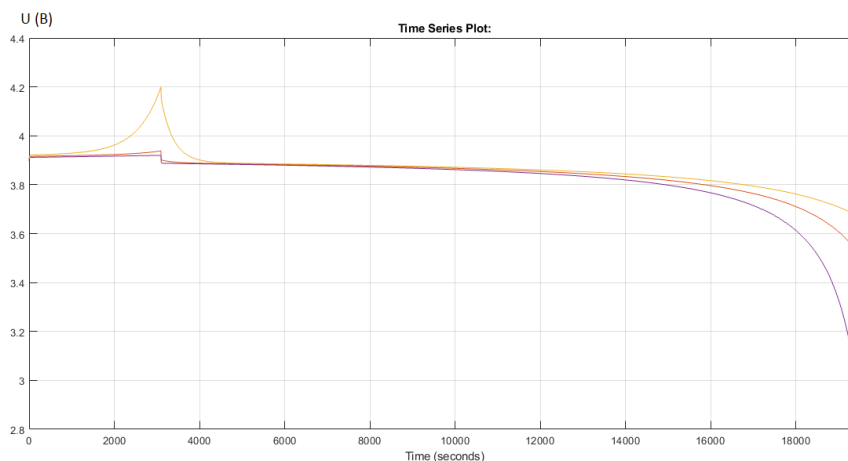


Рис. 4. Напряжение при выключенном балансирующем модуле и режиме заряд-разряд

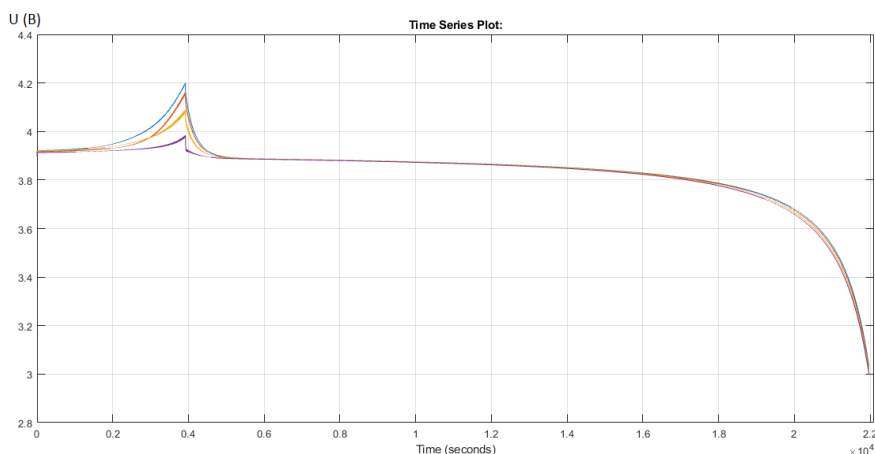


Рис. 5. Напряжение при включенном балансирующем устройстве и режиме заряд-разряд

В результате моделирования режима заряда-разряда литий-ионной батареи можно сделать вывод, что применение балансирующего устройства позволяет продлить время разряда при незначительном увеличении времени заряда. Следует заметить, что применение систем балансировки является обязательным условием использования литий-ионных батарей, так как такой аккумулятор может взорваться при его перезаряде. Применение балансирующих модулей также актуально и для свинцово-кислотных АБ. Хотя для них не так губительно воздействие перенапряжения, выравнивание заряда позволит компенсировать деградационные процессы отдельных аккумуляторных ячеек и повысить ремонтпригодность АБ.

Статья подготовлена как часть прикладных исследований (ПНИ) в соответствии с Соглашением о предоставлении субсидии №. 14.574.21.0143 с Министерством образования и науки Российской Федерации. Идентификатор Соглашения (ПНИ) RFMEFI57417X0143.

Источники

1. Аносов В.Н. Методы и средства повышения эффективности систем тягового электропривода автономных транспортных средств: дис. ... канд. тех. наук. Новосибирск, 2009.
2. Проблема мониторинга и балансировки аккумуляторных батарей транспортных средств / А.П. Иншаков [и др.] // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 1. С. 40–49.
3. Гусев Ю.П. Аккумуляторные батареи для систем оперативного постоянного тока подстанций ЕНЭС // Энергоэксперт. 2009. № 4. С. 24–28.
4. Десяев С.С. Системы мониторинга стационарных аккумуляторных батарей // Новый университет. 2013. № 7. С. 33–36. (Сер. «Технические науки»).

ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ ПРОЛИВНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО СТЕНДА

Елена Александровна Муравьева¹, Эльза Рашитовна Еникеева²

ФГБОУ ВО «УГНТУ», филиал г. Стерлитамак, Республика Башкортостан
¹muraveva_ea@mail.ru, ²elza.enikeeva@mail.ru

Статья посвящена разработке модели проливного динамического стенда с применением частотно-регулируемого электропривода на базе высокоточных измерительных приборов KROHNE.

Высокоинтеллектуальные приборы позволяют более точно произвести подбор необходимого количества сырья и других исходных компонентов, вести технологический регламент, поддерживать на заданном уровне необходимые технологические параметры. Все это приведет к повышению объемов готовой продукции, снижению отходов производства, расходов на утилизацию отходов и снижению энергозатрат за счет более точного ведения технологических режимов и процесса в целом.

С помощью модели проливного динамического стенда были проведены исследования, связанные со сравнением технологических показателей при внедрении частотно-регулируемого привода по отношению к нерегулируемому приводу. Сняты следующие показания приборов: выходная частота автоматического инвертора напряжения, потребляемый им ток, напряжение питания, значения расходов электромагнитного и массового расходов.

Проведенные исследования с нерегулируемым и регулируемым приводами в зависимости от потребляемой мощности, которая зависит от расхода, показали, что можно получить экономию мощности от 34 до 75 %.

Ключевые слова: проливной динамический стенд, поверка, высокоточные измерительные приборы KROHNE, частотный преобразователь Altivar-312, нерегулируемый и частотно-регулируемый привод.

APPLICATION OF A FREQUENCY-ADJUSTABLE ELECTRIC DRIVE TO DEVELOP A MODEL OF A TORRENTIAL DYNAMIC STAND

Elena Alexandrovna Muravyeva, Elza Rashitovna Enikeeva

The article is devoted to the development of a model of a torrential dynamic stand using a variable frequency drive based on high-precision measuring instruments KROHNE.

Highly intelligent devices make it possible to more accurately select the necessary quantity of raw materials and other source components, to maintain process regulations, to maintain the required technological parameters at a given level. All this will lead to an increase in finished products, reduction of production waste, waste disposal costs and reduction of energy consumption due to more accurate management of process conditions and the process as a whole.

With the help of a model of a pouring dynamic stand, studies have been carried out related to the comparison of technological indicators during the introduction of a frequency-controlled drive with respect to an unregulated drive. The following instrument readings were taken: the output frequency of the automatic voltage inverter, the current consumed by it, the supply voltage, the values of the electromagnetic and mass flow meters.

Studies with unregulated and adjustable drives, depending on the power consumption, which depends on the flow, showed that it is possible to obtain power savings from 34 to 75 %.

Key words: torrential dynamic stands, checking, precision instruments KROHNE, variable speed controller (VSC) Altivar-312, unregulated and variable frequency drives.

Современный рынок средств измерений развивается очень динамично. Однако у конечных потребителей и пользователей нет полного объема информации о представленных на рынке современных контрольно-измерительных приборах и средствах автоматизации, так как данный рынок имеет узкую специализацию.

В настоящее время приходится работать при проведении поверки с проливными стендами, которые являются статическими и имеют устаревшие приборы, а системы автоматизации на них практически отсутствуют или очень слабо развиты. В связи с этим, возникла необходимость в создании данной установки [5].

В данной работе предлагается разработать динамический проливной стенд для более точного проведения поверочных работ. Это стало возможным после подбора и внедрения высокоинтеллектуальных приборов от компании KROHNE, в частности с применением кориолисового расходомера, у которого класс точности 0,1 (погрешность 0,1 % по массе) и частотно-регулируемого привода для управления насосом с возможностью стабилизации давления жидкости в системе. Автоматизированная система управления стендом разработана на основе SCADA-системы.

Высокоинтеллектуальные приборы позволяют более точно произвести подбор необходимого количества сырья и других исходных компонентов, вести технологический регламент, поддерживать на заданном уровне необходимые технологические параметры. Все это приведет к повышению объемов готовой продукции, снижению отходов производства, расходов на утилизацию отходов и снижению энергозатрат за счет более точного ведения технологических режимов и процесса в целом [16].

Изучение основ и обучение современным средствам автоматизации и контроля и автоматизированного электропривода позволят ликвидировать недостаток информации в области новых высоко-интеллектуальных измерительных приборов и найти более эффективное применение частотно-регулируемому электроприводу [17].

Благодаря повышению эффективности производства упрощается обслуживание, срок окупаемости инноваций сокращается до 12 месяцев, одновременно с этим повышается качество технологического процесса и увеличивается межповерочный интервал. Преимущество еще и в том, что данный стенд может быть использован как студентами, так и преподавателями для учебных целей и в конечном итоге (после сертификации) для проведения научно-исследовательских и поверочных работ.

Основу стенда составляет частотный преобразователь, при помощи которого осуществляется управление асинхронным двигателем, представляющий собой специальное электронное устройство. На выходе преобразователя формируется необходимое электрическое напряжение, которое имеет переменную амплитуду и частоту, регулирование скорости вращения двигателя осуществляется посредством изменения частоты напряжения, которое подается на двигатель.

Изменение частоты и амплитуды напряжения, которое подается с преобразователя на обмотки статора двигателя, предоставляет предельно плавное регулирование скорости вращения. Однако сильное изменение частоты приводит к небольшому отклонению от расчетного значения пускового и максимального моментов двигателя, а также коэффициента мощности и коэффициента полезного действия (КПД) в конечном итоге. Именно поэтому для поддержания конкретных рабочих характеристик используется технология изменения частоты одновременно с изменениями амплитуды напряжения.

Номинальный коэффициент мощности и общий КПД двигателя практически не изменяется во всем диапазоне регулирования частоты при поддержании постоянной перегрузочной способности двигателя.

Векторное управление позволяет значительно уменьшить диапазон управления и увеличить точность регулирования. Поэтому оно более актуально для быстродействующих приводов, хотя следует отметить, что реализация векторного управления является более дорогостоящей. Однако при помощи векторного управления обеспечивается возможность предельно быстрого изменения вращающего момента.

Управление частотным преобразователем осуществляется с помощью панели управления, которая может быть встроенной или выносной, и различных внешних сигналов. Встроенный вид панели предусматривает использование заданного аналогового сигнала, а команды подаются уже специальными дискретными сигналами.

Обычно преобразователи частоты выбираются по мощности, которая соответствует мощности электродвигателя, однако нужно понимать тот факт, что данное правило является актуальным для оборудования с номинальным количеством оборотов в минуту. При использовании каких-либо других двигателей или же в особых ситуациях выбор частотного преобразователя должен осуществляться в полном соответствии с номинальным выходным током [10].

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором является сегодня самым массовым и надежным устройством для привода различных машин и механизмов. Но у каждой медали есть и обратная сторона.

Два основных недостатка асинхронного двигателя – это невозможность простой регулировки скорости вращения ротора, очень большой пусковой ток – в пять, семь раз превышающий номинальный. Если использовать только механические устройства регулирования, то указанные недостатки приводят к большим энергетическим потерям и ударным механическим нагрузкам. Это крайне отрицательно сказывается на сроке службы оборудования.

В результате исследовательских работ в этом направлении был создан новый класс приборов, позволивший решить эти проблемы не механическим, а электронным способом.

Частотный преобразователь снижает пусковые токи в 4–5 раз. Он обеспечивает плавный пуск асинхронного двигателя и осуществляет управление приводом [12].

Основные преимущества проливного динамического стенда:

- можно плавно менять расход жидкости в заданных пределах с использованием частотно-регулируемого электропривода с помощью заданной программы или вручную;
- показания поверяемых приборов сравниваются с показаниями эталонного прибора визуально и при помощи автоматических регистраторов.

Имеется возможность использования классического проливного метода (перелива жидкости из одной емкости в другую под действием статического давления).

Стенд позволяет проводить лабораторные работы для студентов кафедр, где в программах различных предметов изучаются средства автоматизации и контроля (электропривод и исполнительные устройства, технологические измерения и приборы, технические средства автоматизации, метрология и т. п.).

Частотно-регулируемый электропривод дает ряд существенных преимуществ:

- повышает энергосбережение;
- экономит перекачиваемые средства;
- снижает эксплуатационные затраты;
- приводит к повышению качества производства;
- служит источником информации и звеном современных систем управления технологическими и производственными процессами.

В зависимости от вида производства доля энергозатрат в себестоимости продукции может колебаться от 5 до 30 %.

В настоящее время производственные установки практически всех отраслей промышленности и коммунального хозяйства, по условиям технологических процессов, применяют электродвигатели, мощность которых используется на 65 % от всей потребляемой электроэнергии.

В первую очередь это насосные установки, нагнетательные системы, системы поддержания пластового давления, транспортные системы, а также другие механизмы.

Для обеспечения пиковых нагрузок в настоящее время используются электроприводы с большим запасом по мощности, при этом продолжительность пиковых нагрузок составляет 15–20 % от общего времени работы, это приводит к низкой эффективности использования электроэнергии – до 40 %.

Позволит существенно снизить потребление электроэнергии внедрение частотно-регулируемых электроприводов взамен применяемых в настоящее время нерегулируемых электроприводов или механических и гидравлических устройств (вариаторы, гидроприводы, турбомуфты и индукционные муфты скольжения). По оценкам экспертов это приведет к экономии электроэнергии и будет составлять:

- | | |
|----------------------|----------|
| • насосные установки | 25–30 %; |
| • компрессоры | до 40 %; |
| • вентиляторы | до 30 %; |
| • центрифуги | 30–50 %; |
| • дымососы | 30–80 %. |

Исследования на основе динамического проливного стенда

Динамический проливной стенд включает:

- устройство подачи жидкости (электронасос);
- системы хранения и подготовки жидкости (емкости с объемом 50 л);
- трубную обвязку измерительного участка, комплект установочных приспособлений и фланцевых соединений;
- контрольно-измерительные приборы;
- электромагнитный и массовый расходомеры;
- электромагнитный измеритель скорости потока;
- манометр;
- амперметр;
- частотный преобразователь Altivar 312;
- центробежный электронасос X14-22M.

С помощью предлагаемой модели проливного динамического стенда был проведен ряд исследований, связанных с внедрением частотно регулируемого привода. Были сняты следующие показания приборов: выходная частота автоматического инвертора напряжения, потребляемый им ток, напряжение питания, значения расходов электромагнитного и массового расходомеров [3].

На данном стенде используется частотно-регулируемый электропривод для изменения расхода количества перекачиваемой жидкости. Полученные при этом результаты позволяют наглядно убедиться в его высокой эффективности и экономичности.

Для создания полной картины произведен расчет потребляемой мощности из сети и число оборотов вала насоса, расходов электромагнитного и массового расходомеров.

Так, в начальной стадии работы у нерегулируемого привода потребляемая мощность имеет значение 107,8 Вт. А у регулируемого – 26,4 Вт. Экономия составляет 81,4 Вт, что соответствует 75 % от потребляемой мощности. При средней нагрузке у нерегулируемого привода мощность составляет 107,8 Вт, а у регулируемого 70,4 Вт. Экономия составляет 37,4 Вт. Это соответствует 34 % от потребляемой мощности. При максимальной нагрузке значения мощностей совпадают – 107,8 Вт. Таким образом, сравнивая нерегулируемый и регулируемый приводы в зависимости от потребляемой мощности, которая зависит от расхода, можно получить экономию мощности от 34 до 75 %.

Таким образом, разработанная модель проливного динамического стенда для демонстрации возможностей частотно-регулируемого электропривода на базе преобразователя частоты Altivar-312 и электронасоса X14-22М полностью соответствует поставленным задачам.

Предлагаемая модель стенда позволяет наглядно убедиться в необходимости внедрения частотно-регулируемого электропривода вместо нерегулируемого и связанной с этим экономией электрической энергии. А также произвести сравнение показателей работы регулируемого и нерегулируемого приводов.

Ввиду того, что в современном промышленном производстве более 60 % всей вырабатываемой электрической энергии используется для приведения в действие асинхронных приводов с короткозамкнутым ротором, используемых в насосах и вентиляторах. Применяя частотно-регулируемый привод вместо нерегулируемого можно сэкономить более 20 % всей вырабатываемой электрической энергии.

Источники

1. Муравьева Е.А. Автоматизированное управление промышленными технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов: автореф. ... дис. д-ра техн. наук. Уфа, 2013.
2. Муравьева Е.А., Еникеева Э.Р., Нургалиев Р.Р. Автоматическая система поддержания оптимального уровня жидкости и разработка датчика уровня жидкости // Нефтегазовое дело. 2017. Т. 15, № 2. С. 171–176.
3. Емекеев А.А., Сагдатуллин А.М., Муравьева Е.А. Интеллектуальное логическое управление электроприводом насосной станции // Современные технологии в нефтегазовом деле: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. Уфа, 2014. С. 218–221.
4. Sagdatullin A.M., Emekeev A.A., Muraveva E.A. Intellectual control of oil and gas transportation system by multidimensional fuzzy controllers with precise terms // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 756. С. 633–639.
5. Массомер CORIMASS 10G+ MFM 4085 K/F [Электронный ресурс]. http://cdn.krohne.com/dlc/MA_CORIMASS_G_ru_72.pdf (дата обращения: 12.03.15).
6. Муравьева Е.А. Методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Проектирование автоматизированных систем» для студентов направления 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств»: учеб. пособие. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2013. 35 с.
7. Каргапольцев В.П. О необходимости создания сервисной базы для теплосчетчиков и водосчетчиков // Инженерные системы. 2011. № 5.
8. Каяшев А.И., Муравьева Е.А., Шарипов М.И. Проектирование интегрированных систем управления технологическими процессами и производствами в среде Trace mode 6. Уфа, 2012.
9. Каяшев А.И., Муравьева Е.А. Проектирование систем управления дискретным производством в среде Trace mode 6: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений. Уфа, 2011.
10. Преобразователь частоты Altivar 312. URL: <http://www.driveka.ru/upload/iblock/c2f/atv312%20vivklru%20afgaamjsbna%20zbtphrojfdbn.pdf> (дата обращения: 12.03.16).
11. Самонастраивающаяся система автоматического управления нестационарным технологическим объектом: п. м. 51242 Рос. Федерация № 2005132418/22; заявл. 21.10.05; опубл. 27.01.06, Бюл. № 3.

12. Синтез нечеткого регулятора для управления соотношением расходов «газ – воздух» на основе режимной карты / К.А. Соловьев [и др.] // Нефтегазовое дело. 2015. № 1. С. 275.

13. Разработка метода адаптации нечеткого регулятора, предназначенного для регулирования технологических параметров / Е.А. Муравьева [и др.] // Вестник Чувашского университета. 2018. № 1. С. 137–145.

14. Муравьева Е.А., Еникеева Э.Р., Нургалиев Р.Р. Разработка автоматизированной системы по контролю и регулированию уровня жидкости // Автоматизация, энерго- и ресурсосбережение в промышленном производстве: сб. матер. II Междунар. науч.-техн. конф. 2017. С. 151–153.

15. Четкий логический регулятор для управления технологическими процессами: пат. 2445669 Рос. Федерация № 2010105461/08; заявл. 15.02.10; опубл. 20.08.11, Бюл. № 23.

16. Электромагнитный расходомер ALTOFLUX IFM 5080 K. URL: http://cdn.krohne.com/dlc/MA_IFC090_ru_72.pdf (дата обращения: 12.03.16).

17. Электромагнитный измеритель скорости потока DWM 2000. URL: http://krohne.com/fileadmin/content/Picture_Gallery/KROHNE_companies/Russia/Manuals/DWM_1000_2000_manual_rus.pdf (дата обращения: 12.03.16).

18. Еникеева Э.Р., Сахаутдинов Р.А. Энергетическая эффективность насосных установок системы поддержания пластового давления при внедрении ЧРП // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. 2018. Т. 17. С. 204–207.

УДК 621.316.925.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИХ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМАХ С АКТИВНО-АДАПТИВНОЙ СЕТЬЮ

Вилия Равильевна Иванова¹, Виталий Викторович Новокрещенов²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹vr-10@mail.ru, ²vitnov@inbox.ru

В работе рассматриваются основные предпосылки развития систем релейной защиты и автоматики для интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью (ААС). Приведены основные направления использования функциональных возможностей систем релейной защиты и автоматики.

Ключевые слова: релейная защита и автоматика, оборудование, активно-адаптивная сеть, цифровые технологии, алгоритм.

THE STUDY OF THE FUNCTIONAL CAPABILITIES OF THE SYSTEMS OF RELAY PROTECTION AND AUTOMATION FOR THEIR APPLICATION IN SMART GRID WITH ACTIVE-ADAPTIVE NETWORK

Vitaly Viktorovich Novokreshenov, Viliya Ravilyevna Ivanova

The paper deals with the basic prerequisites for the development of relay protection and automation systems for intelligent power system with an active-adaptive network. The main directions of using the functionality of relay protection and automation systems are given.

Key words: relay protection and automation, equipment, active-adaptive network, digital technologies, algorithm.

Комплекс устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) осуществляет контроль элементов электроэнергетической системы, при возникновении ненормальных режимов и аварийных ситуаций устройства РЗА срабатывают и отключают поврежденные участки. К данным устройствам применяют ряд требований (селективность, быстродействие, надежность, чувствительность) и они являются основным видом автоматики, которая обеспечивает нормальную работу энергосистемы в целом. Согласно последнему, существует необходимость поддержания и постоянного обновления элементной базы РЗА с точки зрения реконструкции физически и морального устаревшего оборудования. Так в настоящее время основную долю оборудования РЗА составляют электромеханические устройства, которые не позволяют добиться высокой точности и быстродействия, что несомненно тормозит процесс модернизации энергосистемы в полном объеме [1, 2].

Решением данной проблемы выступает замена элементной базы на оборудовании, работа на котором построена на полупроводниках. Такой переход позволяет многозначительно расширить функциональные возможности релейной защиты и автоматики.

Тенденция на переход к цифровым технологиям заставляет производителей электротехнического оборудования конкурировать на рынке и создавать более качественное по техническим характеристикам и более многофункциональное оборудование релейной защиты. Новое поколение релейной защиты обуславливает внедрение микропроцессорных устройств, которые позволяют выполнять несколько функций одновременно, минимизируют занимаемую площадь, удешевляют монтажные схемы и обладают высокой эффективностью.

Функциональные возможности РЗА в микропроцессорном исполнении включают в себя не просто ликвидацию аварийных режимов, но и ряд других функций: дальнейшее резервирование, регистрацию процессов

аварийного состояния, опережение отключения синхронных потребителей при нарушениях устойчивости системы. Использование функциональных возможностей систем РЗА для интеллектуальных энергосистем с активно-адаптивной сетью является актуальной задачей [2, 3]. Данная задача должна решаться в следующих направлениях:

- анализ влияния элементов активно-адаптивной сети (FACTS, вставки постоянного тока, распределенная генерация, солнечные и ветровые электростанции) на работу традиционных алгоритмов РЗА при коротком замыкании;
- разработка усовершенствованных алгоритмов РЗА для возможности применения устройств РЗА в ИЭС с ААС;
- разработка и внедрение новых автоматизированных программных комплексов, способных моделировать элементы активно-адаптивной сети для расчета токов КЗ и выбора уставок устройств РЗА;
- актуализация нормативных документов в области РЗА для ИЭС с ААС.

Источники

1. Степанов В.Г. Применение систем РЗА в условиях изменений свойств объектов защиты, технологий обработки данных и требований к РЗА // Релейная защита и автоматизация. 2018. № 1(30). С. 15–19.
2. Половников М.С., Ухов В.И., Половников М.С. Разработка программной архитектуры РЗА для распределенной системы цифровой подстанции // Автоматизация в промышленности. 2016. № 11. С. 17–19.
3. Вергазов С.Ю., Кириленков В.С. О текущем состоянии и планах развития РЗА ВДЗО ПАО «РОССЕТИ» // Релейная защита и автоматизация. 2017. № 2(27). С. 62–65.

УДК 62-83

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ МБОУ «ШКОЛА № 9» г. КАЗАНИ

Шамиль Хабибович Ильмухин¹, Марина Александровна Воробьева²,
Танир Хамитевич Мухаметгалеев³

^{1,2}МБОУ «Школа № 9», ³ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
^{1,2,3}banzay-13-13@yandex.ru

При проектировании системы вентиляции значительный объем расчётов является рутинным. В данной работе предложено использовать разработанную компьютерную программу, которая выполняет эти расчёты, облегчая таким образом труд проектировщика систем вентиляции.

Ключевые слова: система вентиляции, среда программирования Delphi, преобразователь частоты.

COMPUTER PROGRAM TO CALCULATE ELEMENTS OF VENTILATION SYSTEM BY THE EXAMPLE OF SCHOOL 9, KAZAN

Shamil Habibovich Ilmukhin, Marina Alexandrovna Vorobyeva,
Tanir Hamitevich Mukhametgaleev

Designing a ventilation system a great amount of calculations is routine. In this work we suggest using the designed computer program that makes these calculations, helping a designer of ventilation systems.

Key words: ventilation system, Delphi programming, frequency converter.

Для расчета системы вентиляции была выбрана среда программирования Delphi версии 7 фирмы Borland, так как она относится к классу инструментальных средств ускоренной разработки программ (Rapid Application Development, RAD). Ускорение достигается за счет визуального конструирования форм и широкого использования библиотеки визуальных компонентов (Visual Component Library, VCL).

Визуальное конструирование форм позволяет создать удобный интерфейс программы, используя компоненты Delphi, реализующие необходимые интерфейсные свойства. Библиотека визуальных компонентов включает в себя большое количество программных заготовок, которые можно использовать в представленном виде или настраивать. Компоненты включают в себя программный код, что снижает количество программных ошибок.

Расчет системы вентиляции начинается с определения производительности по воздуху (воздухообмена), м³/ч. В данной работе представлен расчет на примере школы. В соответствии со СНиП41-01-2003 и нормами СанПиНа 2.4.2.2821-10 для школьных помещений принят расчет по норме расхода воздуха на одного человека. Данные для расчёта приведены в таблице.

Данные для расчёта производительности вентилятора

Помещение	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Максимальное количество человек	Норма расхода воздуха на человека, м ³ /ч
Актный зал	20,72	11,35	4,50	200	20
Компьютерный кабинет	8,00	6,00	2,90	20	40
Спортивный зал	23,60	11,60	7,55	50	80

После расчета воздухообмена по людям необходимо рассчитать воздухообмен по кратности. Кратность воздухообмена показывает, сколько раз в течение одного часа в помещении происходит полная смена воздуха. Чтобы воздух в помещении не застаивался, необходимо обеспечить хотя бы однократный обмен. В рассматриваемом случае необходимо обеспечить кратность, равную двум.

Таким образом, для определения требуемого расхода воздуха нужно рассчитать два значения воздухообмена: по количеству людей и по кратности. После проведенных расчетов необходимо выбрать большее значение из этих двух, что также определит программа.

Далее по рассчитанной необходимой производительности проводится выбор стандартного вентилятора, а по мощности его двигателя выбирается преобразователь частоты.

Источники

1. Культин Н.Б. Delphi в задачах и примерах. 3-е изд. СПб., 2012. 288 с.
2. Поляков К.Ю. Программирование в Delphi. Практический курс. URL: <http://polyakov.spb.ru/school/delphi.htm>.
3. Крупнов Б.А., Шарафудинов Н.С. Руководство по проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: Изд-во МЭИ, 2008. 220 с.
4. Бондарь Е.С., Гордиенко А.С. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: Изд-во МЭИ, 2005. 324 с.
5. Клевцов А.В. Преобразователи частоты для электропривода переменного тока. Практическое пособие для инженеров. М.: Изд-во МЭИ, 2010. 224 с.

УДК 621.314.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТОКА СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ В СРЕДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ PSIM

Александр Вениаминович Карасев

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», г. Саранск
karasevav@list.ru

Рассматриваются некоторые особенности моделирования и разработки преобразователя тока солнечной батареи для зарядки накопителей электроэнергии станций ускоренной зарядки аккумуляторов электромобилей в среде моделирования PSIM. Получены модели для исследования переходных и установившихся режимов и результаты моделирования.

Ключевые слова: преобразователь тока, солнечная батарея, модель, система управления, энергетические характеристики, накопители энергии.

STUDY PSIM MODEL OF SOLAR BATTERIES CURRENT CONVERTER

Alexander Veniaminovich Karasev

Some features of the modeling and development of a solar cell current converter for charging the electric storage devices of accelerated charging stations of electric vehicles in the PSIM simulation environment are considered. Models for the study of transitional and steady-state regimes and simulation results are obtained.

Key words: current transducer, solar battery, model, control system, energy characteristics, energy storage.

Применение возобновляемых источников энергии, таких как солнечные батареи, вместе с накопителями энергии позволит более эффективно использовать сети переменного тока в случае переменных нагрузок, например, на станциях ускоренной зарядки аккумуляторов электромобилей, и является актуальной задачей.

Кафедра электроники и электротехники Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарева уже несколько лет разрабатывает преобразователи напряжения различного назначения с цифровыми системами управления. Удобным инструментом для проектирования и отладки алгоритмов управления, подбора параметров элементов силовых схем является система моделирования PSIM [1]. Данная система имеет модели всех необходимых элементов силовых схем и систем управления в своих библиотеках [2].

В качестве примера для моделирования выбраны поликристаллические солнечные модули UST-265P. Адаптированный для северных стран солнечный модуль мощностью от 260 Вт до 270 Вт, построен на базе новейших высокоэффективных солнечных элементов с КПД до 19 % (общая эффективность модуля до 16,6 %). При последовательном соединении 10 модулей максимальная мощность батареи составляет 2650 Вт.

Для формирования параметров физической модели батареи в PSIM 9 предусмотрена специальная утилита. Для выбранного модуля ее окно имеет вид, представленный на рис. 1. Паспортные данные модуля вводятся в соответствующие строки.

В результате работы утилиты получаются параметры физической модели, ее вольтамперная и мощностная характеристика.

Модель позволяет учитывать изменение освещенности и температуры батареи. Для получения семейства характеристик батареи в условиях переменных внешних параметров используем модели параметрического анализа, рис. 2 и 3.

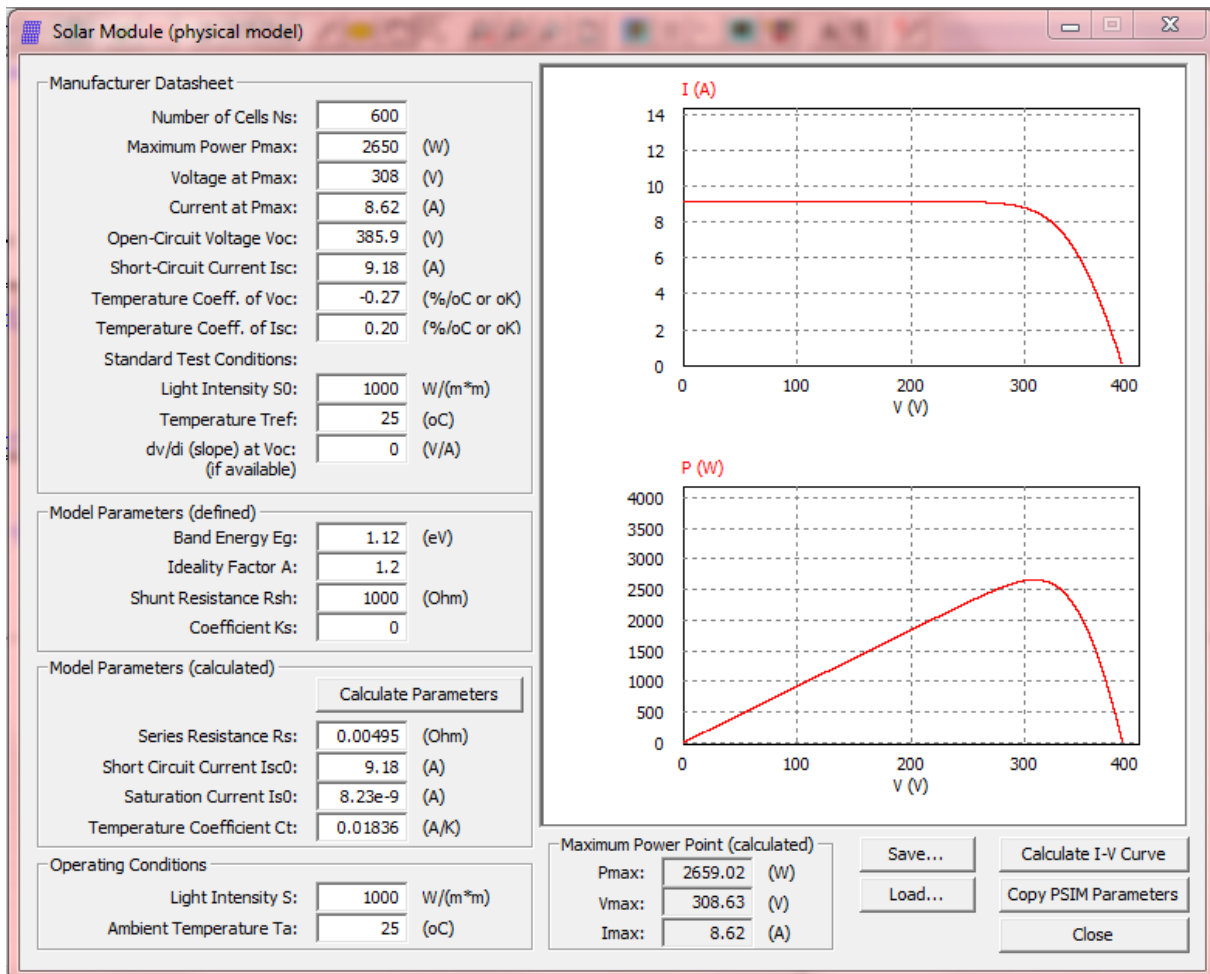


Рис. 1. Экранная форма утилиты для определения параметров физической модели солнечной батареи

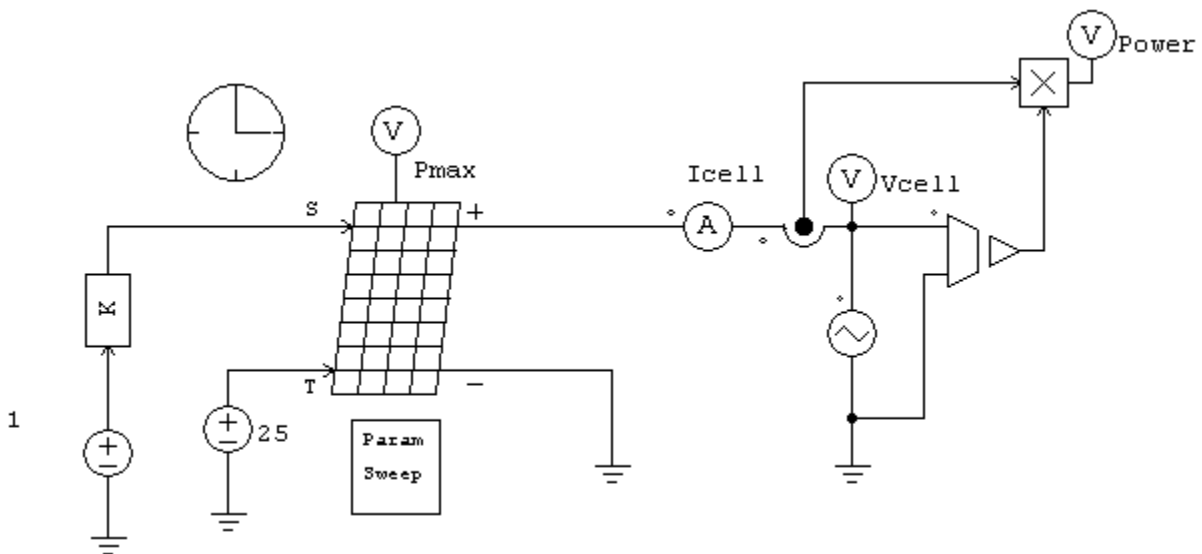


Рис. 2. Схема модели для определения семейства характеристик солнечной батареи при изменении освещенности

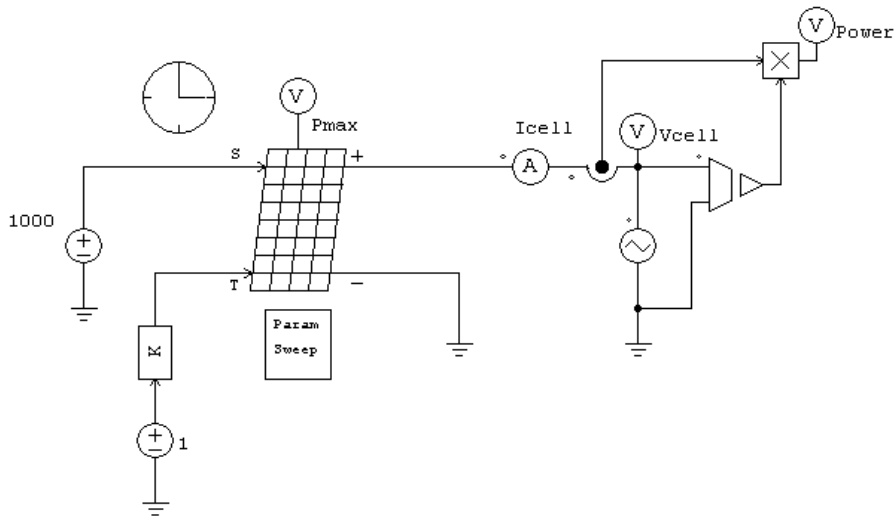


Рис. 3. Схема модели для определения семейства характеристик солнечной батареи при изменении температуры

Результаты моделирования характеристик выбранной солнечной батареи в условиях переменной освещенности по рис. 2 приведены на рис. 4 и 5.

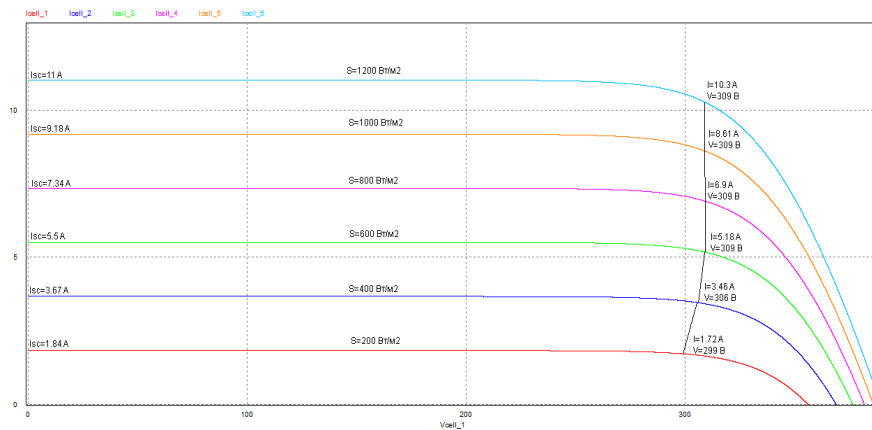


Рис. 4. Семейство вольтамперных характеристик солнечной батареи при различной освещенности

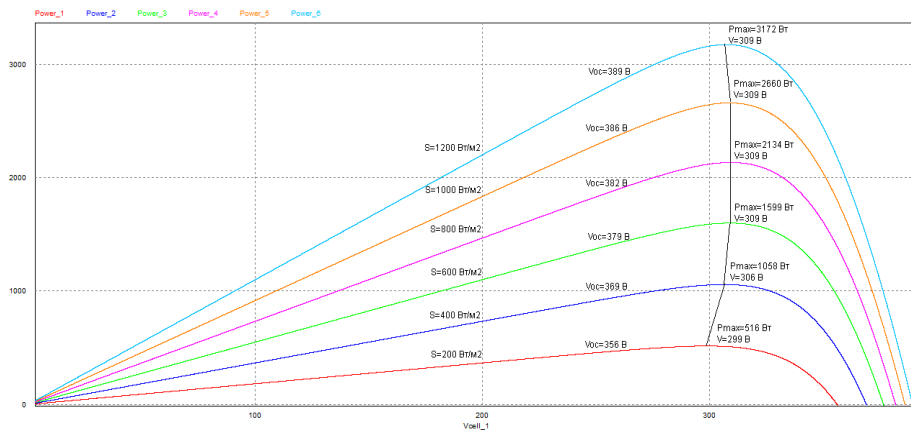


Рис. 5. Семейство мощностных характеристик солнечной батареи при различной освещенности

Результаты моделирования характеристик выбранной солнечной батареи в условиях переменной температуры по рис. 3 получены аналогично.

Для управления потоком мощности солнечной батареи в накопитель энергии используются понижающие или повышающие импульсные регуляторы с выбором оптимальной мощности контроллера МРРТ. На рис. 6 приведена модель повышающего регулятора с солнечной батареей. В модели предусмотрено исследование режима изменяющейся освещенности батареи и выбора максимальной мощности.

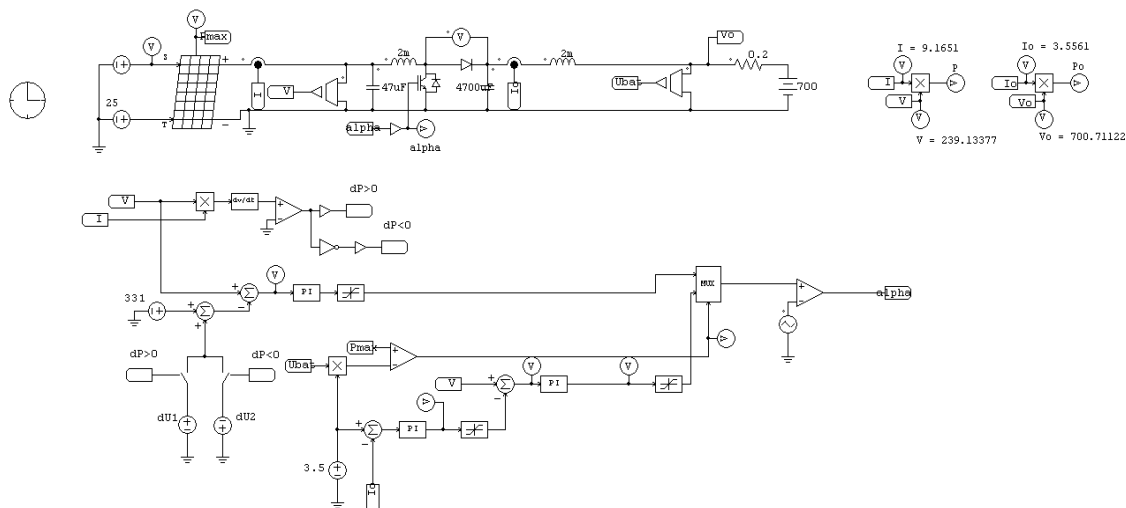


Рис. 6. Модель контроллера с повышающим импульсным регулятором и оптимизатором мощности

Результаты моделирования солнечной батареи с повышающим контроллером и оптимизатором мощности по рис. 6 приведены на рис. 7 и 8.

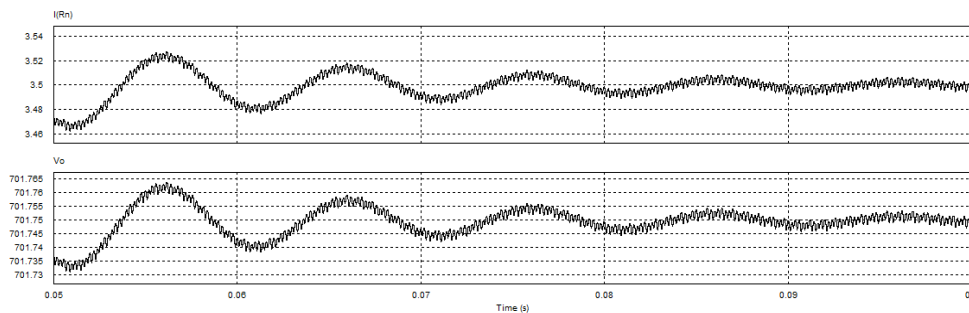


Рис. 7. Ток I_{Rn} и напряжение U_0 на выходе контроллера солнечной батареи в условиях постоянной освещенности

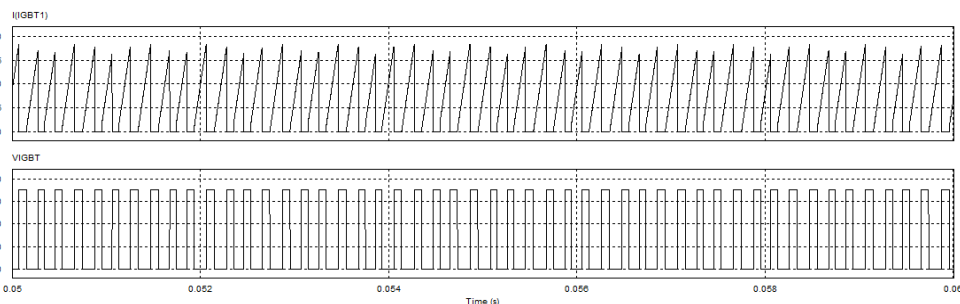


Рис. 8. Ток I_T и напряжение U_T транзистора контроллера

В условиях изменяющейся освещенности, в данном случае импульсной, результаты моделирования приведены на рис. 9.

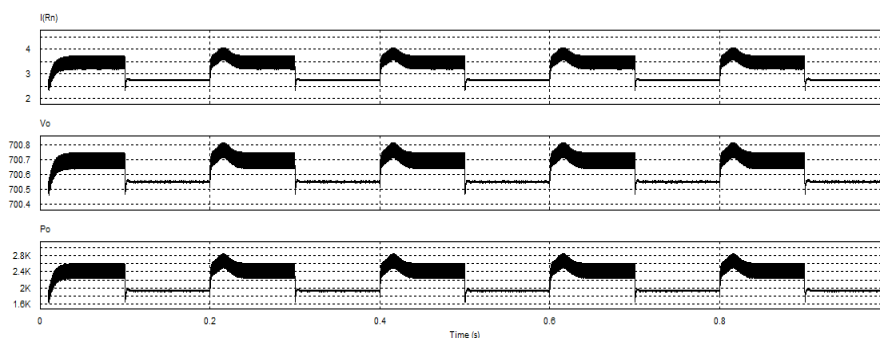


Рис. 9. Ток нагрузки I_{Rn} , напряжение нагрузки U_0 и мощность передаваемая в нагрузку (P_0) условиях переменной освещенности батареи

Таким образом, разработанные модели позволяют исследовать все необходимые характеристики в переходном и установившемся режиме, определить оптимальные значения варьируемых параметров, настроить алгоритм управления.

Статья подготовлена как часть прикладных исследований (ПНИ) в соответствии с Соглашением о предоставлении субсидии №. 14.574.21.0143 с министерством образования и науки Российской Федерации. Идентификатор Соглашения (ПНИ) RFMEFI57417X0143.

Источники

1. Система моделирования PSIM. М.: URL: <https://powersimtech.com>.
2. Карасев А. В., Тетюшкин В. С. Некоторые особенности моделирования устройств силовой электроники в системе PSIM // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: матер. XII Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. Саранск, 2017. С. 573–577.

УДК 621.65:62-83

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СКВАЖИННОЙ ЖИДКОСТИ ПРОТОЧНЫМ ПМР-АНАЛИЗАТОРОМ

Киен Нгуен Тъи¹, Тунг Чан Ван², Рустем Султанхамитович Кашаев³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹nkien@cnd.edu.vn, ²tvtung@cnd.edu.vn, ³kashaev2007@yandex.ru

Представлены приемы on-line контроля параметров пластовой воды в скважинной жидкости системой пробоотбора на базе автоматизированного электропривода (АЭП) и управления отделением воды от нефти по данным анализа проточным ПМР-анализатором.

Ключевые слова: on-line контроль, параметры, автоматизированный электропривод, обезвоживание, проточный анализатор, ядерный магнитный резонанс.

DETERMINATION OF PARAMETERS OF THE BOTTOM FLUID BY A FLOW PMR ANALYZER

Kien Nguyen Chi, Tung Chan Van, Rustem Sultanhamitovich Kashaev

The methods of on-line monitoring of parameters of reservoir water in the well fluid by a sampling system based on an automated electric drive (AED) and controlling the separation of water from oil according to an analysis of the flow PMR analyzer are presented.

Key words: on-line control, parameters, automated electric drive, dehydration, flow-through analyzer, nuclear magnetic resonance.

По мере выработки пласта падает дебит нефтедобывающей скважины. Для сохранения продуктивности скважин и темпов добычи нефти используют метод внутриконтурного заводнения путем закачки в недра чистой воды через нагнетательные скважины.

В последние годы многие отечественные месторождения находятся на последних стадиях разработки и в связи с резким повышением обводненности добываемой скважинной жидкости (СКЖ) актуальна задача разработки экспресс-методов контроля СКЖ на расход по ГОСТ 8.615-2005, концентрацию солей и остаточной нефти в пластовой воде для оптимизации технологических процессов нефтедобычи, а также удаления и очистки балласта СКЖ (пластовой воды) от солей и использования очищенной воды для заводнения нефтеносных пластов. Существующие методы контроля и анализа не обладают достаточной представительностью пробоотбора, не дают полной информации и не обладают достаточной оперативностью.

Таковыми возможностями обладает метод импульсного ядерного магнитного резонанса (ЯМР), в частности метод ЯМР-релаксометрии (ЯМРР), являющийся неконтактным, неразрушающим и позволяющим проводить экспресс-анализ без подготовки пробы и в автоматизированном режиме. Перечисленные аспекты определяют актуальность и важность поставленных и решаемых в работе задач.

Целью работ является разработка автоматической системы проточного пробоотбора и аппаратуры контроля сточных вод нефтедобычи и нефтеподготовки путем реализации ПМР методик экспресс-контроля:

- концентрации воды в эмульсии при отделении пластовой воды от СКЖ;
- концентрации солей и остаточной нефти в пластовой и очищенной воде;
- расхода воды при закачке воды в пласт через нагнетательные скважины.

Разработка методик экспресс-контроля одним измерительным комплексом на базе метода ЯМР обеспечит аппаратную поддержку для оптимизации технологических процессов добычи, подготовки нефти, повышения нефтеотдачи пластов.

Для работы информационных систем нефтедобычи уровня АСУП (автоматизированная система управления предприятием) необходимо постоянно или периодически, но часто передавать данные о добыче, закачке воды в пласт, энергопотреблении и т. д. Однако зачастую эти данные вносятся вручную или загружаются в базы данных 1–4 раза в сутки.

Для автоматизированного управления электроприводом прободоотборного патрубка ПМРА (рис. 1, 2) используется комплект микропроцессорного управления от микроконтроллера *ATMEGA 8515L*, а для его разработки – отладочный набор и система проектирования *STK500* для AVR флэш-контроллеров фирмы *Atmel* на панели с маркировкой *SCKT3000D3*.

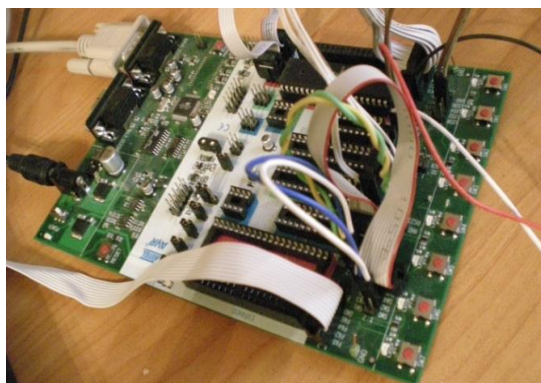


Рис. 1. Плата *STK500*

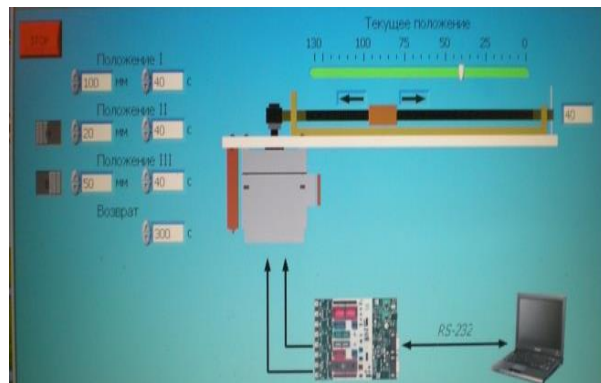


Рис. 2. Панель управления

Разработан и собран учебный стенд системы прободоотбора, представленный на рис. 3.



Рис. 3. Учебный стенд по изучению системы прободоотбора и анализа ПМРА

Слева – магнит с датчиком, к которому по трубке подводится СКЖ, отобранная из потока через патрубок, вставленный в коническое расширение в трубе от скважины или магистральном трубопроводе. Ниже – кинематическая схема перемещения патрубка. Справа – контроллер, управляющий отбором пробы для анализа ПМРА.

Для управления автоматизированной установкой контроля концентрации примесей нефти в воде используется отладочный набор и система проектирования 57X500 для AVR флэш-контроллеров фирмы Atmel, которые поставляются с микроконтроллером АТМЕГА8515L на панели с маркировкой SCKT3000D3.

В настоящее время разработана схемотехника электронного блока ПМРА на базе портативного ПМР-релаксометра для анализа сигналов и магнит с датчиком, к которому по трубке подводится СКЖ, отобранная из потока через патрубок, вставленный в коническое расширение трубы от устья скважины или магистрального трубопровода.

УДК 621.313.333

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЕМКОСТЕЙ КОНДЕНСАТОРОВ НА ПРОЦЕСС ТОРМОЖЕНИЯ АСИНХРОННЫХ ВИБРОДВИГАТЕЛЕЙ

Анатолий Леонидович Кислицын¹, Дмитрий Иванович Дунаев²

ФГБОУ ВО «УлГТУ», г. Ульяновск

¹alk37@mail.ru, ²dunaeff.dima2015@yandex.ru

Асинхронные вибродвигатели широко применяются на практике, но при этом имеют существенный недостаток – резкое увеличение амплитуд колебаний при прохождении зоны резонанса в процессе торможения, что отрицательно сказывается на их работе. Многие исследователи решали данную проблему, применяя конденсаторное торможение. Однако конденсаторное торможение весьма ограничено и может не совпадать с зоной резонанса.

Рассматривается возможность торможения асинхронного дебалансного вибродвигателя путем конденсаторного противовключения. Приводятся результаты математического моделирования режимов выбега и торможения с изменяемыми емкостями конденсаторов.

Ключевые слова: вибрационные машины, асинхронный вибродвигатель, резонанс, торможение, емкость, амплитуда колебаний, конденсаторное противовключение.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF CAPACITIES OF CAPACITORS ON THE BRAKING PROCESS OF ASYNCHRONOUS PLANET ENGINES

Anatoly Leonidovich Kislitsyn, Dmitry Ivanovich Dunaev

Asynchronous vibromotors are widely used in practice, but they have a significant drawback – a sharp increase in the amplitudes of oscillations during the passage of the resonance

zone in the process of braking, which adversely affects their work. Many researchers have solved this problem by applying capacitor braking. However, capacitor braking is very limited and may not coincide with the resonance zone.

The possibility of braking an asynchronous unbalance vibromotor by means of capacitor opposition is considered. The results of mathematical modeling of coasting and braking modes with variable capacitors capacitances are given.

Key words: vibratory machines, asynchronous vibration motor, resonance, braking, capacitance, amplitude of oscillations, capacitor opposition.

В настоящее время широкое применение на практике получили вибрационные машины и установки на базе дебалансных асинхронных вибродвигателей (АДВД), работающих в зарезонансной зоне частотной характеристики (вибростенды, виброплощадки и т. д.) [1]. Поэтому интерес к изучению процессов в вибрационных системах прослеживается как у отечественных, так и у зарубежных исследователей [2, 3].

Установлено, что одним из существенных недостатков вибрационных зарезонансных машин является период остановки. До настоящего времени на практике наиболее часто применяли торможение выбегом, в течение которого резонансные амплитуды могут в несколько раз превосходить амплитуды колебаний системы в установившемся режиме, а также привести к застреванию ротора АДВД на околорезонансной частоте с выраженными максимальными амплитудами колебаний.

В настоящей работе рассматривается влияние емкостей конденсаторов на процесс торможения зарезонансных вибрационных машин путем перевода АДВД из рабочего трехфазного режима с компенсацией реактивной мощности в режим конденсаторного противовключения.

Проведем исследования процессов торможения АДВД на примере динамической одномассовой вибрационной системы направленных колебаний, представленной на рис. 1, с применением одноключевой схемы реверса асинхронного вибродвигателя с конденсаторно-тиристорным коммутатором, представленной на рис. 2 [4].

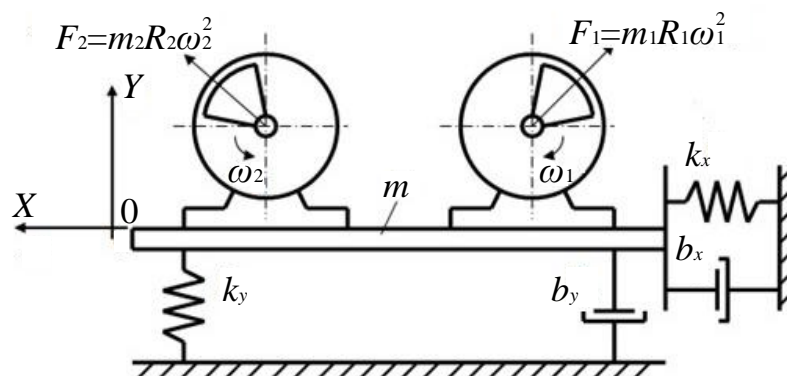


Рис. 1. Одномассовая вибрационная система направленных колебаний

Уравнения движения представленной на рис. 1 вибрационной системы имеют вид [5, 6]:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + b_y \frac{dy}{dt} + k_y y = \sum_{i=1}^2 m_{0i} R_i \omega_i^2 \cos \omega_i t ; \quad (1)$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + b_x \frac{dx}{dt} + k_x x = \sum_{i=1}^2 m_{0i} R_i \omega_i^2 \sin \omega_i t ; \quad (2)$$

$$J_i \frac{d\omega_i}{dt} = M_{эмi} - M_{вibri} - m_{0i} R_i g \sin \omega_i t - M_{мехi} , \quad (3)$$

где m – масса виброплатформы с грузом; y и x – смещение виброплатформы по осям Y и X ; b_y и b_x – коэффициенты сопротивления системы по осям Y и X ; k_y и k_x – жесткости упругих связей по осям Y и X ; m_{0i} – масса i -го дебаланса; R_i – эксцентриситет i -го дебаланса; g – ускорение свободного падения; J_i – приведенный момент инерции i -го электродвигателя; $M_{эмi}$ – электромагнитный момент на валу i -го электродвигателя; $M_{мехi}$ – момент сопротивления на валу i -го электродвигателя, обусловленный механическими потерями; $M_{вibri}$ – вибрационный момент на валу i -го электродвигателя; ω_i – скорость вращения вала i -го электродвигателя.

Уравнения (1) и (2) описывают движение виброплатформы согласно второму закону Ньютона в проекциях на оси X и Y соответственно, а уравнение (3) – равновесие моментов на валу i -го двигателя соответственно.

Вибрационный момент i -го вибродвигателя имеет две составляющие:

$M_{вibriY} = yF_{X_i}$ – составляющая, обусловленная наличием смещения системы по оси Y и проекции центробежной силы i -го АДВД на оси X , где F_{X_i} определяется по формуле:

$$F_{X_i} = m_{0i} R_i \omega_i^2 \sin \omega_i t ;$$

$M_{вibriX} = xF_{Y_i}$ – составляющая, обусловленная наличием смещения системы по оси X и проекции центробежной силы i -го АДВД на оси Y , где F_{Y_i} определяется по формуле:

$$F_{Y_i} = m_{0i} R_i \omega_i^2 \cos \omega_i t .$$

Результирующее значение вибрационного момента, приложенного к валу i -го АДВД, определяется формулой:

$$M_{\text{вibr}i} = yF_{X_i} + xF_{Y_i}.$$

Для пуска электродвигателя M включается трехфазный выключатель QF и электродвигатель M работает в обычном трехфазном режиме. Коммутационные элементы (симисторы) $T1$ и $T2$ открыты, конденсаторы $C1$ – $C3$ подключены параллельно фазам сети и обеспечивают компенсацию реактивной мощности.

При команде с блока управления (БУ) на торможение, симисторы $T1$ и $T2$ запираются и двигатель M переходит в режим противовключения, в котором фазные обмотки L фазы A и B подключены через конденсаторы $C2$ и $C3$ на линейное напряжение U_{AB} , а третья фазная обмотка L вместе с конденсаторами $C1$, $C2$, $C3$ подключена к той из фаз сети, напряжение которой опережает на 120° напряжение фазы, к которой подключен симистор $T1$ (фаза C). Наличие конденсаторов $C1$, $C2$, $C3$ (при правильно выбранной величине ёмкости) меняет фазу тока в обмотке L фазы C , что меняет порядок чередования фаз обмоток и обеспечивает режим противовключения АДВД. При остановке АДВД отключается от сети.

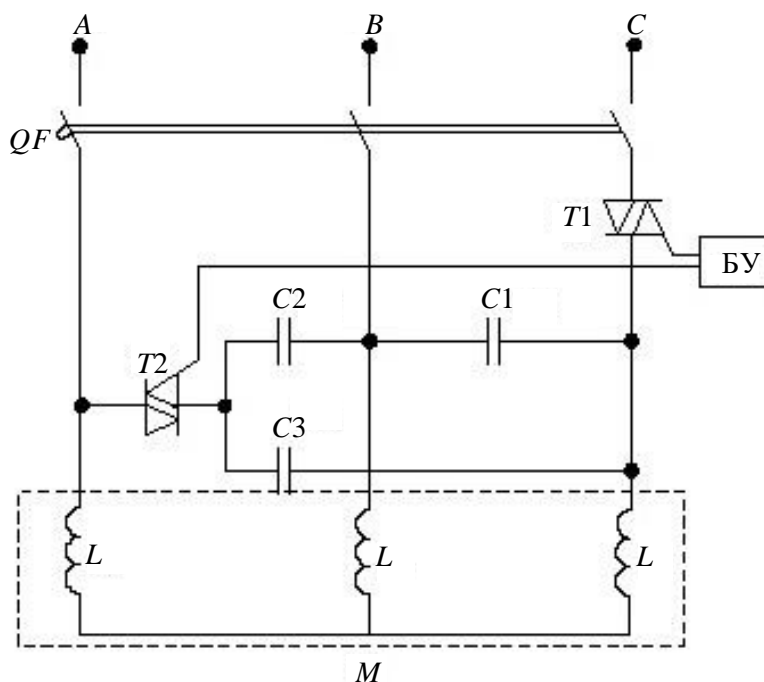


Рис. 2. Одноключевая схема реверса АДВД

Для проведения исследований работы АДВД с применением одноключевой схемы реверса создана модель в программной среде МВТУ 3.7 на основе представленной системы дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} u_A = R_A i_A + \frac{d\psi_A}{dt}; \\ u_B = R_B i_B + \frac{d\psi_B}{dt}; \\ u_C = R_C i_C + \frac{d\psi_C}{dt}; \\ 0 = R_a i_a + \frac{d\psi_a}{dt}; \\ 0 = R_b i_b + \frac{d\psi_b}{dt}; \\ 0 = R_c i_c + \frac{d\psi_c}{dt}, \end{array} \right. \quad (4)$$

где u_A , u_B и u_C – значения фазных напряжений статора в процессе торможения, соответствующие напряжения ротора равны нулю; $R_A, R_B, R_C, R_a, R_b, R_c$ – активные сопротивления обмоток статора и приведенные активные сопротивления обмоток ротора; $i_A, i_B, i_C, i_a, i_b, i_c$ – фазные токи статора и ротора; $\psi_A, \psi_B, \psi_C, \psi_a, \psi_b, \psi_c$ – потокосцепления статорных и роторных обмоток.

Потокосцепление АДВД определяется выражением в матричной форме:

$$\boldsymbol{\psi} = \mathbf{M} \times \mathbf{i},$$

где $\boldsymbol{\psi} = [\psi_A, \psi_B, \psi_C, \psi_a, \psi_b, \psi_c]$ – матрица-столбец потокосцеплений; $\mathbf{i} = [i_A, i_B, i_C, i_a, i_b, i_c]$ – матрица-столбец токов; \mathbf{M} – матрица индуктивностей.

Уравнение электромагнитного момента АДВД имеет вид:

$$M_{эм} = \frac{\sqrt{3}}{2} p M [(i_A i_c + i_B i_a + i_C i_b) - (i_A i_b + i_B i_c + i_C i_a)],$$

где M – взаимная индуктивность; p – число пар полюсов АДВД.

Величина эквивалентной емкости трех конденсаторов в режиме противовключения для схемы «звезда» рассчитывается исходя из обеспечения заданного момента противовключения по формуле:

$$C_k = 2780 \frac{I_{пр}}{U_H},$$

где $I_{пр}$ – ток противовключения; U_H – номинальное напряжение.

Для обеспечения симметрии напряжений в трехфазном режиме емкости конденсаторов выбираются равными по величине, тогда исходя из заданной эквивалентной емкости и схемы соединения конденсаторов емкость каждого конденсатора определится по формуле:

$$C = \frac{2}{3} C_{\text{к}}.$$

В конденсаторном режиме противовключения систему уравнений (4) необходимо дополнить соотношением:

$$U_C = U_B - \frac{1}{C_{\text{к}}} \int i_C dt,$$

где $C_{\text{к}}$ – емкость фазосдвигающего конденсатора.

Для проведения исследований торможения выбегом и конденсаторным противовключением асинхронного вибродвигателя типа ИВ – 105 – 2,2 на базе АДВД использовались следующие параметры:

- вибростенд: $m = 172$ кг, $b_y = 800$ Н/м, $b_x = 500$ Н/м, $k_y = 3000000$ кг·м/с², $k_x = 390000$ кг·м/с²;

- вибродвигатель: $P_{\text{н}} = 2,2$ кВт, $n_1 = 3000$ об/мин, $R_1 = 3,13$ Ом, $L_1 = 0,015$ Гн, $R_2 = 5,7$ Ом, $L_2 = 0,010$ Гн, $L_m = 0,51$ Гн, $J_{\text{д}} = 0,0034$ кг/м², $m_0 = 3,7$ кг, $r_0 = 0,06$ м.

На рис. 3 представлены расчетные осциллограммы изменения частоты вращения АДВД и амплитуды колебаний по оси Y при выбеге. Из осциллограмм можно заключить, что после отключения питания вибродвигателя изменение скорости от номинального значения до нуля происходит за время $t = 2,5$ с, при этом амплитуда колебаний области резонансной частоты системы ($\omega_{\text{рез}} = 125$ рад/с), достигает 17 мм.

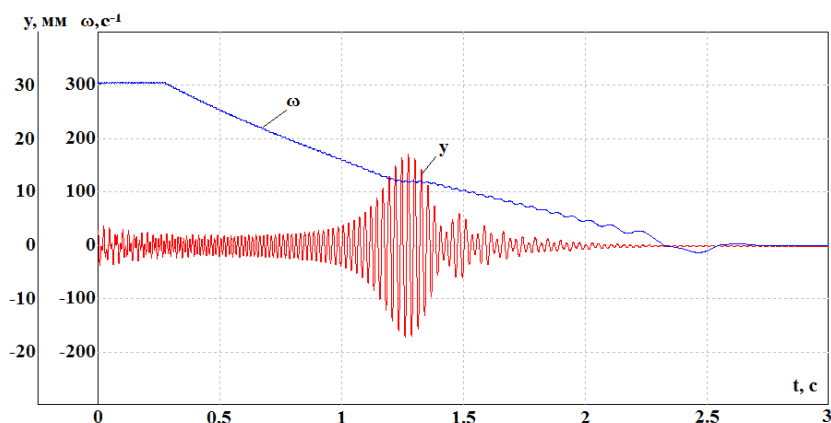


Рис. 3. Частота вращения АДВД и смещение системы по оси Y при выбеге

На рис. 4–6 представлены расчетные осциллограммы изменения частоты вращения АДВД и амплитуды колебаний по оси Y при торможении путем конденсаторного противовключения с изменяемыми емкостями конденсаторов.

Из осциллограмм на рис. 5 можно заключить, что оптимальный тормозной момент вибрационной системы достигается при оптимальной емкости конденсаторов $C1 = C2 = C3 = 220$ мкФ, время торможения составляет 0,75 с амплитуда колебаний сокращается до 10 мм.

Осциллограммы на рис. 4 и 6 показывают, что при увеличении или уменьшении емкости конденсаторов от оптимального значения ($C1 = C2 = C3 = 560$ мкФ) и ($C1 = C2 = C3 = 82$ мкФ) увеличивается время торможения до 2,5 с а также возрастает амплитуда колебаний почти в два раза.

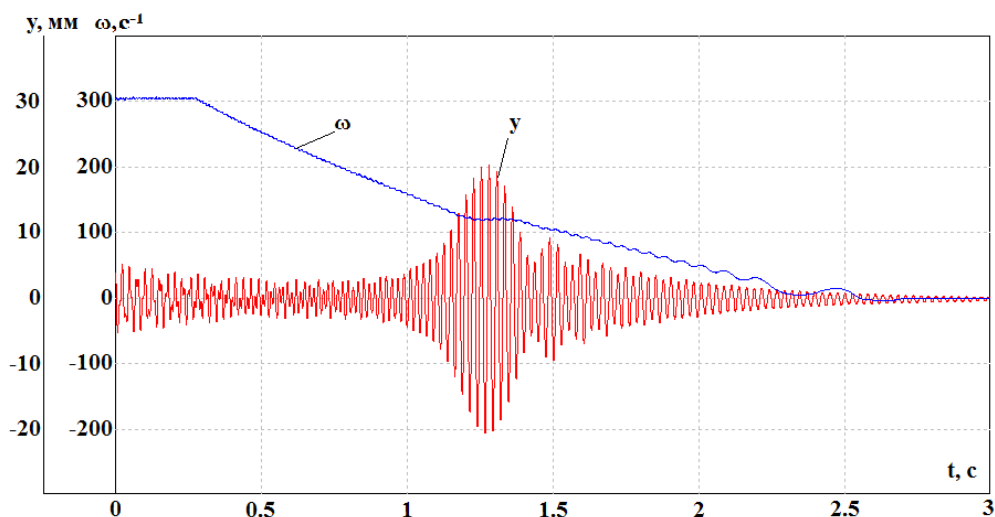


Рис. 4. Частота вращения АДВД и смещение системы по оси Y при $C1 = C2 = C3 = 560$ мкФ

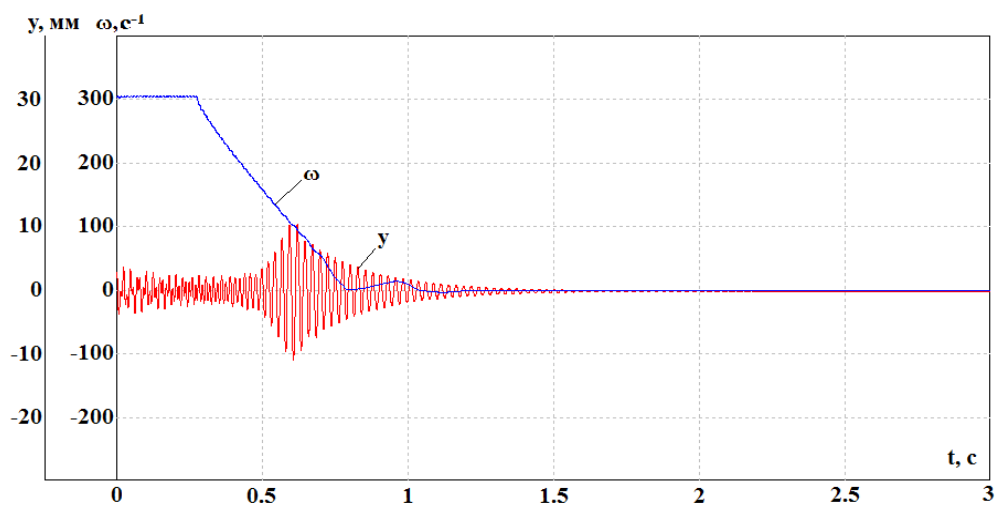


Рис. 5. Частота вращения АДВД и смещение системы по оси Y при $C1 = C2 = C3 = 220$ мкФ

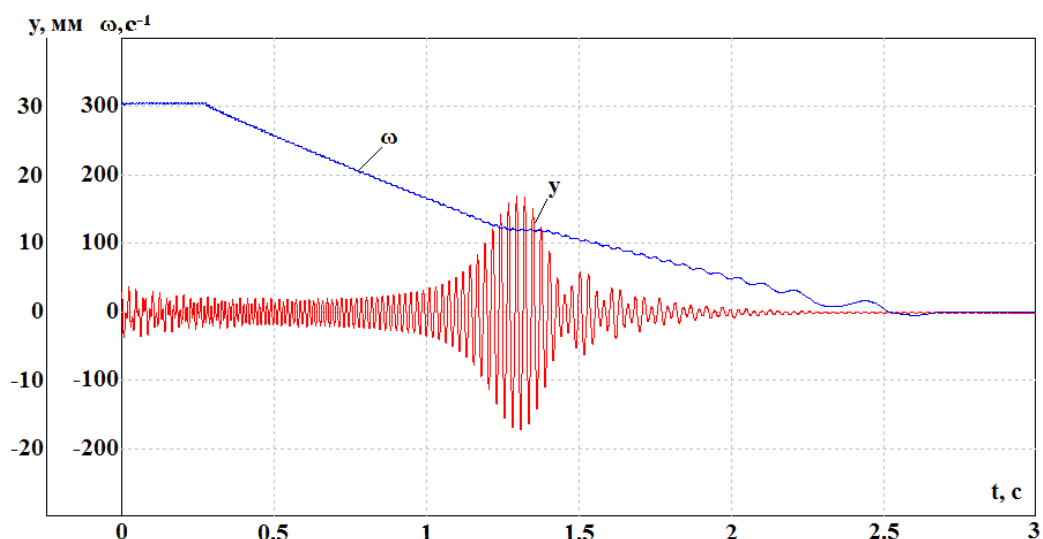


Рис. 6. Частота вращения АДВД и смещение системы по оси Y при $C1 = C2 = C3 = 82$ мкФ

В ходе исследований было установлено, что использование конденсаторного противовключения АДВД ведет к ускоренному прохождению механической системы зоны резонанса и приводит к уменьшению резонансных амплитуд колебаний вибрационной системы, по сравнению с наблюдаемым в процессе торможения выбегом.

Таким образом, торможение конденсаторным противовключением АДВД позволяет существенно сократить время торможения и максимальные резонансные амплитуды колебаний машины, исключив тем самым неблагоприятные режимы ее работы.

Источники

1. Блехман И.И. Теория вибрационных процессов и устройств. Вибрационная механика и вибрационная техника. СПб.: ИД «Руда и Металлы», 2013. 640 с.
2. Шестаков В.М., Белокузов Е.В., Епишкин А.Е. Синтез законов управления режимами работы автоматизированных вибрационных установок // Электричество. 2013. № 11. С. 31–35.
3. Michalczyk J. Angular oscillations of vibratory machines of independent driving systems caused by a non-central direction of the exciting force operations // Arch. Min. Sci. 2012. Vol. 57, № 1. P. 169–177.
4. Асинхронный электропривод: пат. 2657010 Рос. Федерация № 2017111161; заявл. 03.04.2017; опубл. 08.06.2018, Бюл. № 16.
5. Гаврилов Е.Н. Математическое описание одномассовой вибрационной транспортирующей машины // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 1(18). С. 339–343.

6. Дмитриев В.Н., Лунина Н.А., Дунаев Д.И. Математическое моделирование асинхронного вибрационного электропривода // Тр. VIII Междунар. (XIX Всерос.) конф. по автоматизированному электроприводу АЭП-2014. Саранск, 2014. Т. 1. С. 312–315.

УДК 621.314.263

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ В ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ

Антон Константинович Константинов¹, Артем Олегович Салимов²

ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа

¹konstantinovanton10g@mail.ru, ²salimov.artem.1998@mail.ru

Статья посвящена обзору проблемы электромеханической совместимости статического преобразователя и асинхронного электропривода. Основной причиной возникновения проблемы электромеханической совместимости является появление высших гармонических составляющих напряжения.

Ключевые слова: электромеханическая совместимость, асинхронный двигатель, пульсации, электромагнитный момент, высшие гармоники.

PROBLEMS OF ELECTROMECHANICAL COMPATIBILITY IN FREQUENCY-ADJUSTABLE ELECTRIC DRIVES

Anton Konstantinovich Konstantinov, Artem Olegovich Salimov

The article is devoted to the review of the problem of electromechanical compatibility of a static converter and an asynchronous electric drive. The main cause of the problem of electromechanical compatibility is the appearance of higher harmonic voltage components.

Key words: electromechanical compatibility, asynchronous motor, pulsations, electromagnetic moment, higher harmonics.

Под электромеханической совместимостью в электроприводах понимают способность электропривода нормально функционировать при питании от источника, не обеспечивающего нормированное качество электроэнергии, и не оказывать недопустимого влияния на работу исполняемого механизма электропривода (ЭП).

Особенности совместимости преобразователей частоты (ПЧ) с асинхронными двигателями определяются величинами искажения формы токов и напряжений, потребляемых электродвигателями. В частотно-регулируемых ЭП переменного тока на основе АД с короткозамкнутым ротором напряжение питания двигателя заданной амплитуды и частоты формируется посредством переключения силовых ключей автономного инвертора напряжения (АИН). В спектре такого напряжения содержатся

высшие гармонические составляющие, которые приводят к возникновению одной из основных проблем электромеханической совместимости в ЭП – появлению пульсаций электромагнитного момента двигателя.

Физический смысл понятия электромеханической совместимости заключается в том, что одной из основных особенностей статических преобразователей является наличие высших гармонических составляющих в кривой выходного напряжения. В частности, трехфазный АИН с амплитудным способом регулирования содержит высшие гармоники, порядок и амплитудные значения которых определяются выражением:

$$U_{n\max} = \frac{2\sqrt{3}U_d}{\pi n}. \quad (1)$$

Одной из проблем является ущерб, наносимый высшими гармониками напряжения электрооборудованию электрических сетей. А также рассматривается еще один аспект воздействия высших гармоник напряжения на электрические двигатели, то есть появление пульсаций электромагнитного момента, природа которых обусловлена этими гармониками. Дополнительные пульсации электромагнитного момента отрицательно влияют на виброакустические характеристики двигателей – рост акустического шума и образование вибраций, а также сопровождаются резонансными явлениями и ухудшением прочностных характеристик. Высшие гармонические составляющие напряжения являются причиной появления еще одной проблемы – электромеханической совместимости статических преобразователей и электрических машин, входящих в состав регулируемых электроприводов.

Механические колебания вращающихся частей двигателя, возникающие из-за наличия колебательных электромагнитных моментов, в силу их малости, в обычных условиях не приводят к проблемам. Исключение составляют события, при которых необходимо использовать двигатель при частотах вращения, составляющих несколько оборотов в минуту и ниже, а также случаи, когда необходимо очень точное регулирование.

Однако, если частота колебательного вращающего момента совпадает с фиксированной частотой крутильных колебаний системы «двигатель – рабочий механизм», то возникает резонанс, сопровождающееся сильным шумом и вибрациями, а в ряде случаев и механическими повреждениями. Вследствие чего приходится говорить уже об электромеханической совместимости статического преобразователя и электродвигателя. Учет и обеспечение электромеханической совместимости нужно обязательно осуществлять на всех стадиях проектирования и разработки регулируемых электроприводов.

Резонансная частота для механической системы:

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{J\lambda\theta}}. \quad (2)$$

Приведенный момент инерции вращающейся части J ; податливость вращательного упругого элемента $\lambda\theta$.

Появление колебательных вращающих электромагнитных моментов, обусловленных высшими гармоническими составляющими напряжения, может привести к крутильным колебаниям вращающихся частей электродвигателя с довольно высокими скоростями, в том случае, если частоты колебательных электромагнитных моментов будут одинаковыми с резонансной частотой механической системы «электродвигатель – механизм», определяемой выражением (2). Это обстоятельство и объясняет появление отрицательных последствий для электродвигателя.

Проблема электромеханической совместимости в ЭП является частью проблемы электромагнитной совместимости, относящейся к влиянию ПЧ на качество электромеханического преобразования энергии.

Одной из главных причин появления проблемы электромеханической совместимости в асинхронном ЭП является несинусоидальное напряжение на выходе инвертора, которое, в зависимости от режима его работы, может иметь различную форму и гармонический состав. Инвертор может работать в режиме фазной коммутации, либо в режиме ШИМ.

Появление резонанса, обусловленного тем, что частоты вращения ротора двигателя совпадают с частотой собственных колебаний механической системы «двигатель-рабочий орган».

В ЭП при регулировании частоты вращения в широком диапазоне может возникнуть резонанс в элементах статора двигателя или в системе электродвигатель – рабочий орган, обусловленный совпадением частоты вращения двигателя и собственной частоты колебаний механической системы, сопровождающийся сильным увеличением вибрации.

На рис. 1 приведены данные по вибрации АД мощностью 7,5 кВт в зависимости от частоты вращения в различных диапазонах контролируемых частот. Исследование в режиме холостого хода АД, показывает значительное увеличение вибрации двигателя на основной частоте вращения (кривая 1) в широком диапазоне частот (от 2,5 до 6 о.е.) из-за присутствия резонанса в системе, а вибрация на высоких частотах (кривые 2–4) при уменьшении частоты вращения снижается. График, приведенный на рис. 1, иллюстрирует процесс изменения резонансных явлений на вибрационные

процессы при регулировании частоты вращения АД. Таким образом, при проведении исследований различных систем с ЭП этот анализ необходимо выполнять с учетом предъявляемых требований по уровням вибрации на различных частотах.

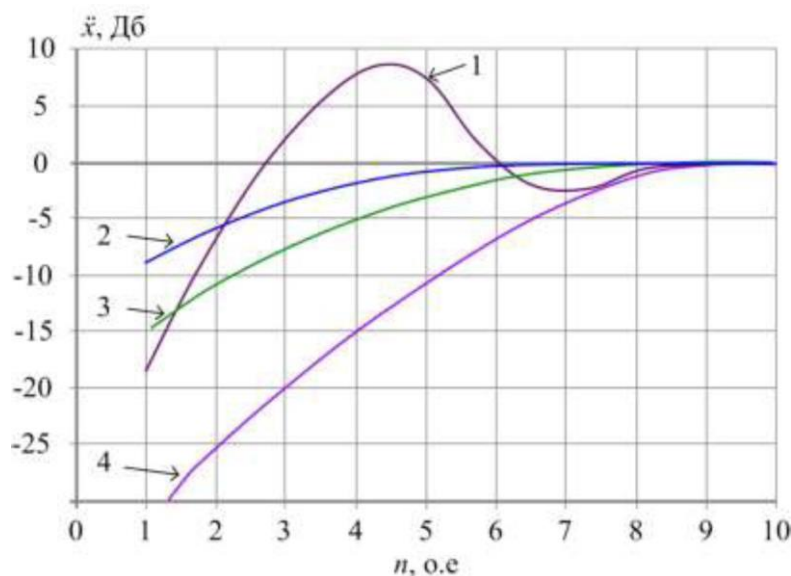


Рис. 1. Влияние частоты вращения на уровни вибрации двигателя: 1 – вибрация на основной частоте вращения; 2–4 – общие уровни вибрации в диапазонах частот $f_1 < f < 100$ Гц, $f < 1000$ Гц, $f > 1000$ Гц

В качестве примеров использования регулируемые электроприводы постоянного и переменного тока на основе статических преобразователей в горной промышленности можно назвать электроприводы машин шахтного и рудничного подъема, электроприводы основных механизмов карьерных экскаваторов, электроприводы насосов, вентиляторов и т. д. Такие электроприводы обладают целым рядом достоинств. Однако при их разработке и эксплуатации необходимо обращать особое внимание на так называемую электромеханическую совместимость статических преобразователей и электрических машин, входящих в состав регулируемых электроприводов.

Источники

1. Татарин Д.Е. Обеспечение электромагнитной и электромеханической совместимости в электромеханических комплексах с асинхронными электроприводами. М.: Изд-во МЭИ 2017. С. 27–35.
2. Вершинин В.И., Загривный Э.А., Козярук А.Е. Электромагнитная и электромеханическая совместимость в электротехнических системах с полупроводниковыми преобразователями. М.: Изд-во МЭИ, 2000. С. 45–52.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ СТРОБОСКОПИЧЕСКИМ МЕТОДОМ НА ПРИМЕРЕ ГИРОМОТОРА

Кирилл Олегович Лукин¹, Сергей Валентинович Кривошеев²

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

¹²Kirill.O.Lukin@yandex.ru,

В статье рассмотрен экспериментальный способ определения механической характеристики электродвигателя, способ определения момента инерции ротора, оценены погрешности проводимых измерений.

Ключевые слова: стробоскопический метод, механическая характеристика, асинхронный двигатель, кривая разгона, кривая выбега, гироскопический двигатель.

EXPERIMENTAL IDENTIFICATION OF THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF AN INDUCTION MOTOR BY MEANS OF STROBOSCOPIC EFFECT ON THE EXAMPLE OF A GYROMOTOR

Kirill Olegovich Lukin, Sergey Valentinovich Krivosheev

The experimental way of identification of the mechanical characteristic of an induction motor is investigated in the current paper. Also methods of calculation of the moment of inertia and estimation of errors are described.

Key words: mechanical characteristics, induction motor, stroboscopic effect, run-down curve, acceleration curve, gyromotor.

Гироскопические двигатели (гироскопические двигатели) являются одним из основных конструктивных узлов гироскопических приборов и выполняются как трехфазные или двухфазные электрические машины большей частью по обращенной схеме [1]. Гироскопические двигатели могут выполняться в открытом варианте, когда ротор вращается в газовой среде прибора, или в герметичном варианте, когда гироскопический узел выполняется вакуумированным и заполняется разряженным гелием или водородом. Во всех вариантах, особенно при создании опытных образцов, возникает необходимость экспериментального исследования характеристик гироскопического двигателя и, в частности, определения электромагнитного момента и момента сопротивления как функции частоты вращения.

Для определения указанных характеристик необходимо в функции времени построить кривые разгона и выбега ротора гироскопического двигателя, определяемые стробоскопическим способом, который основан на инерционности зрения при освещении вращающегося ротора импульсами света с заданной

частотой. При этом на ротор наносится несимметричный относительно оси вращения рисунок (метка), например спираль, которая используется при динамической балансировке ротора. Его основное преимущество – отсутствие паразитного момента сопротивления, появляющегося при контактом способе измерения частоты вращения ротора. К тому же бесконтактные методы, как правило, более безопасны и не требуют сложных технологических приспособлений. Поэтому с помощью несложного испытательного стенда возможно провести все замеры для построения указанных моментных характеристик. При герметичном гироузле для применения стробоскопического метода гиromотор помещают в герметичную прозрачную камеру, по форме повторяющую камеру гироузла и заполненную газовой смесью, при этом экспериментально можно подобрать оптимальное давление.

Для определения механической характеристики двигателя будет поставлено два основных опыта: замер характеристик разгона и выбега исследуемого прибора. Рассмотрим основное уравнение динамики вращательного движения, записанное для ротора [2]:

$$I \frac{d\omega}{dt} = M_{\text{дв}}(\omega) - M_{\text{с}}(\omega), \quad (1)$$

где I – момент инерции ротора относительно оси вращения; ω – угловая скорость вращения ротора; $M_{\text{дв}}(\omega)$ – момент, развиваемый двигателем как функция от ω ; $M_{\text{с}}(\omega)$ – момент сил сопротивления как неизвестная функция от ω . Данное уравнение может описать процесс разгона двигателя.

В случае выбега уравнение (1) принимает вид:

$$I \frac{d\omega}{dt} = -M_{\text{с}}(\omega). \quad (2)$$

Видно, что из опыта выбега, описываемого уравнением (2), можно установить момент сил сопротивления как функцию угловой скорости. Тогда, преобразовав уравнение (1), получим момент двигателя в функции ω .

$$M_{\text{дв}}(\omega) = I \frac{d\omega}{dt} + M_{\text{с}}(\omega). \quad (3)$$

Перед началом измерений необходимо найти момент инерции ротора гиromотора. Сделать это можно двумя способами. Первый – метод крутильных колебаний, который применим для двигателей с разборной конструкцией. Второй – метод с использованием пробных грузиков, который применим как для разборной, так и неразборной конструкций, однако требует возможности закрепления нити на валу или роторе.

Рассмотрим первый способ. Для его реализации ротор двигателя подвешивают на стальной струне, поворачивают на небольшой угол (до 30°) и отпускают. Далее определяют период установившихся колебаний. Тот же опыт проводят с эталонным грузом, чей момент инерции известен.

$$I \frac{d^2\varphi}{dt^2} + \gamma \frac{d\varphi}{dt} + C\varphi = 0,$$

где φ – угол поворота груза; C – угловой коэффициент упругости нити; γ – коэффициент сопротивления.

При решении данного дифференциального уравнения находится период собственных затухающих колебаний, который с учётом малости сопротивления воздуха имеет вид:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{C}}. \quad (4)$$

Проведя измерения периодов колебаний для эталонного цилиндра и ротора гиromотора, определим момент инерции ротора $I = I_3 \sqrt{\frac{T}{T_3}}$. В нашем случае $I_3 = 0,45 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $I = 2 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Второй способ заключается в измерении времени (t_1, t_2) падения грузиков разной массы (m_1, m_2) , привязанных к ротору гиromотора, с одинаковой высоты h (рис. 1).

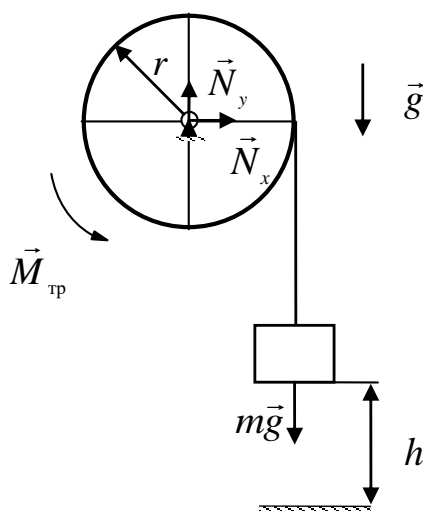


Рис. 1. Использование разных грузиков для поиска момента инерции ротора генератора

Уравнения движения в этом случае:

$$\begin{aligned} (I + m_1 r^2) \varepsilon_1 &= m_1 g r - M_{\text{тр}}; \\ (I + m_2 r^2) \varepsilon_2 &= m_2 g r - M_{\text{тр}}; \\ \varepsilon_1 r = a_1; \quad \varepsilon_2 r = a_2; \quad h &= \frac{a_1 t_1^2}{2}; \quad h = \frac{a_2 t_1^2}{2}, \end{aligned}$$

где $M_{\text{тр}}$ – момент сил трения (может быть аппроксимирован как константа из-за малой скорости вращения вала в эксперименте); $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – угловые ускорения ротора; $m_1 g r, m_2 g r$ – моменты силы тяжести грузиков относительно оси вращения; r – радиус ротора; a_1, a_2 – линейное ускорение грузиков; h – высота падения грузиков; g – ускорение свободного падения.

Решая систему, находим момент инерции:

$$I = \frac{r^2}{2h} \left(\frac{1}{t_1^2} - \frac{1}{t_2^2} \right)^{-1} \left(g(m_1 - m_2) + 2h \left(\frac{m_2}{t_2^2} - \frac{m_1}{t_1^2} \right) \right).$$

Снятие характеристик разгона и выбега с использованием стробоскопической установки.

Установка состоит из генератора с регулируемой частотой импульсов и импульсной лампы. Принцип стробоскопического метода определения угловой скорости состоит в следующем: при настройке лампы на определённую частоту вспышек несимметричное относительно любого поворота изображение, вращающееся с определённой угловой скоростью, «замирает». Это случается, если в период между мерцаниями t_l укладывается целое количество оборотов изображения (время каждого оборота – t_r). Иными словами, $t_l = k t_r$; $k \in |Z|$ или $n_r = k n_l$, где n – частота вращения.

Определение максимальной частоты вращения в установившемся режиме

Так как номинальная частота вращения неизвестна, то вместо перебора всевозможных вариантов рационально найти любую частоту лампы n_i , при которой изображение на роторе «замрёт», а далее, постепенно увеличивая (или уменьшая) частоту мерцания, зафиксировать следующую подряд идущую частоту «замирания» n_{i+1} . Тогда частота вращения n найдётся из соотношений (для случая увеличения частоты вспышек лампы):

$$\begin{cases} n = k n_i \\ n = (k-1) n_{i+1} \end{cases} \rightarrow n = \frac{n_{i+1} n_i}{n_{i+1} - n_i}.$$

1. Снятие кривой выбега

Необходимо включить двигатель, дождаться его полного разгона. Далее лампу настраивают на частоту на 1000 об/мин ниже, чем установленная частота. Отключают питание мотора и одновременно включают секундомер. Записывают время. Потом снова разгоняют мотор, уменьшают частоту мерцаний ещё на 1000 об/мин, повторяют эксперимент. И так далее до наименьшей возможной частоты. Конечно, данный процесс трудоёмок, но, во-первых, он позволяет снизить погрешность из-за нескольких независимых экспериментов. Во-вторых, при попытках подстраивать частоту лампы непосредственно во время вращения ротора возникает большая вероятность пропуска точек заданной частоты.

2. Снятие кривой разгона

Эксперимент проводится точно таким же способом, как и при снятии кривой выбега, с той лишь разницей, что частоту мерцания увеличивают. Результаты эксперимента заносят в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты эксперимента

n , об/мин	ω , 1/с	Разгон t , с	Выбег t , с
0	0,0	0	530
2000	209,3	3,9	374
4000	418,7	7,36	288
6000	628,0	10,72	222
8000	837,3	14,09	173
10000	1046,7	17,73	133
12000	1256,0	21,53	100
14000	1465,3	25,63	73
16000	1674,7	30,3	52
18000	1884,0	36,15	36
20000	2093,3	44,35	17,9
22000	2302,7	74	4,3

3. Обработка результатов

Для решения поставленной задачи необходимо аппроксимировать функцию до кусочно-линейного вида. В этом случае значение производной будет постоянным на линейном участке. А её значение в точке $(t_{0i}; \omega_{0i})$

середины линейного отрезка $\left. \frac{d\omega}{dt} \right|_{(t_{0i}; \omega_{0i})} \approx \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_{i+1} - \omega_i}{t_{i+1} - t_i}$. Вычислив про-

изводную и умножив её на момент инерции, получим левые части уравнений (1) и (2). Чтобы найти $M_{дв}(\omega)$, нужно сложить 3-й и 4-й столбцы табл. 2.

Обработка результатов эксперимента

N_{0i}	$\omega_{0i}, 1/c$	$M_c(\omega), Нм$	$M_{дв}(\omega) - M_c(\omega), Нм$	$M_{дв}(\omega), Нм$
1000	104,6667	0,000134188	0,005367521	0,00550171
3000	314	0,000486822	0,012100193	0,01258701
5000	523,3333	0,000634343	0,012460317	0,01309466
7000	732,6667	0,000854422	0,012423343	0,01327776
9000	942	0,001046667	0,011501832	0,0125485
11000	1151,333	0,001268687	0,011017544	0,01228623
13000	1360,667	0,001550617	0,010211382	0,011762
15000	1570	0,001993651	0,008965025	0,01095868
17000	1779,333	0,002616667	0,007156695	0,00977336
19000	1988,667	0,002313076	0,005105691	0,00741877
21000	2198	0,003078431	0,001412029	0,00449046

На основе табл. 2 строится график (рис. 2).

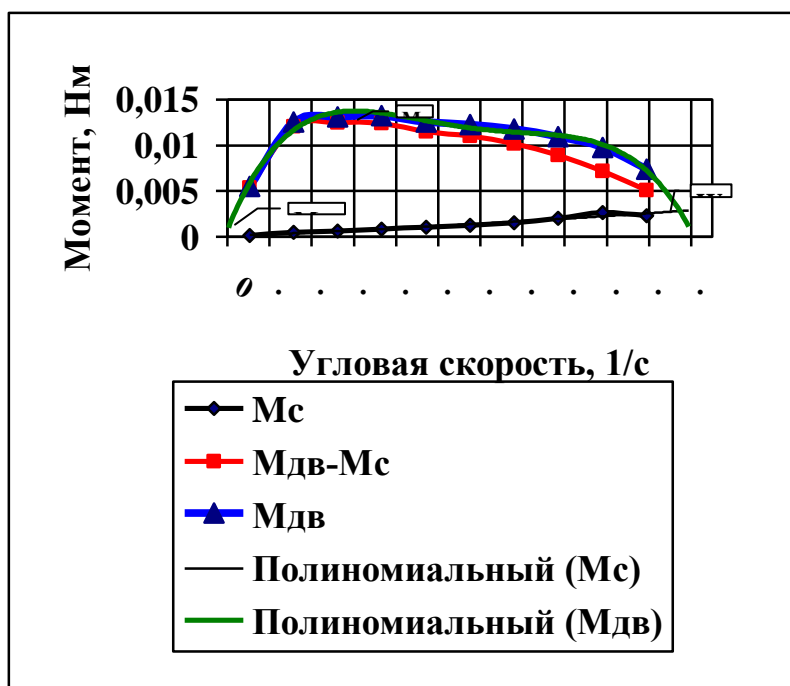


Рис. 2. Кривые моментов

4. Оценка погрешностей.

Основной источник погрешностей данного эксперимента – человеческий фактор. На всех стадиях данной работы необходимо точное определение промежутков времени. Среднее время реакции человека на распознавание зрительного образа считается равным 0,4 с [3]. Обратимся к табл. 1.

Понятно, что наиболее короткие промежутки измеряемого времени возникают при разгоне. Тогда относительная погрешность всего эксперимента вычисляется как отношение времени реакции $\Delta = 0,4\text{с}$ к среднему значению измеряемого времени. Из этого видно, что погрешность эксперимента оказывается порядка нескольких процентов:

$$\delta \approx \frac{\Delta}{\sum_{i=1}^n t_i / n} \cdot 100 \% = 1,54 \%$$

Интерпретация результатов.

На графике (рис. 2) изображены кривые момента сопротивления, суммы моментов при разгоне, а также их полиномиальные интерполяции (полином 2-й степени для момента сопротивления и 4-й – для момента двигателя), полученные с помощью средств MS Office. Точка пересечения интерполяционных линий (W_1 на графике) отражает установившееся движение. Угловая скорость в данной точке после её перевода в частоту вращения должна совпасть с измеренной максимальной частотой. По графику полиномиальной интерполяции также можно определить пусковой момент двигателя (в нашем случае $M_{\text{пуск}} \approx 0,0018 \text{ Нм}$), критический момент как наибольшее значение момента ($M_{\text{кр}} \approx 0,0139 \text{ Нм}$).

Таким образом, поставленная задача получить приемлемую характеристику гиросмотора опытным путём выполнена. Была рассмотрена теоретическая часть эксперимента и оценена погрешность измерений. Полученные данные и оценка погрешностей дают возможность вполне отчётливо получить кривую момента, развиваемого двигателем. Это позволяет говорить о пригодности применения изложенного метода на практике.

Источники

1. Гироскопические системы. Ч. 3: Элементы гироскопических приборов / под общ. ред. Д.С. Пельпора. М.: Высшая школа, 1972. 472 с.
2. Вольдек, А.И., Попов, В.В. Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для вузов. СПб.: Изд-во «Питер», 2010. 350 с.
3. Большая Советская Энциклопедия. М.: Советская Энциклопедия, 1970. 933 с.

БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ КОМПЛЕКТОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Татьяна Николаевна Львова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
tn.lvova@yandex.ru

Сформулированы общие тенденции развития современных электроприводов. Изложены преимущества блочно-модульных принципов построения электроприводов, информационных средств, средств управления и систем управления в целом.

Ключевые слова: регулируемый электропривод, энергосбережение, компьютеризация электроприводов, контроль и управление технологическими процессами, блочно-модульные принципы построения электроприводов, каскадное управление.

BLOCK AND MODULAR PRINCIPLES OF ELECTRIC DRIVES COMPLETING

Tatyana Nikolaevna Lvova

The general tendencies of development of modern electric drives are formulated. Advantages of the block and modular principles of creation of electric drives, information means, control facilities and control systems are stated.

Key words: adjustable electric drive, energy saving, computerization of electric drives, control and management of technological processes, block and modular principles of creation of electric drives, cascade management.

В развитии современных электроприводов наблюдаются общие тенденции, имеющие устойчивый характер. Их можно сформулировать следующим образом:

- применение регулируемых электроприводов в промышленном оборудовании, транспорте, авиационной и космической технике, медицине, бытовой технике для достижения новых качественных результатов в технологии;
- замена нерегулируемых электроприводов регулируемыми в энергоемком оборудовании (насосы, компрессоры, вентиляторы и др.) с целью энергосбережения;
- динамичная компьютеризация электроприводов, механизмов, агрегатов и комплексов и новая идеология проектирования различных систем;
- распространение блочно-модульных принципов построения электроприводов, информационных средств, средств управления и систем управления в целом;
- дальнейшее развитие методов каскадного управления, получивших широкое распространение в электроприводах и органично применимых к управлению технологическими переменными и интегральными показателями качества обработки, переработки и производства вещества;

- активное развитие и внедрение систем диагностирования, обслуживания, визуализации технологических процессов и процессов управления [1].

В соответствии с идеологией блочно-модульного исполнения комплектных электроприводов предусматривается возможность широкого варьирования средств, входящих в состав комплектного электропривода, для адаптации к режимам и условиям работы самых разнообразных механизмов в различных технологических агрегатах.

Ведущие электротехнические корпорации мира осуществляют разработку и продажу блочно-модульной приводной техники с широкими функциональными и структурными возможностями, различными вариантами их технической реализации по условиям применения для машин и механизмов, с многообразными конструктивными и энергосберегающими возможностями, с учетом их электромагнитной совместимости с технологической средой [2].

Согласно блочно-модульному подходу к построению электроприводов, информационных средств, средств и систем управления на современном рынке электроприводной техники предлагаются не отдельные компоненты систем (двигатели, преобразователи частоты и др.), а все необходимое для реализации высокоэффективных систем управления технологическим процессом. Благодаря чему возможно быстрое и эффективное решение любой задачи не только на стадии проектирования, но и в ходе промышленной эксплуатации, капитального или текущего ремонта. Можно изменять число контролируемых или регулируемых переменных, доукомплектовывать систему новыми блоками или устройствами, вносить изменения в существующие мнемосхемы технологического процесса, заменять отдельные модули, устройства индикации или органы управления.

Таким образом, сегодня существуют широкие возможности для создания гибких технологических систем, обеспечивающих рациональное использование сырья, энергии и оборудования.

Источники

1. Новиков В.А., Савва С.В., Татаринцев Н.И. Электропривод в современных технологиях. М.: Академия, 2014. 396 с.

2. URL: <https://www.schneider-electric.com>.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОГРУЖНЫХ
ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ НА НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ
РУМАЙЛА (ИРАК) ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ
ФИЛЬТРОКОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ
В СТАЦИОНАРНУЮ СТРУКТУРУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Абдулхамид Аль Али Маджид¹, Владимир Юрьевич Корнилов²

¹«Отделение эксплуатации и управления электроснабжением Южной Румайлы», Ирак

²ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹²vkstbrus@gmail.com

Проблема повышения энергоэффективности нефтедобычи на месторождении Румайла (Ирак) рассматривается для централизованной системы электроснабжения электротехнических комплексов основного оборудования. Предлагается решение путем внедрения гибридных фильтрокомпенсирующих устройств для коррекции коэффициента мощности и фильтрации гармоник.

Ключевые слова: система электроснабжения, установки нагрудных центробежных насосов, коррекция, коэффициент мощности, фильтрация гармоник, нефтяные месторождения.

**ENERGY EFFICIENCY ELECTRICAL SYSTEMS FOR SUBMERSIBLE
CENTRIFUGAL PUMPS IN THE OIL FIELD RUMAILA (IRAQ)
BY IMPLEMENTING A FILTER-DEVICE INTO THE STATIONARY
STRUCTURE OF THE POWER SUPPLY**

Abdul Hamid al Ali Majid, Vladimir Yurevich Kornilov

The problem of improving the energy efficiency of oil production at the Rumaila field (Iraq) is considered for the centralized power supply system of electrical complexes of the main equipment. A solution is proposed by introducing hybrid filter-compensating devices for power factor correction and harmonic filtering.

Key words: power supply system, installation of centrifugal pumps, correction, power factor, harmonic filtration, oil fields.

Румайла является одним из крупнейших так называемых супергигантских нефтяных месторождений, запасы которого оцениваются в 17 млрд баррелей нефти. Месторождение расположено в 50 километрах к западу от города Басра и занимает площадь 1600 квадратных километров.

В докладе приведены результаты технико-экономического аудита нефтедобывающего комплекса Румайлы, на основании которого обосновывается необходимость повышения энергоэффективности электротехнической системы погружных центробежных насосов на этапе добычи нефти, что может обеспечить сокращение бюджетных расходов государства Ирак на электроснабжение Румайлы до 12 миллионов долларов (США) при сохранении существующей добычи в 1 миллион баррелей в сутки.

Электроснабжение электротехнических комплексов месторождения Румайла осуществляется от централизованной системы электроснабжения государства Ирак с одной стороны, а другая часть – от автономных дизель-электрических генераторов. Каждому варианту электроснабжения присущи потери, которые увеличивают удельные затраты электроэнергии на тонну добываемой нефти.

Анализ надежности и качества централизованного электроснабжения нефтедобывающих комплексов Румайлы показывает, что имеют место частые отключения в электрических сетях, а также низкие значения коэффициента мощности (0,6–0,65) и наличие высших гармонических составляющих токов и напряжений, которые приводят к увеличению потерь, ускоренному старению изоляции и, как следствие, к сокращению срока службы электрооборудования.

В докладе предлагается, в отличие от общепринятого подхода к коррекции коэффициента мощности при помощи конденсаторных батарей, использовать силовые фильтры гармоник, которые являются универсальным средством регулирования параметров, определяющих качество электрической энергии, в том числе коэффициент мощности и уровень нелинейных искажений в кривых токов и напряжений.

Рассмотрены варианты расчетов параметров фильтрокомпенсирующих устройств (гибридных фильтров) для точек подключения по схемам централизованной, групповой и индивидуальной коррекции коэффициента мощности и фильтрации гармоник.

Показано, что в случае применения фильтрокомпенсирующих устройств с целью повышения коэффициента мощности до значения 0,9 и снижения коэффициента нелинейных искажений до уровня ниже 5 % полная потребляемая мощность от системы стационарного электроснабжения уменьшается на 28 %.

УДК 621.372.54

СИНТЕЗ ДИСКРЕТНОГО КИХ-ФИЛЬТРА МЕТОДОМ ПАРКСА-МАККЛЕЛЛАНА ПРОГРАММНЫМИ СРЕДСТВАМИ MATLAB FDATAOOL

Николай Анатольевич Малёв¹, Ян Андреевич Малочкин²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

12maleev@mail.ru

В работе рассматривается синтез нерекурсивного дискретного фильтра с линейной фазо-частотной характеристикой по методу Паркса-МакКлеллана. Показана возможность решения задачи программными средствами MATLAB FDATAool на основе обменного алгоритма Ремеза и теории аппроксимации Чебышёва.

Ключевые слова: синтез, дискретный фильтр, частотные характеристики, частота дискретизации, КИХ-фильтр.

SYNTHESIS OF DISCRETE FIR-FILTER BY METHOD PARKS-MCCELLAN WITH USING MATLAB FDATool SOFTWARE

Nikolay Anatolyevich Malev, Yan Andreevich Malochkin

The paper deals with the synthesis of a non-recursive discrete filter with a linear phase-frequency characteristic according to the Parks-McClellan method. The possibility of solving the problem using software tools MATLAB FDATool based on the Remez exchange algorithm and Chebyshev approximation theory is shown.

Key words: synthesis, discrete filter, frequency characteristics, sampling rate, FIR-filter.

Современные тенденции в различных областях науки и техники неразрывно связаны с разработкой цифровой аппаратуры и программного продукта, что смещает характер работы инженеров и научных работников в сферу компьютерного моделирования. Особенностью устройств цифровой обработки сигналов является создание программного обеспечения непосредственно в процессе компьютерного моделирования. В этой связи овладение современными технологиями моделирования выдвигается на первый план. К таким технологиям, безусловно, относится получившая широкое распространение в мире среда программирования и моделирования MATLAB.

На основе программных средств MATLAB разработаны пакеты приложений, представляющие собой средства, предназначенные для моделирования путем интерактивного общения без необходимости написания программ на тех или иных языках программирования с графическим выводом результатов. В частности, при решении задач анализа и синтеза цифровых фильтров удобным инструментом является приложение FDATool (Filter Design & Analysis Toolbox).

КИХ-фильтр (фильтр с конечной импульсной характеристикой) описывается передаточной функцией:

$$W(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \sum_{i=0}^{N-1} b_i z^{-i} = \sum_{n=0}^{N-1} h(n) z^{-n}, \quad (1)$$

где b_i – постоянные коэффициенты; $h(n)$ – конечная импульсная характеристика. Таким образом, коэффициенты передаточной функции (разностного уравнения) и отсчёты импульсной характеристики нерекурсивного цифрового фильтра (ЦФ) совпадают.

Алгоритм функционирования нерекурсивных ЦФ представляется в виде структурной схемы, показанной на рис. 1.

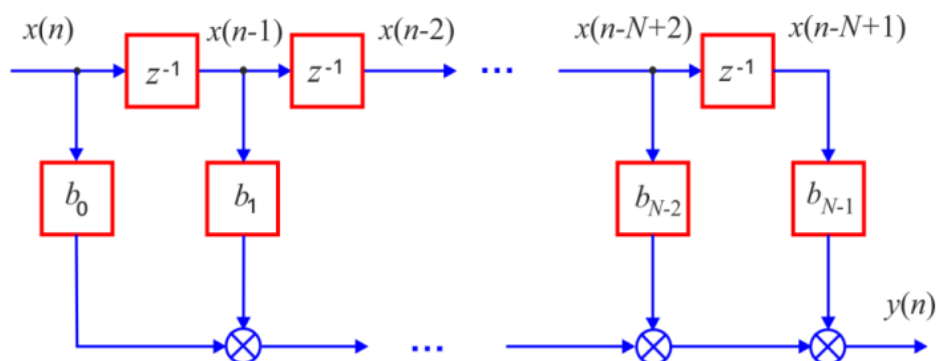


Рис. 1. Структурная схема нерекурсивного цифрового фильтра

Нерекурсивные ЦФ обладают рядом положительных качеств, основное из которых состоит в том, что, благодаря отсутствию обратных связей, они всегда устойчивы. Передаточная функция нерекурсивного ЦФ (1) имеет $N - 1$ полюсов, которые все находятся в точке $z = 0$. Характерная особенность КИХ-фильтра состоит в том, что при соответствующем выборе параметров они могут иметь строго линейную фазочастотную характеристику (ФЧХ). Это особенно важно в тех случаях, когда требуется обеспечить неискаженное преобразование сигналов. Нерекурсивные цифровые фильтры используются и в тех случаях, когда предъявляемые требования не могут быть реализованы при помощи фильтров Баттерворта и Чебышёва. КИХ-фильтры находят широкое применение вследствие легкости проектирования, линейной ФЧХ и гарантированной устойчивости.

При синтезе КИХ-фильтра с учетом линейности ФЧХ требования задаются только к амплитудно-частотной характеристике (АЧХ) в основной полосе частот $[0; f_d]$ и включают в себя:

- частоту дискретизации f_d ;
- граничные частоты полос пропускания (ПП) f_χ и полос задерживания (ПЗ) f_k ;
- максимально допустимые отклонения АЧХ $\hat{A}(f)$: δ_1 – от единицы в ПП; δ_2 – от нуля в ПЗ.

При синтезе КИХ-фильтров в MATLAB дополнительно задается вектор значений идеальной АЧХ: единица – в ПП и ноль – в ПЗ. На рис. 2 приведен пример идеальной АЧХ и требований к АЧХ для фильтра нижних частот (ФНЧ).

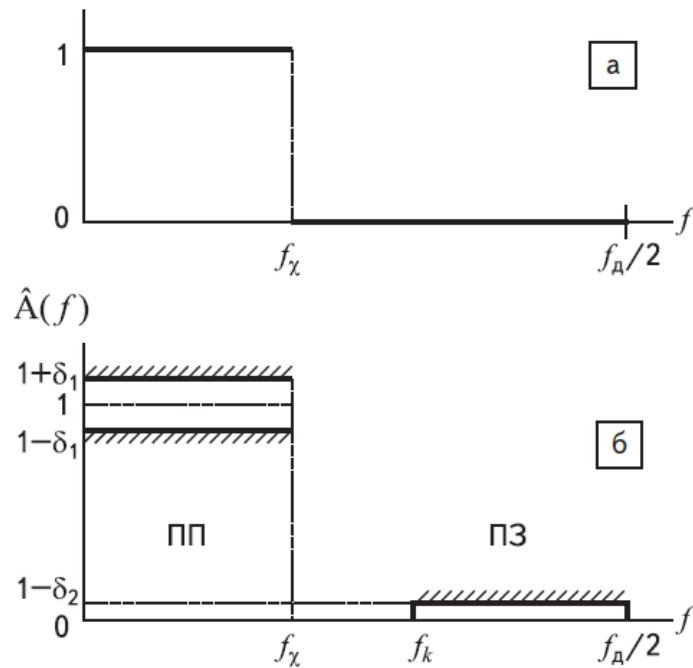


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики: *a* – идеальная; *б* – требования к АЧХ для ФНЧ

В MATLAB требования к АЧХ задаются к характеристике затухания

$$\hat{A}(f)[\text{дБ}] = -20\lg(\hat{A}(f)),$$

где δ_1 и δ_2 – максимально допустимое затухание в ПП a_{\max} [дБ] и минимально допустимое затухание в ПЗ a_{\min} [дБ] соответственно:

$$a_{\max} = -20\lg(1 - \delta_1);$$

$$a_{\min} = -20\lg(\delta_2).$$

Рассмотрим особенности синтеза КИХ-фильтра методом наилучшей равномерной (чебышевской) аппроксимации с применением алгоритма Паркса-Макклеллана:

1. АЧХ КИХ-фильтра $A(\omega)$ связана с его амплитудной функцией (тригонометрическим полиномом порядка M с вектором неизвестных коэффициентов \bar{a} $B(\bar{a}, \omega)$) соотношением:

$$A(\omega) = |B(\bar{a}, \omega)|.$$

При этом вектор коэффициентов \bar{a} связан линейно с импульсной характеристикой $h(n)$, а порядок полинома M связан линейно с порядком R передаточной функции. Следовательно, расчет $h(n)$ КИХ-фильтра методом чебышевской аппроксимации сводится к расчету вектора неизвестных коэффициентов \bar{a} .

2. Согласно теореме Чебышева, существует единственный полином $B(\bar{a}, \omega)$ наилучшего равномерного приближения (единственный вектор \bar{a}) функции идеальной АЧХ $\xi(\omega)$ на интервале аппроксимации Ω заданного порядка M , обеспечивающий минимум максимума модуля взвешенной ошибки аппроксимации $\delta_{\min\max}$.

3. Существует единственный полином $B(\bar{a}, \omega)$ наилучшего равномерного приближения (единственный вектор \bar{a}) функции $\xi(\omega)$ на интервале аппроксимации Ω при заданном значении минимаксного критерия $\delta_{\min\max}$, обеспечивающий минимальный порядок полинома M_{\min} . Следовательно, при заданных требованиях к АЧХ, полагая $\delta_{\min\max} = \max\{\delta_1, \delta_2\}$, можно синтезировать фильтр минимального порядка – оптимальный (по Чебышеву) КИХ-фильтр.

4. Для того чтобы обеспечить одинаковое значение $\delta_{\min\max}$ на интервале Ω при различных заданных максимально допустимых отклонениях АЧХ δ_1 и δ_2 , соответственно в ПП и ПЗ, вводят весовые коэффициенты, рассчитываемые следующим образом:

- вес, равный единице, присваивается полосе с наибольшим максимально допустимым отклонением;
- веса в остальных полосах рассчитываются как отношение наибольшего максимально допустимого отклонения к максимально допустимому отклонению в данной полосе. Поэтому веса – всегда числа, большие единицы.

При синтезе КИХ-фильтра методом чебышевской аппроксимации программными средствами MATLAB FDATool запускаем приложение по команде `fdatool`, набранной в Command Window (рис. 3).

В раскрывающемся списке FIR (*finite impulse response* – конечная импульсная характеристика) выбираем значение *Equiripple* (Метод наилучшей равномерной (чебышевской) аппроксимации), а в группе *Filter Order* – переключатель *Minimum Order* (минимальный порядок). При этом в группе *Options* в поле ввода *Density Factor* («Коэффициент плотности сетки частот»), отвечающего за точность вычисления коэффициентов b_i в (1) задаем значение этого параметра, равное 24.

Формируем требования к АЧХ. Тип избирательности задаем в группе *Response Type* с помощью переключателя *Lowpass* (ФНЧ). Частоты дискретизации и граничные частоты ПП и ПЗ – в группе *Frequency Specifications*. Максимально допустимые отклонения АЧХ указываем в группе *Magnitude Specifications* (см. рис. 3). Синтез фильтра производится после нажатия кнопки *Design Filter*.

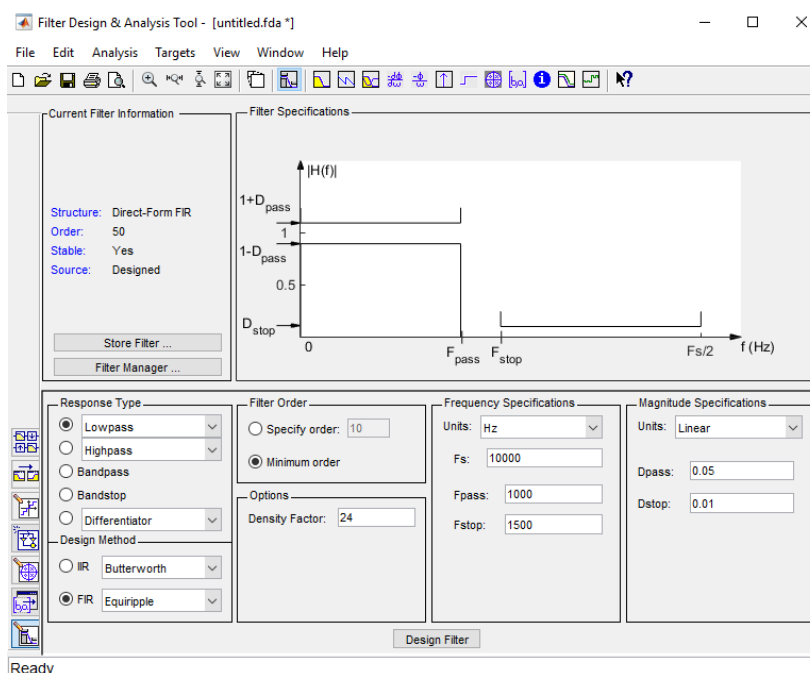


Рис. 3. Окно MATLAB FDATool

По окончании процедуры синтеза автоматически выдаются график АЧХ (характеристика ослабления); структура фильтра – *Direct-Form FIR*; порядок фильтра – 23. Таким образом, синтезирован оптимальный ФНЧ с линейной ФЧХ 23 порядка на базе КИХ-фильтра 2-го типа (нечётного порядка).

Источники

1. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. Практический подход. М.: Изд-во Вильямс, 2004. 992 с.

УДК 620.91

РАЗРАБОТКА ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ФЕДЕРАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГЕКТАР» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИБРИДНЫХ СТАНЦИЙ

Николай Петрович Местников¹, Эльмас Габбасович Нуруллин²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹²ee-kgeu@mail.ru

В статье представлена система работы автономной энергетической установки мощностью 4 кВт для электроснабжения малых фермерских хозяйств Якутии, основанных по Федеральному проекту «Дальневосточный гектар».

Ключевые слова: ионистор, дизель-генератор, солнечные панели, автономная генерация, экономия ГСМ и АСУ.

DEVELOPMENT OF DECENTRALIZED ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM FOR AGRICULTURAL OBJECTS OF THE FEDERAL PROJECT “FAR EASTERN HECTAR” USING HYBRID STATIONS

Nikolai Petrovich Mestnikov, Elmas Gabbasovich Nurullin

The R & D system has developed a system for operating an autonomous power plant with a capacity of 4 kW for power supply to small farms in Yakutia, based on the “Far Eastern hectare” federal project.

Key words: Ionistor, diesel generator, solar panels, autonomous generation, saving fuel and automatic control systems.

Республика Саха (Якутия) (РС(Я)) является уникальным регионом в единой энергетической системе Российской Федерации. Компания ПАО «Якутскэнерго» занимает одно из первых мест в РАО «ЕЭС России» по количеству установленных энергетических источников, площади обслуживания и протяженности линий электропередачи. Площадь ее обслуживания охватывает всю территорию Якутии и составляет 3,2 млн км². (20 % от площади России). Свыше 40 % территории РС(Я) находится за полярным кругом [4].

Якутия обладает значительными запасами минеральных ресурсов: алмазов, золота, цветных и благородных металлов; энергоносителей: нефти, газа, урана; крупным гидроэнергетическим потенциалом [4].

Высокая стоимость топлива в местах потребления, низкие технико-экономические показатели существующих энергетических источников малой мощности приводят к высокой себестоимости производства электроэнергии и тепла (в России ежегодно на завоз топлива в северные регионы затрачивается более 16 млрд рублей, в том числе в северные районы РС(Я) – свыше 7,5 млрд [2] рублей, в котором время доставки топлива до конечного пункта составляет от 500 до 600 суток, износ дизельных генераторов составляет на 40 % – 60 % в большинстве районов северной части Якутии, несмотря на то что на территории РС(Я) за год вводятся в эксплуатацию 7 новых автоматизированных дизельных электростанций (далее – ДЭС) [6].

Использование и внедрение ветроэнергетики на территории Республики Саха (Якутия) развивается на непостоянной основе. В 2019–2020 гг. планируется ввод ВЭС мощностью 3·300 кВт в п. Тикси Булунского района. Эксплуатация ВЭС в Якутии наиболее рациональна с точки зрения технической эксплуатации вдоль береговой линии Моря Лаптевых с глубиной до 200 км и тонкого перешейка вдоль северной части реки Лена.

Постройка ВЭС на данной области экономически нецелесообразна из-за низкой плотности населения. Ведь средний срок окупаемости подобных проектов составляет от 15 до 25 лет. Данный вид энергии невозможен для малонаселенных пунктов Якутии [3].

В начале 2000-х годов объекты возобновляемых источников энергии (ВИЭ) стали активно внедряться энергетической компанией АО «Сахаэнерго» в РС(Я). За 18 лет работы компании было построено более 21 единиц солнечных электростанций и 2 единицы ветровых электростанций в Северном и Южном энергетических районах Якутии. [5] Накопление электроэнергии производится в Li-ion и карбоновых аккумуляторах. Эксплуатация данных видов аккумуляторов сложна, так как срок службы составляет от 2 до 8 лет, вес и габариты установок большие и тяжелые для простого монтажа и утилизация отработанных аккумуляторов является сложным технологическим процессом, так как они представляют опасность для окружающей среды. Значительным проектом АО «Сахаэнерго» является постройка солнечной электростанции (далее – СЭС) в п. Батагай мощностью 1 МВт. За второе полугодие 2016 года было сэкономлено более 40 тонн дизельного топлива. Данные показатели показывают эффективность проекта по экономии горюче-смазочных материалов (далее – ГСМ), но экономическая составляющая имеет свои недостатки, так как срок окупаемости равен от 15 до 20 лет в условиях РС(Я) [6].

Долгота и периодичность солнечных дней в южной части Якутии более высока, чем на северной части. Например, показатель солнечной радиации составляет $4\text{--}4,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / (\text{м}^2 \cdot \text{день})$, продолжительность солнечного сияния равна в среднем от 1700 до 2000 часов в год, суммарная солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность равна $3600\text{--}4000 \text{ МДж} / \text{м}^2$ в год на южную часть Якутии.

Солнечная энергетика в Республике Саха имеет динамичное развитие в увеличении суммарной мощности генерации преимущественно в населенных пунктах децентрализованного электроснабжения. В 2016 г. в п. Батагай была введена в эксплуатацию крупнейшая СЭС мощностью 1 МВт и системой накопления энергии на основе работы Li-ion аккумуляторов. Руководством АО «Сахаэнерго» планировался ввод на полную автономную работу СЭС-1 МВт для 100 %-го электроснабжения п. Батагай без ДЭС на летний период.

Далее топливоснабжение отдаленных потребителей северной Якутии производится при сложной схеме транспортировки:

- Усть-Кут – Якутск (до 30 дней);
- Якутск – Тикси (30-40 дней);
- Тикси – п. Батагай (от 180 до 360 дней).

В ближайшей перспективе планируется ввод на СЭС-50 кВт в п. Охотский Перевоз для уменьшения затрат на топливоснабжение. Данный населенный пункт является центром Охот-Перевозовского наслега Томпонского района. Расположен на правом берегу р. Алдан (правого притока р. Лена), в 120 км к югу от районного центра п. Хандыги (ближайший источник электроэнергии).

В настоящее время по состоянию на 2018 год население данного населенного пункта составляет 124 человек. Электроснабжение производится с помощью ДГУ – 60, 75, 30 и 16 кВт с суммарной мощностью 181 кВт. За 2017 год общий объем потребления ГСМ составило 46,759 т натурального топлива и 67,8 тонн условного топлива. Подвод новых ВЛ 35 кВ является экономически нецелесообразным в виду отсутствия стратегических объектов и малого количества потребителей.

В целях оптимизации затрат ГСМ в п. Охотский Перевоз необходимо построить солнечную электростанцию мощностью 50 кВт.

Приводятся данные однолинейных электрических схем поселка и ДЭС п. Охотский Перевоз.

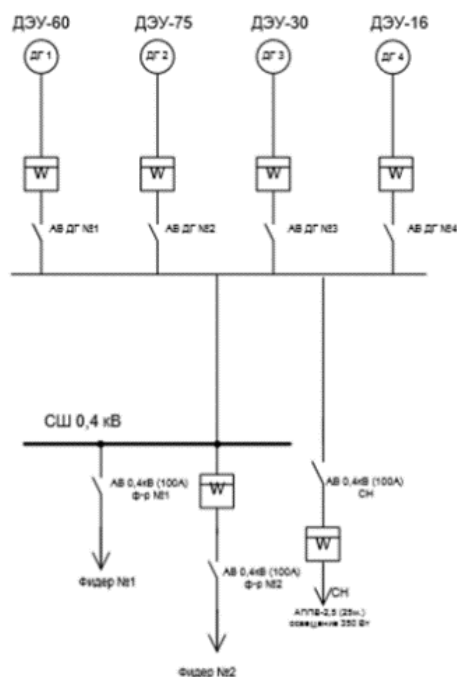


Рис. 1. Оперативная схема ДЭС п. Охотский Перевоз

Класс напряжения, подводимый к потребителям, – 3-фазный 380 В при частоте 50 Гц. Следовательно, установка повышающих трансформаторов 10/0,4 кВ является нецелесообразной из-за малого количества потребителей и малыми расстояниями между станцией и потребителями.

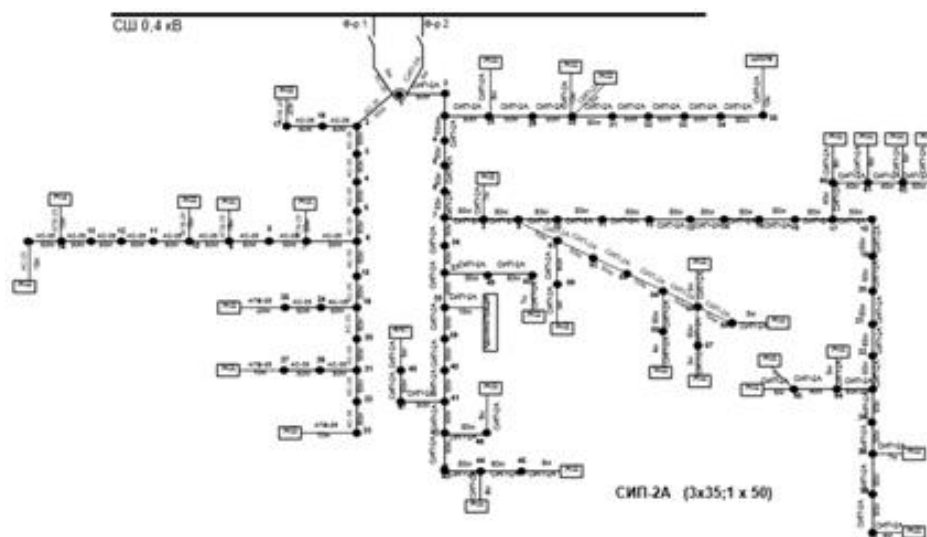


Рис. 2. Параметрическая схема ВЛ 0,4 кВ от ДЭС п. Охотский Перевоз

Для автономной работы солнечной электростанции 50 кВт требуется система накопления энергии. В настоящее время активно используются в данной системе Li-ion карбоновые или гелиевые аккумуляторы. В связи с недавними открытиями при исследовании свойств конденсаторов стало возможным использование ионисторов для нужд автомобильной отрасли и т. д. Ученые из стран Восточной Европы планируют внедрение ионисторов в системы накопления энергии в крупных объектах ВИЭ. Отметим преимущества ионисторов:

В таблице приводится расчет выработки солнечной электростанции 50 кВт в п. Охотский Перевоз по проектным данным [1]:

$$E_B = E_{\text{инс}} k \frac{P_{\text{с.п.}}}{P_{\text{инс}}},$$

где $P_{\text{с.п.}}$ – мощность солнечных панелей, Вт; E_B – вырабатываемая энергия солнечными панелями, Вт·ч/сутки; $E_{\text{инс}}$ – среднемесячная инсоляция кВт·ч/($\text{м}^2 \cdot \text{день}$); $P_{\text{инс}}$ – мощность инсоляции на земной поверхности на одном квадратном метре ($4250 \text{ Вт}/\text{м}^2$); k – коэффициент потерь на заряд – разряд аккумуляторов, преобразование постоянного напряжения в переменное.

Вырабатываемая энергия с учетом ясных, облачных и пасмурных, кВт·ч

Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
4426,6	9025	30447	28977,1	23814,4	29376,4
Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
33764,2	25551	14156,8	5750,7	3395,9	796,6

Основная окупаемость проекта СЭС-50 кВт п. Охотский Перевоз заключается в экономии топлива, которая равна 30 тонн за 1 год работы СЭС-50 кВт. Дисконтированный срок окупаемости составляет 10 лет. Данный результат соответствует реальным параметрам проектов по ВИЭ компании АО «Сахаэнерго».

Источники

1. Баскаков А.П., Мунц В.А., Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебник для вузов. М.: ИД «БАСТЕТ», 2013. 368 с.
2. Константинов А.Ф. Гидроэнергетические установки: учеб. пособие для студентов очной и заочной форм обучения по специальности 13.03.02 «Электротехника и электроэнергетика». Якутск: Изд-во ЯГУ, 2009. 171 с.
3. Константинов А.Ф., Нетрадиционные энергоисточники Якутии / отв. ред. Н.С. Бурянина. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2006. 212 с.
4. Кудрин Б.И. Системы электроснабжения: учеб. пособие для студентов ВПО. М: ИЦ «Академия», 2011. 352 с.
5. Схема и программа развития электроэнергетики Республики Саха (Якутия) на 2017–2021 годы / Министерство ЖКХ и энергетики РС(Я).
6. Топливо-энергетические показатели АО «Сахаэнерго» за 2017 год.

УДК 621.32 / ББК 58

ОГРАНИЧЕНИЕ ГЛУБИНЫ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Ринат Шаукатович Мисбахов¹, Александр Иванович Федотов²,
Камиль Равилевич Бахтеев³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹²³fed.ai@mail.ru

В работе предлагается методика выбора параметров емкостного накопителя электроэнергии. Накопитель предназначен для кратковременных режимов работы. Целью его работы является ограничение глубины провалов напряжения.

Ключевые слова: накопитель электроэнергии, суперконденсатор, провал напряжения, короткое замыкание в электрической сети.

LIMITED DEPTH OF VOLTAGE DIPS THROUGH THE USE OF ELECTRICITY STORAGE

Rinat Shaukatovich Misbakhov, Alexander Ivanovich Fedotov,
Kamil Ravilevich Bakhteev

The report proposes a method for selecting parameters of a capacitive electricity storage. The drive is designed for short-term operation. The purpose of his work is to limit the depth of voltage dips.

Key words: electric power storage, supercapacitor, voltage dip, short circuit in electric network.

Анализ перерывов электроснабжения, произошедших на предприятиях и приведших к остановкам основных производств, показывает, что основными причинами нарушений являются кратковременные провалы напряжения в питающей сети.

Основой для экономического роста и улучшения индустриальных уровней производительности предприятий является качество электрической энергии. В индустриальной экономике качество электрической энергии было измерено числом прерываний электрической энергии и 30–40 лет назад случалось 2–3 раза в год. В новой цифровой экономике это определение не соответствует современному оборудованию и чувствительным процессам.

Работа низковольтных электродвигателей приводов маслонасосов, вентиляторов и аналогичных механизмов, включенных в технологические защиты, микропроцессорной техники, систем телекоммуникаций, АСУ производственным процессом, дорогостоящего медицинского оборудования, стандартных блоков новых цифровых технологий и интернета часто прерывается короткими по продолжительности (за миллисекунды) провалами и перегрузками питающего напряжения, которые происходят 20–30 раз в год и ведут к экономическому ущербу. Во второй половине 1990-х годов в США и Канаде после оценки надвигающихся последствий от провалов напряжений были проведены общенациональные энергетические обследования большого числа промышленных предприятий, результаты которых использовали для разработки новых концепций защиты промышленного электрооборудования от нарушений электроснабжения. Стоимость ущерба от плохого качества электрической энергии в американской экономике оценивали более чем в 150 миллиардов долларов в год [1].

Существующий рынок решений по улучшению качества электрической энергии сосредоточен на старой системе взглядов и норм проектирования по защите предприятий от 2 – 3 отключений электроэнергии в год, хотя в разных регионах в настоящее время их происходит до 10–40.

Проблема, связанная с воздействием кратковременных нарушений электроснабжения (КНЭ) на работу потребителей электрической энергии, становится все более острой по мере усложнения технологических процессов предприятий и использования средств автоматизации. Причинами нарушения надежности электроснабжения потребителей являются короткие замыкания в схемах внешнего (110, 220, 330, 500 кВ) и внутреннего электроснабжения (6, 10 кВ), пуск и самозапуск мощных электродвигателей, ошибочное срабатывание устройств релейной защиты.

Под провалом напряжения понимают внезапное понижение напряжения в точке электрической сети ниже $0,9U_{\text{ном}}$, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня через промежуток времени от десяти миллисекунд до нескольких десятков секунд [2].

Провал напряжения представлен на рисунке. Длительность автоматически устраняемого провала напряжения в любой точке присоединения к электрическим сетям определяется выдержками времени релейной защиты и автоматики.

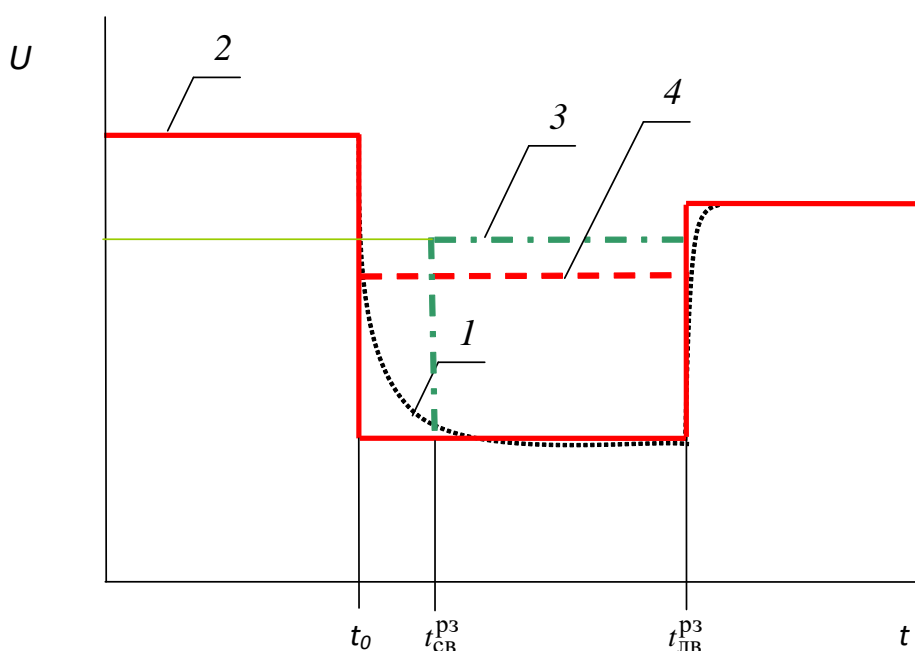


Рис.1. Форма провала напряжения: t_0 — начало КЗ в сети; $t_{\text{лв}}^{\text{рз}}$ — время срабатывания релейной защиты, ликвидирующей возмущающее воздействие; I — реальная кривая изменения напряжения; 2 — идеализированная кривая провала напряжения; 3 — результат ускоренного действия релейной защиты или накопителя электроэнергии в момент времени $t_{\text{св}}^{\text{рз}}$; 4 — результат воздействия токоограничивающего устройства

В системах электроснабжения нефтедобывающих комплексов используются преимущественно воздушные электрические сети напряжением 0,4–6–10–35 кВ. Короткие замыкания (КЗ) на линиях распределительной сети (РЭС) приводят к провалам напряжения и соответствующему останову двигателей или снижению их производительности, последствием чего становятся нарушения технологических процессов. В результате действия систем релейной защиты и противоаварийной автоматики происходит отключение всех электроприёмников, подпадающих под воздействие КНЭ.

Применение токоограничивающих устройств в рассматриваемых системах электроснабжения неэкономично: их придется устанавливать на каждом присоединении, при этом повышается результирующее сопротивление защищаемого фидера, что отрицательно сказывается на условиях пуска и самозапуска электродвигателей. Представляется, что более эффективным решением по ограничению глубины провала напряжения является установка на секциях распределительных устройств центров питания (ЦП) накопителей электроэнергии. При появлении КЗ в РЭС накопителями производится кратковременный интенсивный сброс электроэнергии в сеть, что позволяет поднять напряжение на общих шинах и удержать в работе электродвигатели, питающиеся от неповрежденных линий.

Ниже предлагается методика выбора мощности накопителя, основанного на использовании суперконденсаторов. Применение аккумуляторных батарей в принципе также возможно, их емкость будет определяться по условию соблюдения максимально допустимой величины разрядного тока. Так, например, для аккумулятора *GBS* напряжением 3,5 В емкостью 100 Аh ток импульсного разряда в течение 10 секунд составляет 10 С, т. е. 1000 А. Для суперконденсаторов «Феникс» напряжением 15 В емкостью 390 Ф максимальный ток также составляет 1000 А. Но в сравнении с аккумуляторами у суперконденсаторов намного меньше чувствительность к большим разрядным токам, что делает их предпочтительными для использования в пиковых режимах.

Очевидно, что в результате разряда накопителей увеличивается ток в поврежденной линии, что может быть чревато либо её перегревом, либо отказом в работе коммутационной аппаратуры вследствие превышения номинального тока отключения. Также очевидно, что мощность накопителя будет возрастать при приближении места КЗ, к питающим шинам, достигая в итоге запредельно больших величин. Поэтому предварительно необходимо определиться с максимально приемлемой мощностью накопителя и его энергоемкостью, после чего рассчитать граничную длину электропередачи [3], при КЗ в пределах которой остаточное напряжение на шинах ЦП меньше допустимого. И далее уже выполнить экономическую оценку целесообразности установки накопителя принятой энергоемкости.

Рассмотрим алгоритм выбора параметров накопителя на основе использования суперконденсаторов. На сеть переменного тока они работают через управляемый преобразователь (инвертор). В качестве исходных данных полагаем, что предварительно заданы: ток КЗ на шинах ЦП I_{k0} , максимально допустимый ток КЗ $I_{k\max}$, минимально допустимая величина

остаточного напряжения U_{\min} на шинах распределительного устройства ЦП, остаточное напряжение на шинах ЦП U_0 при КЗ при отключенном накопителе электроэнергии, длительность КЗ Δt .

Предварительно необходимо задать граничную длину электропередачи L_g . Пусть, например, она принята равной 1 км при общем количестве линий 10 штук и суммарной протяженности сети 100 км. Тогда только 10 % общей длины линий (1 км \times 10 линий) остаются в зоне, где действие накопителя неэффективно. Зная L_g и U_{\min} находим требуемый ток КЗ I_k :

$$I_k = \frac{U_{\min}}{\sqrt{3}z_0L_g} \leq I_{k \max},$$

где z_0 – погонное сопротивление линии.

Поскольку при работе накопителя напряжение на шинах поддерживается равным U_{\min} , ток подпитки места КЗ от источника напряжения I_c равен:

$$I_c = I_{k0} \frac{U_{\text{ном}} - U_{\min}}{U_{\text{ном}}}.$$

Ток накопителя I_h будет равен: $I_h = I_k - I_c$.

Пусть в качестве примера положим, что $U_{\min} = 0,7U_{\text{ном}} = 7$ кВ, $I_{k \max} = 20$ кА, $I_{k0} = 10$ кА, $L_g = 1$ км и шины ЦП с местом КЗ соединяет воздушная линия с погонным полным сопротивлением $z_0 = 0,4$ Ом/км. Тогда находим токи I_k , I_c и I_h следующим образом:

$$I_k = \frac{7}{\sqrt{3} \cdot 1 \cdot 0,4} = 10,1 \text{ кА} < 20 \text{ кА};$$

$$I_c = 10 \cdot (1 - 0,7) = 3 \text{ кА}; \quad I_h = 10,1 - 3 = 7,1 \text{ кА}.$$

Тогда выдаваемая накопителем мощность в сеть P_h находится по формуле:

$$P_h = \sqrt{3}I_hU_{\min} = 86 \text{ МВт}.$$

Если не принимать во внимание потери мощности в инверторе накопителя, то энергетический баланс между накопителем и электрической сетью задается следующим уравнением:

$$P_h \Delta t = C \left(\frac{U_{c \max}^2}{2} - \frac{U_c^2}{2} \right), \quad (1)$$

где C – искомая ёмкость накопителя; $U_{c \max}$ – напряжение заряда конденсаторов накопителя; U_c – текущее напряжение на конденсаторах.

Если накопитель подключен к сети через согласующий трансформатор, то напряжение $U_{c\max}$ следует считать приведенным к сети высшего номинального напряжения $U_{\text{ном}}$ и его величина равна при полном заряде $\sqrt{2}U_{\text{ном}}$.

Для расчета величины напряжения U_c на конце интервала работы накопителя принимаем, что инвертор, работающий по принципу импульсно-фазовой модуляции, перешел в режим максимальной выдачи мощности и на входе в фильтры высших гармоник имеем форму напряжения в виде меандра. Тогда связь между первой гармоникой напряжения сети U_{\min} и напряжением U_c со стороны постоянного тока, согласно разложению меандра в ряд Фурье, следующая:

$$U_{\min} = \frac{4U_c}{\pi}. \quad (2)$$

Теперь, полагая $\Delta t = 0,5$ с, из выражений (1) и (2) можно получить формулу для расчета емкости накопителя:

$$C = \frac{P_h \Delta t}{U_{\text{ном}}^2 - U_{\min}^2 \cdot \pi^2 / 32} = 0,62 \text{ Ф}. \quad (3)$$

Считаем, что накопитель без согласующего трансформатора подключен непосредственно на шины ЦП и используются вышеупомянутые суперконденсаторы «Феникс». Тогда, учитывая величину тока накопителя, необходимо использовать не менее 7 столбов (выполнение требования по максимальному току) из 1000 последовательно соединенных конденсаторов (выполнение требования по допустимому напряжению), что обеспечит суммарную емкость 2,73 Ф. Таким образом, условие (3) выполняется с запасом.

Экономическая оценка предлагаемого технического решения требует самостоятельной проработки. Определяющее влияние будет иметь стоимость технологического ущерба.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы», соглашение о предоставлении субсидии № 14.574.21.0188, уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57418X0188.

Источники

1. Active distribution network expansion planning integrated with centralized and distributed Energy Storage System / Xinwei Shen [et al.] // Power & Energy Society General Meeting, 2015. P. 1–5.

2. Чэмпэн Э. Провалы напряжения: введение. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2957.

3. Федотов А.И. Методика проверки эффективности токоограничающего устройства для снижения глубины провала напряжения / А.И. Федотов [и др.] // Промышленная энергетика. 2016. № 12. С. 28–33.

УДК 681.5

РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ ПРИ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОМ ХАРАКТЕРЕ НАГРУЗКИ

Бахтияр Альбертович Назмутдинов¹, Николай Анатольевич Малёв²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}maleev@mail.ru

В работе рассматриваются уравнения статики и динамики двигателя последовательного возбуждения. Рассчитаны параметры двигателя и построена модель электропривода при регулировании скорости вращения путем изменения напряжения. Показана необходимость синтеза управляющего устройства по критерию быстродействия.

Ключевые слова: моделирование, двигатель последовательного возбуждения, нагрузка, быстродействие.

CALCULATION AND MODELING OF THE ENGINE OF SEQUENTIAL EXCITATION WITH HYPERBOLIC KIND OF LOAD

Bakhtiyar Albertovich Nazmutdinov, Nikolay Anatolyevich Malev

The paper deals with the equations of statics and dynamics of a motor of sequential excitation Engine parameters are calculated and the model of the electric drive is built when control the rotation speed by changing the voltage. The necessity of the synthesis of the control device according to the criterion of fast response is shown.

Key words: simulation, sequential excitation engine, load, fast response.

Двигатели постоянного тока последовательного возбуждения (ДПВ) находят применение в электроприводах в тех случаях, когда на валах исполнительных механизмов возникают кратковременные большие нагрузки, а также когда нагрузочная характеристика объекта регулирования имеет гиперболический характер и соответствует гиперболической механической характеристике ДПВ.

Схема двигателя постоянного тока последовательного возбуждения показана на рис. 1.

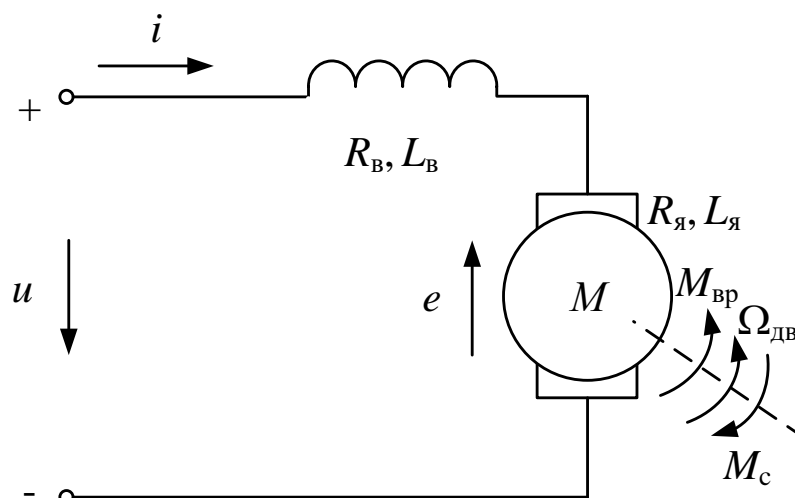


Рис. 1. Схема двигателя с последовательным возбуждением

С учётом приложенного напряжения u уравнение электрического равновесия имеет вид:

$$u = Ri + L \frac{di}{dt} + e, \quad (1)$$

где i – ток двигателя, А; $R = R_я + R_в + R_{д.п}$ – суммарное активное сопротивление обмоток якоря, возбуждения и добавочных полюсов, Ом; $L = L_я + L_в$ – суммарная индуктивность обмоток якоря и возбуждения, Гн; $e = k\Omega_{дв}\Phi$ – противо-ЭДС, В; $k = pN/(2\pi a)$ – конструктивная постоянная тягового двигателя; p – число пар полюсов; N – число активных проводников обмотки якоря; a – число пар параллельных ветвей обмотки якоря; $\Omega_{дв}$ – угловая скорость вращения двигателя, рад/с; Φ – магнитный поток возбуждения, Вб (в инженерной практике вместо магнитного потока используют пропорциональную ему величину $K_e = k\Phi$ – коэффициент противо-ЭДС, В·с/рад).

Уравнение электропривода:

$$M_{вр} - \frac{M_c}{\mu} = J_{\Sigma} \frac{d\Omega_{дв}}{dt}, \quad (2)$$

где $M_{вр} = k\Phi i - \Delta M$ – вращающий момент тягового двигателя, Н·м;

$\Delta M = \frac{\Delta P_{мех} - \Delta P_{магн}}{\Omega_{дв}}$ – момент, возникающий вследствие механических

$\Delta P_{мех}$ и магнитных $\Delta P_{магн}$ потерь в двигателе; M_c – момент статического

сопротивления, приведённый к валу двигателя и обусловленный в основном трением в подшипниках подвижного состава, взаимодействием колёсных пар с рельсами и сопротивлением воздушной среды; μ – передаточное число редуктора; J_{Σ} – приведённый к валу двигателя суммарный момент инерции, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$.

Рассмотрим математическое описание динамических процессов в двигателе с последовательным возбуждением (рис. 1). Для этого необходимо использовать уравнения (1) и (2). Обозначив в этих уравнениях оператор дифференцирования $s = d/dt$, перейдём к алгебраической форме записи уравнений:

$$u = Ri + Lsi + e;$$

$$M_{\text{вр}} - \frac{M_c}{\mu} = J_{\Sigma}s\Omega_{\text{дв}}.$$

Дополним полученную систему уравнений выражениями для вращающего момента двигателя и против-ЭДС, запишем

$$u = Ri + Lsi + kk_{\phi}i\Omega_{\text{дв}};$$

$$kk_{\phi}i^2 - \frac{M_c}{\mu} = J_{\Sigma}s\Omega_{\text{дв}},$$

где k_{ϕ} – коэффициент наклона линеаризованной кривой намагничивания.

Эти уравнения являются нелинейными и для их решения применяют методы численного интегрирования, реализованные в MatLab.

Рассчитаем параметры двигателя последовательного возбуждения типа 2ПН132ЛУХЛ4 и проведём моделирование с применением MatLab Simulink. Технические данные двигателя:

мощность $P_{\text{дв}} = 3000$ Вт;

напряжение $U = 220$ В;

частота вращения $n_{\text{дв}} = 1000$ об/мин;

$\Omega_{\text{дв}} = 104,72$ рад/с;

КПД $\eta = 75,5$;

сопротивление обмоток якоря $R_{\text{я}} = 0,88$ Ом;

сопротивление обмотки добавочных полюсов $R_{\text{д.п}} = 0,64$ Ом;

сопротивление обмотки возбуждения $R_{\text{в}} = 138$ Ом;

индуктивность обмотки якоря $L_{\text{я}} = 18,1$ мГн;

число пар полюсов $2p = 4$;

число пар параллельных ветвей $2a = 4$;

магнитный поток $\Phi = 0,12$ Вб;

момент инерции двигателя $J_{\text{ДВ}} = 0,048$ кг · м²;

число витков обмотки возбуждения $w = 35$;

число элементарных проводников $N = 312$.

Моделирование осуществляем без приложения момента сопротивления.

Ток двигателя определяем по формуле:

$$I_{\text{ДВ}} = \frac{P_{\text{ДВ}}}{U\eta} = \frac{3000}{220 \cdot 0,755} = 18 \text{ А}.$$

Индуктивность обмотки возбуждения:

$$L_{\text{В}} = \frac{2pw_{\text{В}}\Phi}{I} = \frac{4 \cdot 35 \cdot 0,12}{18} = 0,933 \text{ Гн}.$$

Суммарная индуктивность:

$$L = L_{\text{В}} + L_{\text{Я}} = 0,933 + 0,0181 = 0,9511 \text{ мГн}.$$

Полученная ССДМ двигателя представлена на рис. 2.

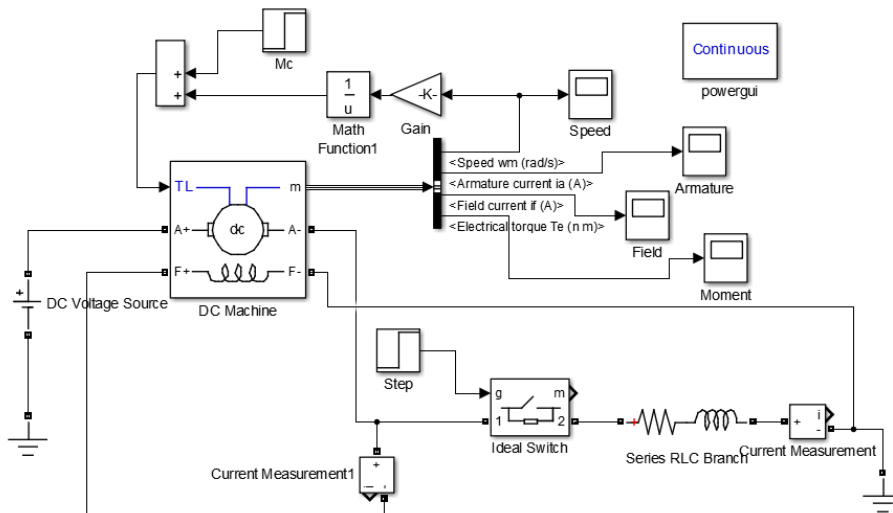


Рис. 2. ССДМ двигателя постоянного тока последовательного возбуждения в среде MatLab SimPowerSystems

Регулирование скорости вращения ДПВ осуществляется изменением питающего напряжения. Однако при увеличении питающего напряжения до максимально возможного, дальнейшее увеличение скорости вращения двигателя осуществляется с помощью уменьшения магнитного потока

обмоток возбуждения. Для этой цели используют шунтирующие резисторы $R_{ш}$ (резисторы ослабления возбуждения), которые подключаются параллельно обмотке возбуждения (ОВ).

При включении шунтирующего резистора уменьшается общее сопротивление параллельно включённых ОВ и $R_{ш}$. В результате этого уменьшается ток в обмотке возбуждения ОВ и увеличивается ток в обмотке якоря ОЯ. Поскольку в цепи ОВ имеется большая индуктивность, а в цепи шунтирования она отсутствует, то при переходных процессах распределение тока между этими ветвями будет различным. Это является недопустимым при эксплуатации ДПВ. К тому же при возможном кратковременном затухании питающего напряжения после восстановления напряжения ток в обмотке возбуждения будет нарастать гораздо медленнее, чем в обмотке шунтирования. Это может вызвать значительное увеличение тока якоря и стать причиной появления кругового огня по коллектору. Для равномерного распределения токов между параллельными ветвями используют индуктивные шунты (ИШ), которые подключают последовательно с шунтирующим резистором (блок *Series RLC Branch*).

Гиперболическая характеристика нагрузки моделируется блоком *Math Function 1*, постоянная составляющая момента сопротивления задается в блоке *Ms*.

Результаты моделирования переходного процесса по скорости вращения представлены на рис. 3.

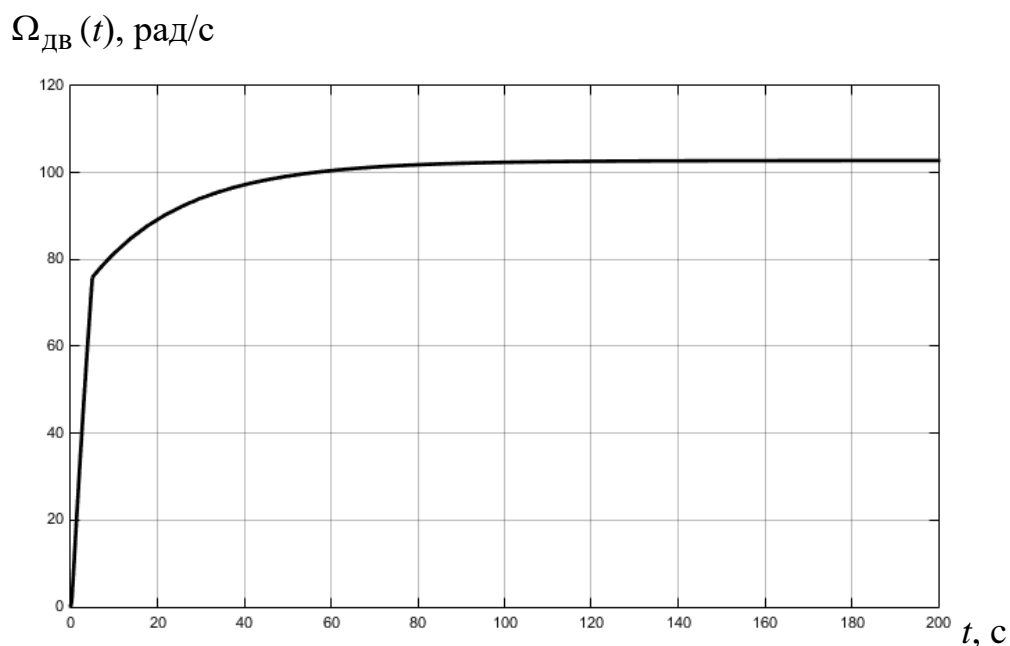


Рис. 3. График переходного процесса $\Omega_{дв}(t)$

Из анализа представленной зависимости следует, что время установления переходного процесса при заданном характере нагрузки достаточно велико и составляет около одной минуты, т. е. необходимо синтезировать управляющее устройство, обеспечивающее увеличение быстродействия электропривода.

Источники

1. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем. В 2 ч. Ч. 1: Анализ и синтез: учеб. пособие. Казань: Изд-во КГЭУ, 2018. 312 с.

УДК 621.314.263

ТЕПЛОЙ CFD РАСЧЕТ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТМ-160/10

Нгуен Тиен¹, Камиль Хабибович Гильфанов²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹nguyentien.tuson@gmail.com, ²kamil.gilfanov@yandex.ru

Силовые трансформаторы представляют собой наибольшую часть капитальных вложений в передающие и распределительные подстанции. Кроме того, отключения силового трансформатора наносят значительный экономический ущерб электрической сети. Одним из наиболее важных параметров, определяющих ресурс трансформатора, является значение температуры наиболее горячей точки, которая в свою очередь, определяется плотностью тепловых потоков. Известно, что максимальная температура является функцией нагрузок, перегрузок, режимов охлаждения и времени, традиционные методы расчета дают заниженные значения максимальных температур, особенно в тех случаях, когда тепловые переходные процессы не достигли установившихся состояний. Важной задачей является повышение качества трансформаторов, разработка наиболее прогрессивных технологий их производства, создание и применение наиболее современных и высокоэффективных материалов, а также уменьшение потерь энергии при их работе. Решение этих задач невозможно без глубокого понимания и изучения тепловых режимов трансформатора.

Ключевые слова: силовой трансформатор, максимальная температура, компьютерное моделирование.

THERMAL CFD CALCULATION OF POWER TRANSFORMER TM-160/10

Nguyen Tien, Camille Habibovich Gilfanov

Power transformers represent the largest part of capital investments in transmission and distribution substations. In addition, disconnections of the power transformer cause significant economic damage to the electrical network. One of the most important parameter that determines the resource of a transformer is the temperature of the hottest point, which in turn is determined by the density of the heat fluxes. It is known that the maximum

temperature is a function of loads, overloads, cooling regimes and time, traditional methods of calculation give an underestimate of the maximum temperatures, especially in cases where thermal transients have not reached steady state. An important task is to improve the quality of transformers, develop the most advanced technologies for their production, create and use the most modern and highly efficient materials, and reduce energy losses during their operation. The solution of these problems is impossible without a deep understanding and study of the thermal regimes of the transformer

Key words: power transformer, maximal temperature, computer simulation.

Силовые трансформаторы представляют собой наибольшую часть капитальных вложений в передающие и распределительные подстанции. Кроме того, отключения силового трансформатора наносят значительный экономический ущерб электрической сети. Одним из наиболее важных параметров, определяющих ресурс трансформатора, является значение температуры наиболее горячей точки, которая в свою очередь, определяется плотностью тепловых потоков. В работах [1–3] показано, что максимальная температура является функцией нагрузок, перегрузок, режимов охлаждения и времени. Важной задачей является повышение качества трансформаторов, разработка наиболее прогрессивных технологий их производства, создание и применение наиболее современных и высокоэффективных материалов, а также уменьшение потерь энергии при их работе [4]. Решение этих задач невозможно без глубокого понимания и изучения тепловых режимов трансформатора.

При нагрузке трансформатора, приводящей к режимам работы с температурой, превышающей допустимые нормы значения, износ изоляции повышается, происходит снижение надежности, а срок службы уменьшается. Защита трансформатора от перегрева вследствие недопустимых температур эксплуатации связана или с необходимостью уменьшения нагрузки, то есть нарушением его основной функции, или с применением средств форсирования охлаждения.

Целью данной работы является моделирование тепловых режимов трансформатора, исследование распределения тепловых потоков и температур в трансформаторе при различных режимах охлаждения и потерях мощности.

Согласно действующим стандартам превышением температуры какой-либо части трансформатора называется разность температур этой части и охлаждающей среды. Допустимые превышения температуры активной части трансформатора оказывают влияние на внутреннее устройство, размеры, нагрузочную способность, стоимость и режимы

эксплуатации трансформатора. Контроль за соответствием температуры самой нагретой точки трансформатора допустимой температуре является затруднительным для трансформаторов, поэтому ее определение экспериментальными методами или с помощью моделирования является актуальной задачей

В качестве объекта исследования выбран стержневой маслонаполненный трехфазный трансформатор ТМ-160/10. Расчет основных электрических величин и геометрических размеров трансформатора, необходимых для моделирования, произведен согласно методикам [5–6].

Моделирование теплообмена и гидродинамики проведено в среде трансформатора в пакете программ распространяемой версии ANSYS 17.1 [8–10].

Проведено аналогичное моделирование работы в режиме короткого замыкания при масляном наполнении трансформатора и при охлаждении воздухом температуры. Распределение температур и плотности тепловых потоков показано на рис. 1.

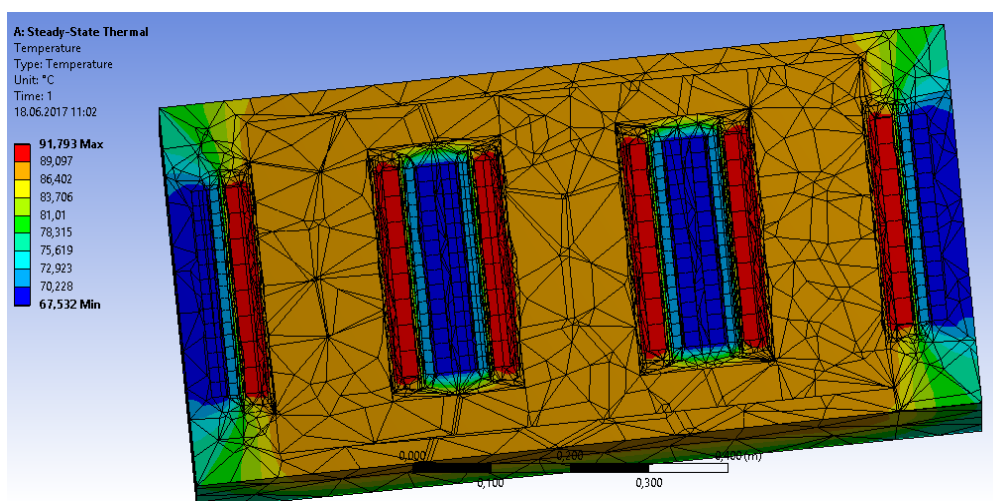


Рис. 1. Распределение температур в трансформаторе

Результаты свидетельствуют, что использование трансформаторного масла для наполнения трансформатора существенно уменьшает температуры в активной части. Распределение температур занимает диапазон 67–91 °С. Соответственно температура наиболее нагретой части равна 91 °С. На основании полученных данных определяются температуры наиболее нагретых точек трансформатора. Полученная зависимость хорошо аппроксимируется прямой, описываемой уравнением (рис. 2):

$$t = 0,0261 \cdot P + 22,06.$$

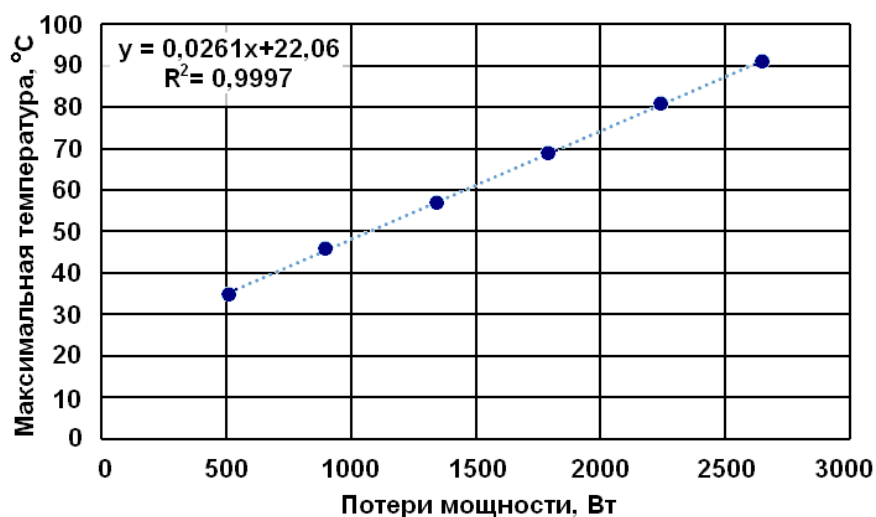


Рис. 2. Зависимость максимальной температуры трансформатора от потерь мощности

Проведено моделирование в среде Ansys 17.1 тепловых режимов работы трансформатора. Определено распределение температур в активной части трансформатора и вблизи нее, а также тепловых потоков. Предложена формула зависимости максимальной температуры (наиболее нагретой точки) от потерь мощности в диапазоне режимов холостого хода и короткого замыкания, определяющей его ресурс.

Источники

1. Thamir M. Abdul Wahhab, Methaq Talib Jabbar. Design and Simulation of 11/0.4 kV Distribution Transformer Using ANSYS // Eng. & Tech. Journal. 2014. Vol. 32, Part (A), № 2. P. 414–438.

2. Constantin D., Nicolae P.M., and Nitu, C.M. 3D Finite Element Analysis of a three phase power transformer // Full Paper sent for EUROCON 2013 Conference, Zagreb, Croatia, 2013.

3. Marina A. Tsili, Eleftherios I. Amoiralis, Antonios G. Kladas, Athanassios T. Souflaris (2012) Power transformer thermal analysis by using an advanced coupled 3D heat transfer and fluid flow FEM model // International Journal of Thermal Sciences. Elsevier, 53.

4. Susa D. Dynamic thermal modelling of power transformers: Ph. D. dis., Dept. of Electrical and Communications Eng., Helsinki Univ. of Tehnology, 2005.

5. Присмотрова Л.К., Пировских Е.Н., Пировских А.В. Проектирование силовых и специальных трансформаторов. Киров: Изд-во ВятГУ, 2006. 246 с.

6. Киш Л. Нагрев и охлаждение трансформаторов / пер. М.А. Бики. Москва: Энергия, 1980. 180 с.

7. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов. М.: Энергоатомиздат, 1986. 528 с.
8. URL: <http://lib.knigi-x.ru/23raznoe/126936-1.php>.
9. Югов В.П. Ansys 5.7 Thermal Analysis Guide. М.: CADFEM, 2001. 108 с.
10. Иванов Д.В., Доль А.В. Введение в AnsysWorkbench: учеб.-метод. пособие для студентов естественно-научных дисциплин. Саратов: Амирит, 2016. 56 с.

УДК 681.511

СИНТЕЗ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ ВЫСОКИХ ПОРЯДКОВ

Олег Владиславович Погодицкий¹, Николай Анатольевич Малёв²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹iskra_18@mail.ru, ²maleev@mail.ru

В работе рассматривается синтез цифрового фильтра пятого порядка на основе дискретной аппроксимации аналоговой модели в прецизионной быстродействующей измерительной системе. Показана возможность решения задачи увеличения точности за счет экспериментально-аналитического выбора частоты дискретизации и программная реализация цифрового алгоритма в среде CoDeSys с применением MatLab.

Ключевые слова: синтез, цифровой фильтр, измерительная система, частота дискретизации, экспериментально-аналитический выбор.

SYNTHESIS OF HIGH-ORDER DIGITAL FILTERS

Nikolay Anatolyevich Malev, Oleg Vladislavovich Pogoditsky

The paper considers the synthesis of a digital filter of the fifth order based on a discrete approximation of the analog model in a precision high-speed measuring system. The possibility of solving the problem of increasing the accuracy due to the experimental selection of the sampling frequency is shown. A software implementation of a digital algorithm in the CoDeSys environment using MatLab.

Key words: synthesis, digital filter, measuring system, sampling frequency, experimental and analytical choice.

Использование аналоговых фильтров в измерительных системах несмотря на сравнительную простоту реализации ограничено порядком этих устройств. В ряде случаев в быстродействующих прецизионных системах принимаются дополнительные меры по обеспечению устойчивости и качества процесса измерения [1]. В этом случае порядок аналоговых фильтров возрастает и их техническая реализация становится затруднительной.

В статье показана дискретная аппроксимация аналогового фильтра высокого порядка и получение векторно-матричного алгоритма работы цифрового фильтра измерительного контура (ЦФИК) в виде разностных уравнений в форме Коши с последующей реализацией полученного алгоритма на языке *Structured Text* (ST) в программной среде CoDeSys.

Аналоговый фильтр-прототип, полученный в ходе синтеза измерительной прецизионной быстродействующей системы имеет передаточную функцию:

$$W_{\text{фик}}(s) = \frac{0,01341s^4 + 5,878s^3 + 783,6s^2 + 101900s}{9,533 \cdot 10^{-10}s^4 + 7,019 \cdot 10^{-6}s^3 + 2,737 \cdot 10^{-3}s^2 + 0,1676s} \times \left(\frac{0,00051s + 1}{0,000001s + 1} \right)^2.$$

После соответствующего перемножения сомножителей и сокращения кратных нулей и полюсов получим выражение:

$$W_{\text{фик}}(s) = \frac{8,169741 \cdot 10^{16} s^5 + 3,35670678 \cdot 10^{20} s^4 + \rightarrow + 3,76093743 \cdot 10^{23} s^3 + 6,70377619 \cdot 10^{25} s^2 + 8,87538 \cdot 10^{27} s + 1,019 \cdot 10^{30}}{9533s^5 + 1,913619 \cdot 10^{10} s^4 + \rightarrow + 9,67340737 \cdot 10^{15} s^3 + 7,0244741676 \cdot 10^{19} s^2 + 2,7373352 \cdot 10^{22} s + 1,676 \cdot 10^{24}}.$$

Для дискретной аппроксимации применяем билинейное преобразование (метод Тастина) в соответствии с программой:

```

num=[8.169741e16 3.35670678e20 3.760937436e23
6.70377619e25 8.87538e27 1.019e30];
den=[9533.0 1.913619e10 9.67340737e15 7.0244741676e19
2.7373352e22 1.676e24];
Fs=70000;
[numd, dend]=bilinear(num, den, Fs)
numd =
    1.0e+12 *
    0.126405519237464    -0.624705741524430
1.234888606591265
-1.220485481330961    0.603100513884284    -0.119203416849176

dend =
    1.000000000000000    -1.390756930048289    -
1.006014537939447    1.673778280328536    0.235231814917807    -
0.512237128677794

```

Дискретная передаточная функция ЦФИК:

$$W_{\text{фик}}(z) = \frac{U_{\text{фик}}(z)}{\Delta U_{\alpha}(z)} = \frac{B(z)}{D(z)} = \frac{b_5 z^5 + b_4 z^4 + b_3 z^3 + b_2 z^2 + b_1 z + b_0}{z^5 + d_4 z^4 + d_3 z^3 + d_2 z^2 + d_1 z + d_0} =$$

$$= 10^{12} \frac{0,1264 z^5 - 0,6247 z^4 + 1,235 z^3 - 1,2205 z^2 + 0,6031 z - 0,1192}{z^5 - 1,3907 z^4 - 1,006 z^3 + 1,6738 z^2 + 0,2352 z - 0,5122}.$$

После преобразования будем иметь

$$W_{\text{фик}}(z) = \frac{U_{\text{фик}}(z)}{\Delta U_{\alpha}(z)} = \frac{B(z)}{D(z)} = \frac{b_5 + b_4 z^{-1} + b_3 z^{-2} + b_2 z^{-3} + b_1 z^{-4} + b_0 z^{-5}}{1 + d_4 z^{-1} + d_3 z^{-2} + d_2 z^{-3} + d_1 z^{-4} + d_0 z^{-5}}.$$

Перепишем последнее выражение в виде:

$$U_{\text{фик}}(z) = (b_5 + b_4 z^{-1} + b_3 z^{-2} + b_2 z^{-3} + b_1 z^{-4} + b_0 z^{-5}) \cdot E(z),$$

где $E(z) = \frac{\Delta U_{\alpha}(z)}{1 + d_4 z^{-1} + d_3 z^{-2} + d_2 z^{-3} + d_1 z^{-4} + d_0 z^{-5}}.$

$$E(z) = \Delta U_{\alpha}(z) +$$

$$+ \left[-d_4 E(z) z^{-1} - d_3 E(z) z^{-2} - d_2 E(z) z^{-3} - d_1 E(z) z^{-4} - d_0 E(z) z^{-5} \right].$$

Структурная схема программирования показана на рис. 1.

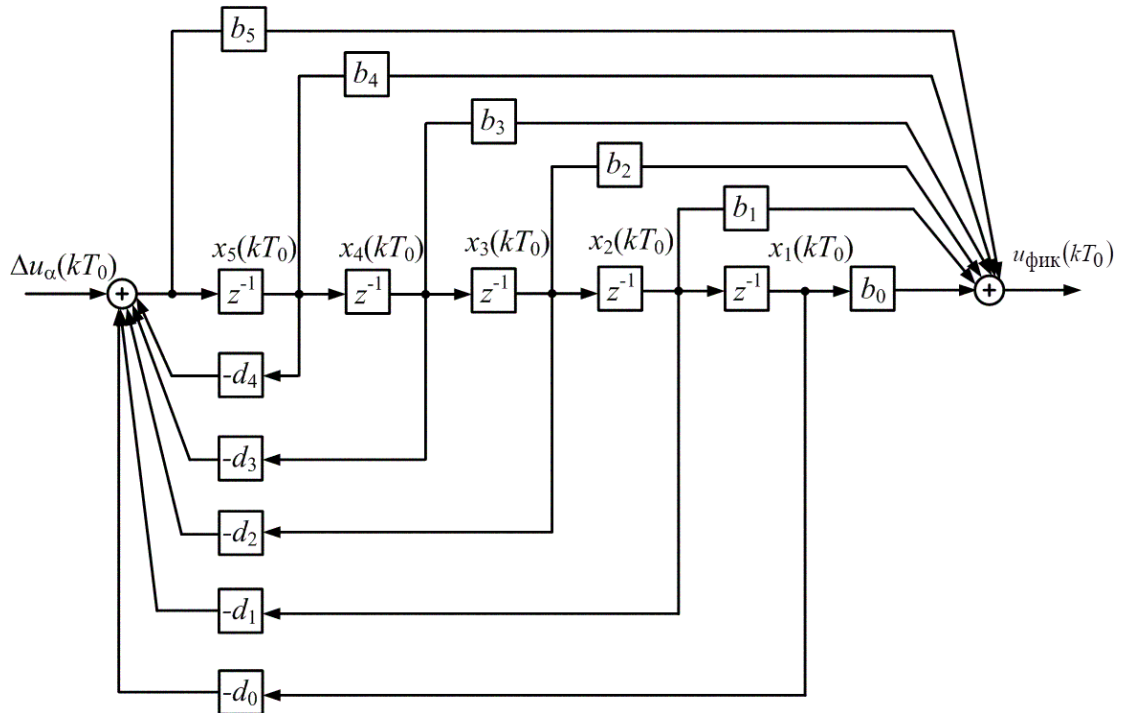


Рис. 1. Структурная схема непосредственного программирования цифрового фильтра измерительного контура

По схеме программирования, представленной на рис. 1, находим уравнения состояния:

$$\begin{aligned}
 x_1[(k+1)T_0] &= x_2(kT_0); \\
 x_2[(k+1)T_0] &= x_3(kT_0); \\
 x_3[(k+1)T_0] &= x_4(kT_0); \\
 x_4[(k+1)T_0] &= x_5(kT_0); \\
 x_5[(k+1)T_0] &= -d_0x_1(kT_0) - d_1x_2(kT_0) - d_2x_3(kT_0) - d_3x_4(kT_0) - \\
 &\quad -d_4x_5(kT_0) + \Delta u_\alpha(kT_0).
 \end{aligned}$$

и уравнение выхода:

$$\begin{aligned}
 u_{\text{фик}}(kT_0) &= (b_0 - d_0b_5)x_1(kT_0) + (b_1 - d_1b_5)x_2(kT_0) + \\
 &+ (b_2 - d_2b_5)x_3(kT_0) + (b_3 - d_3b_5)x_4(kT_0) + (b_4 - d_4b_5)x_5(kT_0) + b_5\Delta u_\alpha(kT_0).
 \end{aligned}$$

Векторно-матричная форма уравнений ЦФИК имеет вид:

$$\begin{bmatrix} x_1[(k+1)T_0] \\ x_2[(k+1)T_0] \\ x_3[(k+1)T_0] \\ x_4[(k+1)T_0] \\ x_5[(k+1)T_0] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -d_5 & -d_4 & -d_3 & -d_2 & -d_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(kT_0) \\ x_2(kT_0) \\ x_3(kT_0) \\ x_4(kT_0) \\ x_5(kT_0) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \Delta u_\alpha(kT_0);$$

$$\begin{aligned}
 u_{\text{фик}}(kT_0) &= [b_0 - d_0b_5 \quad b_1 - d_1b_5 \quad b_2 - d_2b_5 \quad b_3 - d_3b_5 \quad b_4 - d_4b_5] \times \\
 &\quad \times \begin{bmatrix} x_1(kT_0) \\ x_2(kT_0) \\ x_3(kT_0) \\ x_4(kT_0) \\ x_5(kT_0) \end{bmatrix} + [b_5] \Delta u_\alpha(kT_0).
 \end{aligned}$$

Полученную структуру ЦФИК можно реализовать в виде рабочей программы средствами MatLab. Для решения данной задачи сформируем типовую стандартную структуру фильтра в виде *Direct-Form I Transposed, Second-Order Sections* (каскадная из звеньев второго порядка с прямой транспонированной структурой) с помощью следующей программы:


```

num=[0.126405519237464*1.0e+12 -0.624705741524430*1.0e+12
1.234888606591265*1.0e+12 -1.220485481330961*1.0e+12
0.603100513884284*1.0e+12 -0.119203416849176*1.0e+12];
den=[1.0000000000000000 -1.390756930048289 -
1.006014537939447 1.673778280328536 0.235231814917807 -
0.512237128677794];
[s,G]=tf2sos(num, den);
Hd5=dfilt.df1sos(s,G)
Hd5 =
FilterStructure: 'Direct-Form I, Second-Order Sections'
Arithmetic: 'double'
sosMatrix: [3x6 double]
ScaleValues: [126405519237.464;1;1;1]
OptimizeScaleValues: true
PersistentMemory: false
save Hd5

```

Здесь: Hd5 – имя объекта dfilt (от англ. Discrete-time filter object); dfilt – тип объекта.

Поясним смысл дополнительных свойств sosMatrix и ScaleValues для объектов с каскадной структурой из звеньев 2-го порядка:

- FilterStructure – отображает структуру цифрового регулятора.
- Arithmetic – отображает форму представления данных в структуре цифрового регулятора и принимает значения: 'double' при представлении данных с плавающей точкой и двойной точностью; 'single' – данных с плавающей точкой и одинарной точностью; 'fixed' – данных с фиксированной точкой.

- sosMatrix – матрица коэффициентов s ; при использовании функции tf2sos коэффициенты s передаточной функции представляются в виде матрицы:

- ScaleValues – вектор коэффициентов усиления G , элементы которого равны:

- первый элемент – коэффициенту усиления на входе первого звена, то есть на входе структуры;
- второй – коэффициенту усиления на входе второго звена и т. д.;
- последний – коэффициенту усиления на выходе последнего звена, то есть на выходе структуры.

Выведем свойства sosMatrix и ScaleValues объекта Hd5, присваивая их значения переменным s и G :

```

s=get(Hd5,'sosMatrix')
s =
1.0000000000000000 -0.961118255599359 0
1.0000000000000000 0.754385952364437 0
1.0000000000000000 -1.981046907851616 0.981252400899398
1.0000000000000000 -0.150977488755682 -0.682993503417900
1.0000000000000000 -1.999911300400768 0.999919662637415
1.0000000000000000 -1.994165393657042 0.994170538487340
G=get(Hd5,'ScaleValues')
G =
1.0e+11 *
1.264055192374640
0.000000000010000
0.000000000010000
0.000000000010000

```

В данном случае вектор-столбец G содержит четыре элемента: $1.264055192374640 \cdot 1.0e+11$ – коэффициент усиления на входе первого звена (на входе структуры), 1.000000000000 – на выходе промежуточных звеньев и 1.000000000000 на выходе структуры.

Для создания модели цифрового регулятора в виде подсистемы запишем следующую программу:

```

load Hd5
realizemdl(Hd5)

```

В результате выполнения программы формируется файл с наименованием `Filter.slx` со структурой цифрового фильтра в виде Direct-Form I Transposed, Second-Order Sections. Схема ЦФИК представлена на рис. 2.

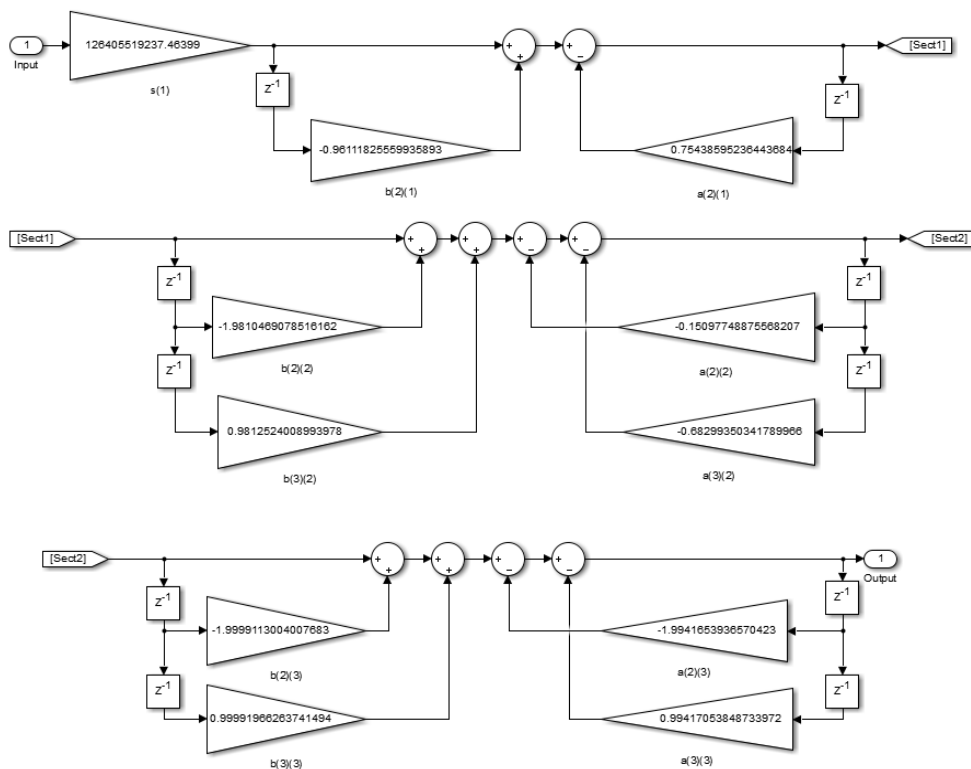


Рис. 2. Структурная схема ЦФИК в виде Direct-Form I Transposed, Second-Order Sections

Для программной реализации синтезированного цифрового регулятора на базе программируемого логического контроллера (ПЛК) используем его структуру, представленную на рис. 2.

На модели ЦФИК в среде Simulink выбираем во вкладке PLC Code опцию Generate Code for Subsystem. В результате в директории с исходным файлом модели ЦФИК создается папка plcsrc, в которой формируется файл Filter.exp, содержащий программу для реализации в CoDeSys 2.3, позволяющий актуализировать данный алгоритм фильтрации на ПЛК.

Отметим, что частота дискретизации F_s выбрана в процессе моделирования цифроаналоговой измерительной прецизионной системы. Так, при частоте дискретизации 1 кГц получен процесс измерения. Многократное повторное моделирование при экспериментальном подборе F_s показало, что значение 70 кГц приводит к устойчивому переходному процессу в измерительной системе при интегрировании методом Розенброка. Результаты моделирования показаны на рис. 3, 4.

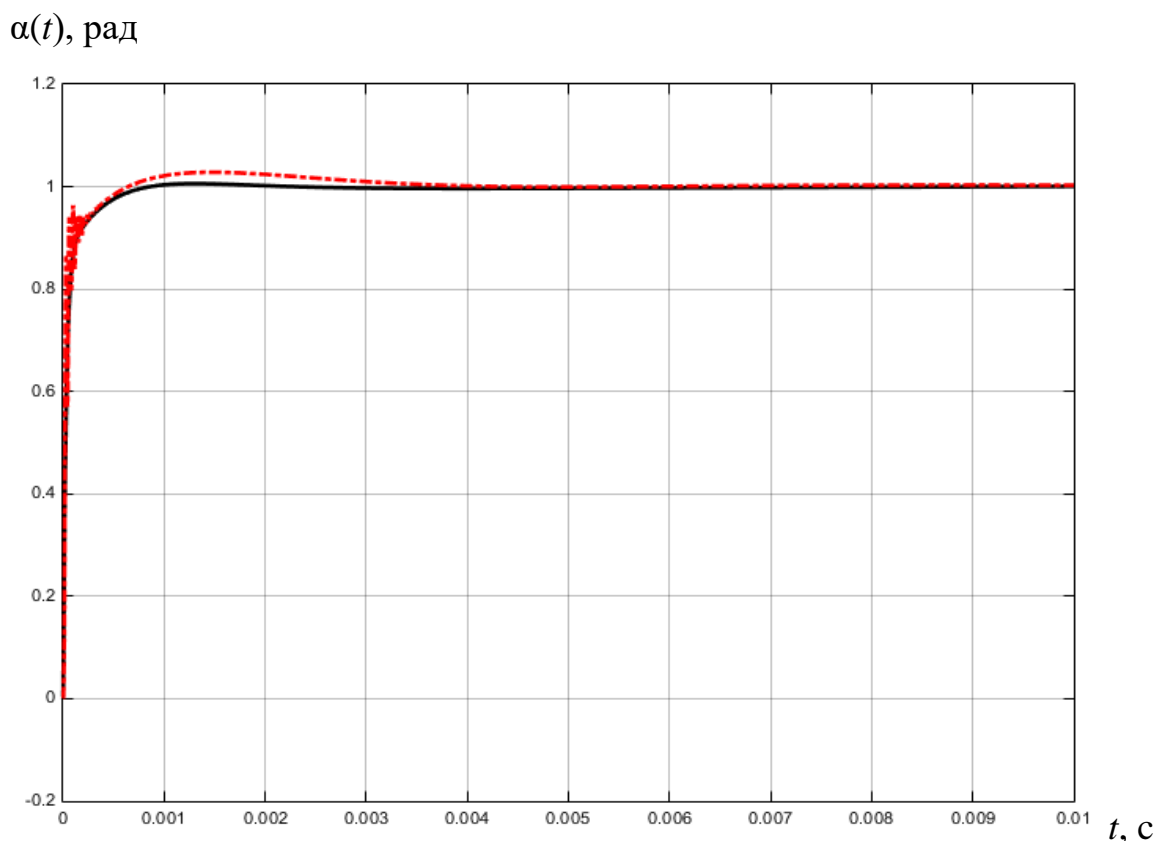


Рис. 3. Переходные характеристики измерительной системы с аналоговым $W_{\text{фик}}(s)$ и цифровым $W_{\text{фик}}(z)$ фильтрами

На графиках заметно отличие максимальных отклонений переходных характеристик с перерегулированием 2,8 % для цифрового фильтра

$W_{\text{фик}}(z)$ и 0,6 % для аналогового фильтра $W_{\text{фик}}(s)$. Кроме того, на начальном этапе процесса измерения имеют место искажения в виде небольших кратковременных (менее 0,0002 с) выбросов, не оказывающих существенного влияния на результаты измерения.

Графики, характеризующие точностные характеристики системы, показаны на рис. 4.

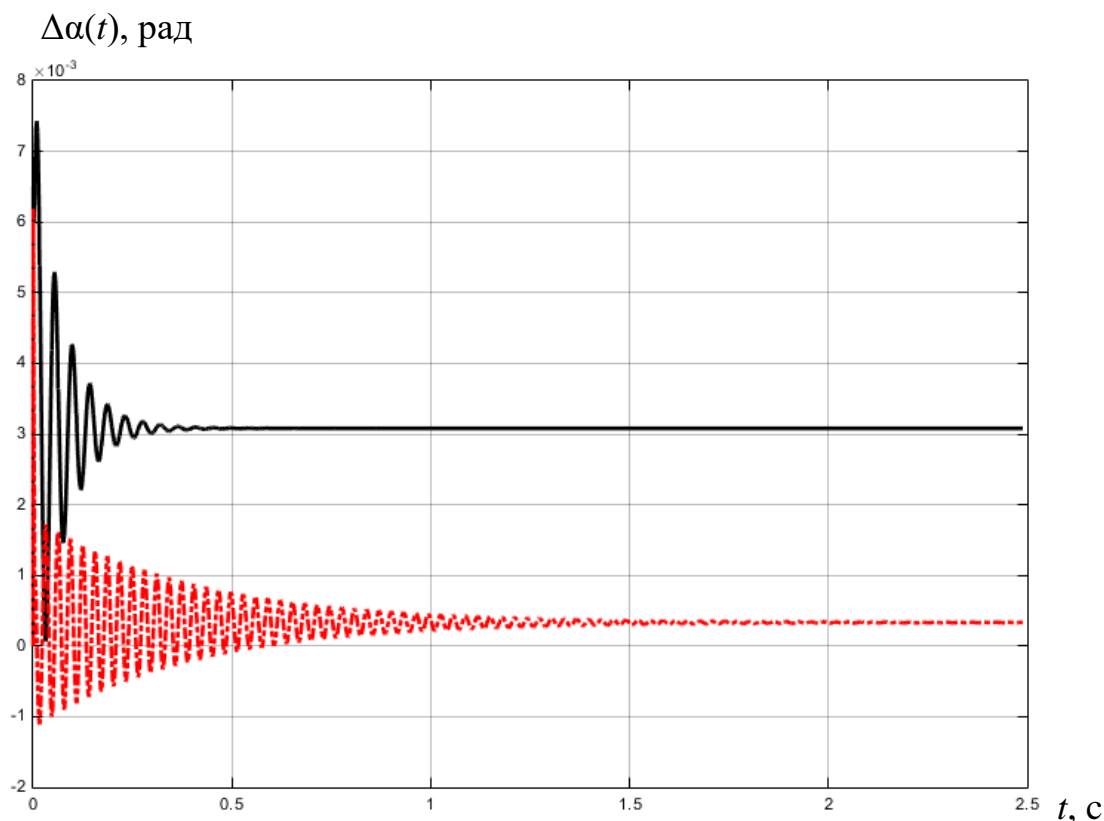


Рис. 4. Характеристики измерительной системы при линейно возрастающем задающем воздействии с аналоговым $W_{\text{фик}}(s)$ и цифровым $W_{\text{фик}}(z)$ фильтрами

Верхний график относится к системе с аналоговым фильтром и при обработке линейно возрастающего сигнала задания величина ошибки составляет 0,00308 рад (10,5 угл. мин).

Нижний график в системе с цифровым фильтром, показывает, что такая измерительная система обладает меньшей погрешностью с ошибкой 0,00033 рад (1,1 угл. мин).

Уменьшение установившейся ошибки обусловлено увеличением коэффициента передачи по скорости K_{ω} за счет уменьшения периода дискретности $T_0 = 1/F_s$. Для систем с астатизмом первого порядка запишем:

$$K_{\omega} = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{1}{T_0} W(z).$$

Установившаяся ошибка при обработке линейно возрастающего сигнала задания $\alpha_3 = \dot{\alpha}_0 t$:

$$\Delta\alpha_{уст} = \frac{\dot{\alpha}_0}{K_\omega},$$

где $\dot{\alpha}_0 = \text{const}$, рад/с.

Таким образом, проведенное исследование показало улучшение точностных характеристик прецизионной измерительной системы с цифровым фильтром пятого порядка, что доказывает безусловное преимущество применения цифровых технологий в измерительных системах данного класса.

Источники

1. Малёв Н.А., Погодицкий О.В., Цветков А.Н. Синтез и реализация цифрового регулятора высокого порядка на программируемом логическом контроллере // IX Междунар. (XX Всерос.) конф. по автоматизированному электроприводу АЭП-2016: сб. матер. Пермь, 2016. С. 187–190.

2. Погодицкий О.В. Цифровые системы управления: учеб. пособие. 2-е изд. перераб. и доп. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2010. 188 с.

УДК 681.513

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА САМОНАСТРАИВАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛЬЮ ПО ГРАДИЕНТНОМУ АЛГОРИТМУ

Динар Ильнурович Рахимов¹, Николай Анатольевич Малёв²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
^{1,2}maleev@mail.ru

В работе рассматриваются структурная схема и динамическая модель самонастраивающейся системы управления электропривода. В ходе исследования определены оценочная функция и алгоритм вычисления оценок параметров. Показана важность экспериментального подбора значений коэффициентов самонастройки, при которых блок адаптации приближает поведение системы в условиях влияния параметрических возмущений к поведению эталонной модели.

Ключевые слова: самонастраивающаяся система, эталонная модель, моделирование.

FEATURES OF SYNTHESIS OF SELF-ADJUSTING ELECTRIC DRIVE CONTROL SYSTEM WITH A REFERENCE MODEL BY GRADIENT ALGORITHM

Nikolay Anatolyevich Malev,
Dinar Ilnurovich Rakhimov

The paper discusses the structural scheme and dynamic model of the self-adjusting control system of the electric drive. The evaluation function and the algorithm for calculating parameter estimates were determined. The importance of experimental selection of the values

of the coefficients of self-tuning, in which the block of adaptation approximates the behavior of the system under the influence of parametric perturbations to the behavior of the reference model, is shown.

Key words: self-adjusting system, reference model, modeling.

Одной из задач управления электроприводом является достижение требуемого качества функционирования в условиях, когда классические подходы к синтезу систем на основе обратных связей по измеряемым переменным состояния оказываются недостаточными вследствие неполноты информационного обеспечения, возникающей в силу неконтролируемой нестационарности характеристик объекта и стохастической природы воздействий внешней среды. Эта задача может быть решена путем применения адаптивных систем управления.

Для синтеза структуры и алгоритмов управления воспользуемся беспыскным методом вычисления текущих значений градиента целевого функционала и настраиваемой эталонной модели объекта. Структурная схема системы изображена на рис. 1.

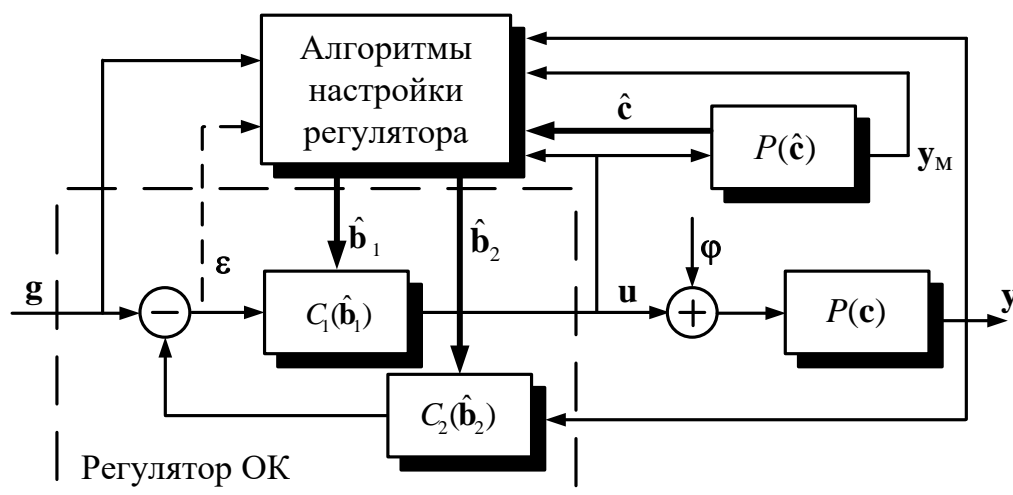


Рис. 1. Структурная схема самонастраивающейся системы с настраиваемой эталонной моделью объекта

Регулятор основного контура (ОК) с фиксированной структурой контроллеров $C_1(\mathbf{b}_1)$, $C_2(\mathbf{b}_2)$ настраивается параметрами $\hat{\mathbf{b}} = \text{col}(\hat{\mathbf{b}}_1; \hat{\mathbf{b}}_2)$. В алгоритмах настройки используется текущая измерительная информация в основном контуре: задание $\mathbf{g}(t)$, управление $\mathbf{u}(t)$, рассогласование $\boldsymbol{\varepsilon}(t)$, выходная координата $\mathbf{y}(t)$ и оценки текущих и неизвестных параметров ($\hat{\mathbf{c}}$) объекта управления, заданного оператором $P(\mathbf{c})$. Для вычисления оценок $\hat{\mathbf{c}}$ используется настраиваемая эталонная модель с оператором $P(\hat{\mathbf{c}})$, эквивалентным оператору $P(\mathbf{c})$.

Для решения задачи синтеза используем критерий оценивания $Q(\mathbf{y}_M - \mathbf{y}) = Q(\mathbf{e})$ и вычисление $\hat{\mathbf{c}}$ по алгоритму градиентного спуска:

$$\dot{\hat{\mathbf{c}}} = -\Gamma \nabla_{\hat{\mathbf{c}}} Q(\mathbf{e}(t)), t \geq 0, \Gamma = \Gamma^T > 0, \quad (1)$$

где \mathbf{e} – невязка; Γ – положительно определенная числовая матрица коэффициентов самонастройки.

Для нахождения компонент градиента оценочной функции $\nabla_{\hat{\mathbf{c}}} Q$ применим метод вспомогательного оператора:

$$\frac{\partial Q}{\partial \hat{c}_i} = \left(\frac{\partial \mathbf{e}}{\partial \hat{c}_i} \right)^T \frac{\partial Q}{\partial \mathbf{e}},$$

где частные производные $\frac{\partial \mathbf{e}}{\partial \hat{c}_i}$ – элементы матрицы Якоби $E = \frac{\partial \mathbf{e}^T}{\partial \hat{\mathbf{c}}}$ размерностью $k \times n$, k – число вычисляемых оценок \hat{c}_i . Дифференцируя $\mathbf{y}_M - \mathbf{y} = \mathbf{e}$ по \hat{c}_i , получим:

$$\frac{\partial \mathbf{e}}{\partial \hat{c}_i} = \frac{\partial \mathbf{y}_M}{\partial \hat{c}_i} = \frac{\partial}{\partial \hat{c}_i} P(\hat{\mathbf{c}}) \mathbf{u} = \frac{\partial P(\hat{\mathbf{c}})}{\partial \hat{c}_i} \mathbf{u} = G_i(\hat{\mathbf{c}}) \mathbf{u},$$

где скалярная функция $G_i(\hat{\mathbf{c}})$ – вспомогательный оператор или функция чувствительности оператора настраиваемой модели $P(\hat{\mathbf{c}})$ к изменениям оценок \hat{c}_i .

Тогда $\nabla_{\hat{c}_i} Q = G_i(\hat{\mathbf{c}}) \left(\frac{\partial Q}{\partial \mathbf{e}} \right)^T \mathbf{u}$, а алгоритм вычисления $\hat{\mathbf{c}}$ в виде (1)

окончательно записывается как система алгоритмов вычисления текущих оценок $\hat{c}_i(t)$:

$$\dot{\hat{c}}_i(t) = -\gamma_i G_i(\hat{\mathbf{c}}) \left(\frac{\partial Q(\mathbf{e}(t))}{\partial \mathbf{e}} \right)^T \mathbf{u}(t). \quad (2)$$

Здесь начальные оценки $\hat{c}_i(0)$ заданы; $\gamma_i > 0$ выбираются из условия сходимости и качества процедуры (2); вектор $\frac{\partial Q}{\partial \mathbf{e}}$ раскрывается в явной аналитической форме; $\mathbf{u}(t)$ – текущее управляющее воздействие.

Полная структурная схема беспойсковой градиентной системы управления с настраиваемой эталонной моделью объекта изображена на рис. 2.

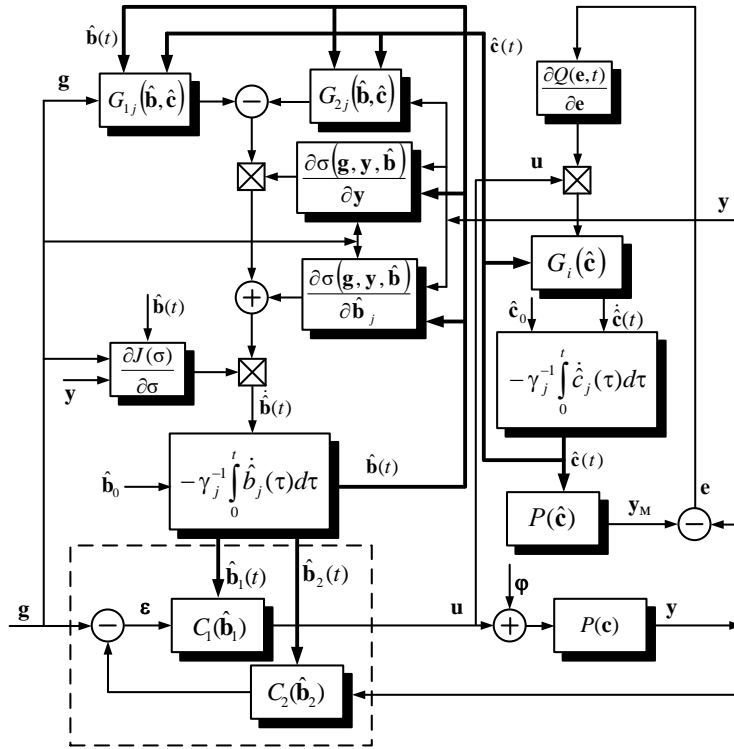


Рис. 2. Структурная схема беспоисковой градиентной системы управления электропривода с настраиваемой эталонной моделью объекта

На рис. 2 $J(\sigma)$ – оператор преобразования функции обобщенной ошибки адаптивного управления $\sigma(\mathbf{g}, \mathbf{y}, \hat{\mathbf{b}})$. Выберем обобщенную ошибку адаптивного управления $\sigma = (y_M - y)^2 = e^2$ и $J = \sigma$. Для квадратичной оценочной функции $Q = e^2(t)$ алгоритмы вычисления оценок параметров соответствуют дифференциальным уравнениям

$$\dot{\hat{c}}_i(t) = -\gamma_i G_i(\hat{\mathbf{c}}) u(t) e(t) = -\gamma_i \frac{\partial \Phi_M(s, \hat{\mathbf{c}})}{\partial \hat{c}_i} u(t) e(t),$$

где начальные оценки $\hat{c}_i(0)$ заданы. Передаточная функция настраиваемой эталонной модели имеет тот же характеристический полином, что и передаточная функция основного контура при расчетных значениях параметров.

Целью адаптивного управления является стабилизация динамических свойств электропривода относительно настраиваемой эталонной модели при неконтролируемых изменениях параметров. Немаловажной задачей синтеза является определение коэффициентов самонастройки γ_i , оказывающих существенное влияние на качество процессов в адаптивной системе.

РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ»

Наталья Владимировна Роженцова¹, Вилия Равильевна Иванова²,
Александр Владимирович Купоросов³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹ natalia15969@yandex.ru, ²vr-10@mail.ru, ³skuporosov@mail.ru

В работе рассматривается разработанный учебно-лабораторный стенд «Автоматизированная система вентиляции», предназначенный для выполнения лабораторных работ, который является моделью системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

Ключевые слова: автоматизация, вентиляционная система, оборудование, учебно-лабораторный стенд, логические контроллеры, программное обеспечение, вентиляторы, насосы, вытяжная система, приточная система.

DEVELOPMENT OF THE EDUCATIONAL LABORATORY STAND “THE AUTOMATED VENTILATION SYSTEM”

Natalia Vladimirovna Rozhentsova, Vilia Ravilyevna Ivanova,
Alexander Vladimirovich Kuporosov

The paper discusses the developed automated laboratory “Automated ventilation system”, designed to perform laboratory work, which is a model of the ventilation and air conditioning system.

Key words: the automation, a ventilation system, the equipment, the training and laboratory bench, a logic controllers, the software, a fans, a pumps, the exhaust system, the intake system.

Учебно-лабораторный стенд «Автоматизированная система вентиляции» разработан и предназначен для проведения лабораторных работ по изучению элементов автоматики систем вентиляции и кондиционирования воздуха, способов регулирования и контроля температуры.

Стенд состоит из макета, на котором находятся исполнительные механизмы и контрольно-измерительное оборудование; шкафа управления системой и SCADA-системы, предназначенной для обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте управления.

Был произведен выбор контроллерного оборудования и разработано программное обеспечение. Также разработаны алгоритмы системы вентиляции; функциональные блоки, позволяющие корректно работать исполнительным механизмам (вентиляторы, насосы, регулируемые клапаны и т. д.) вытяжной и приточной систем. А именно ротация вентиляторов по наработке, работа системы при аварийных ситуациях, срабатывание защит при авариях и т. д.

Данный стенд является моделью системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Реализован программно-технический комплекс, позволяющий проводить на ней тестирование и отладку систем управления (например, щиты автоматизации) и программного обеспечения как для контроллерного оборудования, так и для систем диспетчеризации (SCADA-система).

Лабораторный стенд «Автоматизированная система вентиляции» может быть применен в рамках учебного процесса, согласно учебного плана по профилю «Техническое и информационное обеспечение проектирования и функционирования электроэнергетического хозяйства потребителей». Определена общая структура и этапы выполнения лабораторно-практических работ. В процессе выполнения лабораторных работ студенты создают простой программно-технический комплекс с системой диспетчеризации. Выполнение лабораторных работ дает студентам общее представление о программируемых логических контроллерах, о том, как разрабатывается программное обеспечение для них.

Источники

1. Роженцова Н.В., Садыков И.Р. Регулятор мощности с управлением унифицированными сигналами // Актуальные научные исследования в современном мире. 2018. № 5(37). С. 102.

2. Фетисов Л.В., Игнатъев А.Г. Хазиев Р.Р. Разработка энергосберегающих мероприятий в сфере жилищно-коммунального хозяйства // Новите постижения на Европейската наука – 2014: матер. за X Междунар. науч. практ. конф. София, 2014. Т. 22. С. 24–27.

3. Фетисов Л.В., Хайруллин Р.Р. Анализ энергосберегающих технологий при эксплуатации промышленных зданий // Теоретические и практические аспекты научных исследований: матер. Междунар. науч.-практ. конф. София, 2017. С. 152–156.

УДК 629.03

ГИБРИДНАЯ СИЛОВАЯ УСТАНОВКА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Николай Анатольевич Рыбушкин¹, Анатолий Юрьевич Афанасьев²

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

^{1,2}afanasiev_eo@mail.ru

Объект исследования – гибридная силовая установка транспортного средства с синхронным электродвигателем с магнитной редукцией. Цель работы – разработка функциональной и принципиальной схемы и схемы расположения гибридной силовой установки (ГСУ) и расчёт основных узлов установки. Разработана конструкция

синхронного электродвигателя с магнитной редукцией. Выбраны накопители электрической энергии и усилительно-преобразовательные устройства. Приведенные результаты могут быть применены при дальнейшей разработке ГСУ транспортных средств.

Ключевые слова: энергосбережение, гибридная силовая установка, турбовальный двигатель, электропривод, синхронный электродвигатель, преобразователь частоты, конвертор, накопитель энергии.

HYBRID POWER INSTALLATION OF VEHICLE

Nikolay Anatolievich Rybushkin, Anatoly Yuryevich Afanasyev

The object of study is a hybrid power installation of vehicle with a synchronous electric motor with magnetic reduction. The purpose of the work is the development of a functional and conceptual scheme and layout of the GPI and the calculation of the main installation units. A construction of a synchronous electric motor with magnetic reduction was developed. Electric energy storage devices and amplifier-converting devices are selected. The results can be applied in the further development of the GPI of vehicles.

Key words: energy saving, hybrid power plant, turboshaft engine, electric drive, synchronous electric motor, frequency converter, converter, energy storage.

ГСУ применяются для достижения следующих целей: экономия топлива; уменьшение выброса вредных веществ в атмосферу; повышение надёжности транспортного средства. В настоящей работе приводятся результаты проектирования ГСУ для несущего винта вертолёта. Выполняется оптимальный подбор основных узлов ГСУ, способных реализовать поставленные цели. Построены функциональные и принципиальные электрические схемы установки, выполнен её расчёт [1].

На рис. 1 представлена функциональная схема ГСУ. При запуске ТВД во вращение приводятся генераторы, которые вырабатывают трёхфазное напряжение. Выпрямители преобразуют переменное напряжение в постоянное и подают его на конверторы, где напряжение повышается и стабилизируется для подачи на преобразователь частоты. Преобразователь частоты формирует трёхфазную систему напряжений необходимой частоты на обмотку синхронного электродвигателя, приводя его во вращение. Встроенный в конструкцию синхронного электродвигателя магнитный редуктор преобразует частоту вращения до необходимой для несущего винта.

При этом параллельно происходит подзарядка аккумуляторных батарей через конвертор. В режимах повышенной нагрузки они параллельно с основной цепью выдают электроэнергию на синхронный двигатель. Управляющее устройство служит для формирования необходимого уровня напряжений на конверторах и регулирования работы ПЧ по напряжению и частоте [2].

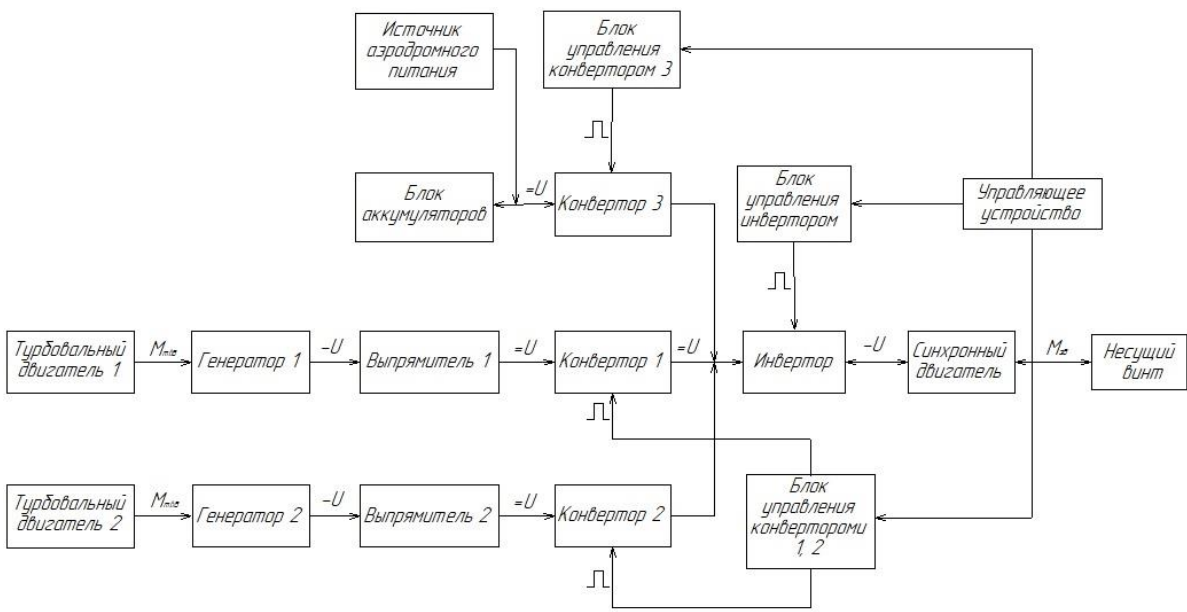


Рис. 1. Функциональная схема ГСУ

Электрическая принципиальная схема ГСУ представлена на рис. 2.

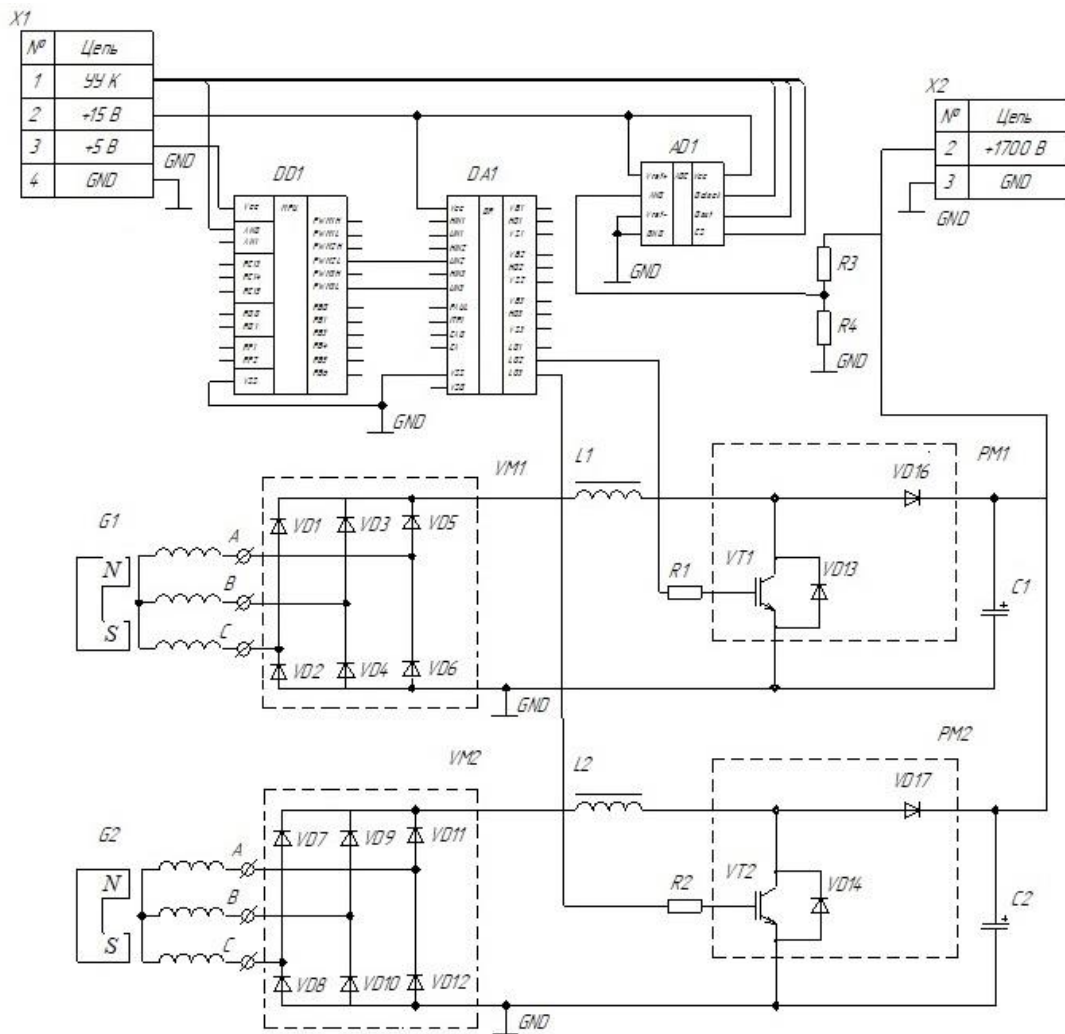


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема ГСУ вертолёта

Исходя из характеристик турбовального двигателя, получим:

$$f = \frac{pn}{60}; \quad \omega = \frac{\pi n}{30}.$$

Номинальный момент генератора:

$$M = \frac{P_0}{\omega}.$$

В качестве генератора переменного тока $G1$ и $G2$ возьмём двигатель-генератор «ОРИОН-18-1-14» с таким моментом. Основные характеристики следующие:

1. Синхронный двигатель-генератор магнитно-реактивного типа, с постоянными магнитами железо-неодим-бор, 8 полюсов.
2. Мощность двигателя – 225 кВт, КПД – 98%, масса – 350 кг, фланец – 300×300 мм, длина корпуса – 750 мм, диаметр вала – 50 мм.
3. Номинальный момент – 717 Н·м, пиковый – до 2500 Н·м, номинальная скорость – 3000 об/мин, максимальная скорость – 8000 об/мин.
4. Номинальное напряжение питания – 3 фазы, 380...400 В, частота до 530 Гц.

Максимально вырабатываемый ток:

$$I_{\phi} = \frac{P}{3U_{\phi} \cos \varphi}.$$

От генератора переменного тока питание подаётся на неуправляемый выпрямитель. Оптимальной схемой является схема Ларионова, которую реализуем на базе диодного модуля $VM1$ и $VM2$.

Он подбирается по следующим основным параметрам:

1. Максимальное значение тока диода: $I_d = I_{\max} = I_{\phi}/0,58$;
2. Среднее значение тока диода: $I_{\text{ср}} = 0,33I_d$;
3. Действующее значение тока диода: $I_B = I_{\phi}$;
4. Максимальное обратное напряжение:

$$U_{\text{обрmax}} = 1,05 \cdot U_{d0} = 1,05 \cdot \frac{U_{\phi}}{0,427}.$$

Выпрямитель преобразует переменное напряжение в постоянное и подаёт его на конвертор, где величина напряжения повышается и стабилизируется для подачи на преобразователь частоты (инвертор). Силовая часть конвертора реализуется на базе $IGBT$ модуля ($PM1$ и $PM2$ (рис. 2), и $PM1$ (рис. 3)), состоящего из транзисторного ключа и обратных диодов, который подбирается по следующим требованиям:

- номинальное напряжение на выходе конвертора (напряжение шины постоянного тока);
- максимальное значение тока на выходе преобразователя частоты;
- встроенная защита основных узлов;
- частота ШИМ от 2 кГц до 10 кГц.

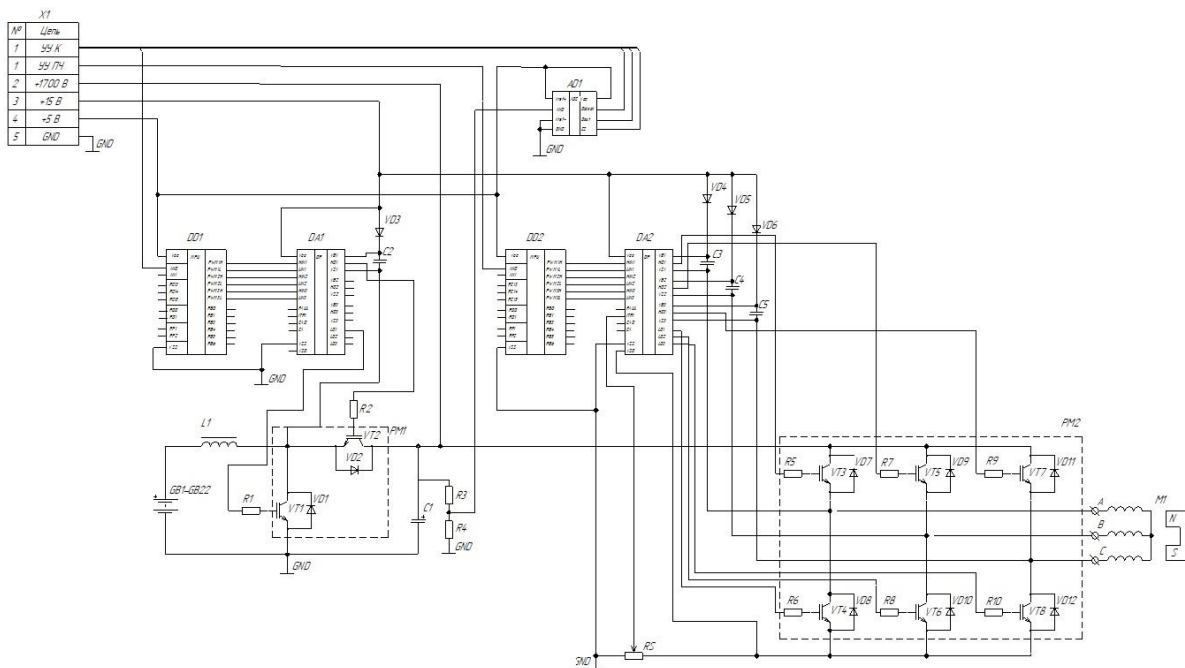


Рис. 3. Электрическая принципиальная схема ГСУ вертолёта

Преобразователь частоты формирует трёхфазную систему напряжений необходимой частоты на обмотку синхронного электродвигателя, приводя его во вращение. Силовая часть инвертора реализуется на базе *IGBT* модуля *PM2*, состоящего из шести транзисторных ключей и обратных диодов, который подбирается исходя из следующих характеристик синхронного электродвигателя: U_m , $\cos\phi$ и $f_{и}$ [3].

Управляющее устройство служит для формирования управляющих сигналов на блоки управления конвертором и инвертором. В состав блока управления входят драйвер *DA1* и *DA2* и микроконтроллер *DD1* и *DD2*. Блоки необходимы для поддержания стабильного напряжения на выходе конвертора и для регулирования работы преобразователя частоты по напряжению и частоте.

Подходящий под параметры преобразователя частоты является драйвер фирмы *Semikron*, модель *SKNI 10/17*.

Одним из лучших вариантов по соотношению цена/производительность для построения преобразователя частоты на специализированном микроконтроллере является семейство устройств фирмы *Microchip dsPIC30F*. Все микроконтроллеры *dsPIC30F* имеют несколько 16-разрядных

таймеров. Помимо обычных модулей широтно-импульсной модуляции (ШИМ) в контроллерах dsPIC существуют специализированные модули, которые призваны облегчить формирование многоканальных синхронизированных импульсов ШИМ для систем управления электроприводом и преобразователями мощности.

В качестве электродвигателя М1 выбран синхронный электродвигатель с магнитной редукцией торцевого исполнения. Преимуществами данной конструкции электродвигателя является отсутствие механических контактов между подвижными частями, бесшумность в работе, высокий срок службы, определяемый подшипниками, допустимость ударных нагрузок, так как связь между роторами осуществляется через магнитное поле. Различные угловые размеры ферромагнитных элементов дисков статора и ротора медленного вращения обеспечивают отсутствие магнитного прилипания и вибрации [4].

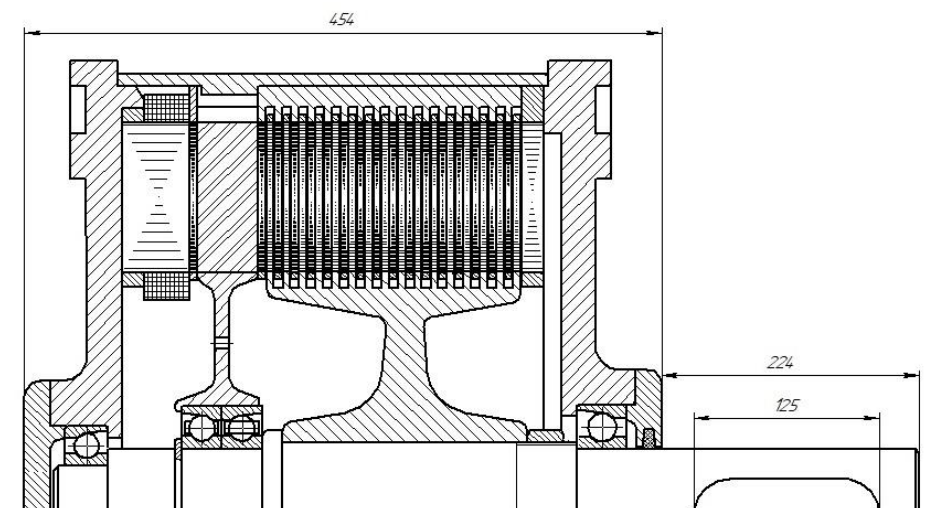


Рис. 4. Вид в разрезе синхронного электродвигателя с магнитной редукцией

Конструкция рассчитанного электродвигателя приведена на рис. 4. Для оптимизации параметров синхронного электродвигателя с точки зрения необходимых конструктивных соображений была разработана программа в системе Turbo-Pascal. Благодаря расположению активной зоны на большом радиусе от оси удалось достичь существенного снижения массы двигателя при достижении требуемой мощности, которая составила 741 кВт.

Накопитель энергии GB1-GB22 должен отвечать следующим требованиям:

1. Номинальное напряжение не менее $1/3$ от напряжения питания преобразователя частоты (для возможности его стабилизации на конверторе).

2. Ёмкость накопителя энергии достаточна для резервирования питания синхронного электродвигателя в случае аварийного отказа одного из турбовальных двигателей.

Блок аккумуляторов подобран таким образом, чтобы в 2,5-минутном аварийном режиме при отказе одного из ТВД накопитель энергии выдавал достаточную мощность на несущий винт для нормального функционирования вертолёт.

Кроме расчёта и подбора основных узлов ГСУ важным вопросом является расположение установки на вертолёте. На рис. 5 приведена схема расположения ГСУ. Стоит отметить, что генератор переменного тока и синхронный электродвигатель располагаются на месте расположения механического редуктора, не занимая большее пространство. В блок силовой электроники входят выпрямители, конвертеры и преобразователь частоты. Блок аккумуляторов расположен в нише под кабиной пилотов, что упрощает возможность их оперативной замены и подзарядки от аэродромного источника питания.

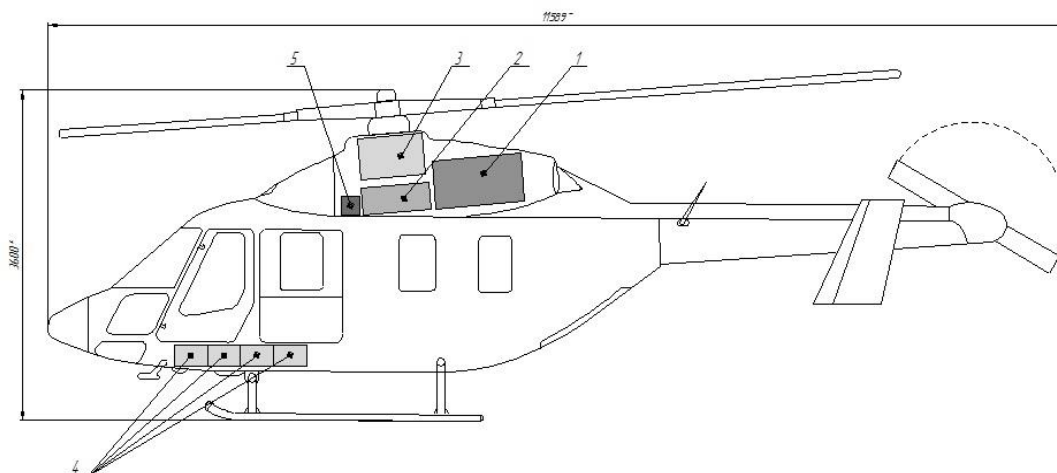


Рис. 5. Схема расположения узлов ГСУ вертолёт: 1 – турбовальный двигатель; 2 – генератор переменного тока; 3 – синхронный электродвигатель с магнитной редукцией торцевого исполнения; 4 – блок аккумуляторов; 5 – блок силовой электроники

Данная работа является в определённом смысле пионерской и открывает путь к созданию принципиально новых авиационных энергетических систем. Учитывая тенденцию развития энергетических установок летательных аппаратов по использованию тяговых электрических двигателей, представляется целесообразным дальнейшее исследование и разработка гибридных силовых установок с использованием более совершенных источников и новых накопителей электрической энергии.

Источники

1. Терещук В.С., Новосельский В.Г., Шакирзянова Н.Ш. Системы электрооборудования летательных аппаратов: учеб. пособие. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2017. 374 с.
2. Афанасьев А.Ю. Основы автоматизированного электропривода. Учебное пособие. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2005. 125 с.
3. Ланцов В., Эраносян С. Интеллектуальная силовая электроника: вчера, сегодня, завтра // Силовая электроника. 2006. № 1.С. 4–7.
4. Синхронный электродвигатель с магнитной редукцией: пат. 2375806 Рос. Федерация № 2008139836/09; заявл. 07.10.08; опубл. 10.12.09, Бюл. № 34.

УДК 621

МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ

Эльза Мизхатовна Сафина

ГБОУ ВО «АГНИ», г. Альметьевск
safelm@mail.ru

В статье рассматривается применение преобразователя частоты серии РИТМ для мягкого многоступенчатого частотного пуска и микропроцессорной защиты серии Sepam создание энергосберегающих режимов эксплуатации высоковольтных асинхронных и синхронных электроприводов.

Ключевые слова: буровая установка, скважина, преобразователь частоты, микропроцессорная защита.

MODERNIZATION OF RELAY PROTECTION AND ELECTRIC EQUIPMENT OF DRILLING RIG

Elsa Mizkhatovna Safina

The article discusses the use of a frequency converter of the RHYTHM series for “soft” multistage frequency start-up and the creation of energy-saving operating modes for high-voltage asynchronous and synchronous electric drives and the use of Sepam series microprocessor protection.

Key words: drilling rig, well, frequency converter, microprocessor protection.

Буровая установка – комплекс бурового оборудования и сооружений, предназначенных для бурения скважин. Бурение является энергоемкой отраслью нефтяной промышленности, причем основной объем электроэнергии потребляют привод буровых насосов и лебедок. Значительный

рост стоимости электроэнергии, получаемой от источников централизованного электроснабжения, и стоимости линий электропередачи, а также наметившиеся тенденции перехода к автономному энергоснабжению с источниками ограниченной установленной мощности выводят на первый план задачи энергосбережения [5].

Главным резервом экономии электроэнергии в промышленности является совершенствование существующих и применение новых энергосберегающих технологий. Экономия электроэнергии означает прежде всего уменьшение потерь электроэнергии во всех звеньях системы электроснабжения и в самих электроприемниках.

Буровые установки для разработки и разведки нефтяных и газовых месторождений в общем виде включают в себя: спускоподъемное оборудование (главная лебедка, вспомогательная лебедка, тали электрические); циркуляционное оборудование и системы очистки бурового раствора (буровые насосы, шламовые насосы, вибросита, центрифуги); буровые сооружения (буровые вышки, мостики, основания вышки, стеллажи); противовыбросное оборудование (гидронасосы); оборудование для приготовления буровых растворов (шламовые насосы, гидроворонки, гидромешалки); оборудование для создания сжатого воздуха (компрессоры).

Установка состоит из вышечного, насосного, компрессорного блоков и циркуляционной системы.

Электрический привод буровой лебедки должен выполнять процесс подъема колонны бурильных труб за минимальное время и с наименьшими потерями энергии. К электроприводу буровой лебедки можно отнести следующие основные требования [1]:

- в процессе подъема колонны двигатель должен развивать такой момент и такую мощность, чтобы их было достаточно для преодоления сил трения и подъема полного веса колонны при минимальной допустимой скорости подъема (работа на низшей передаче редуктора);

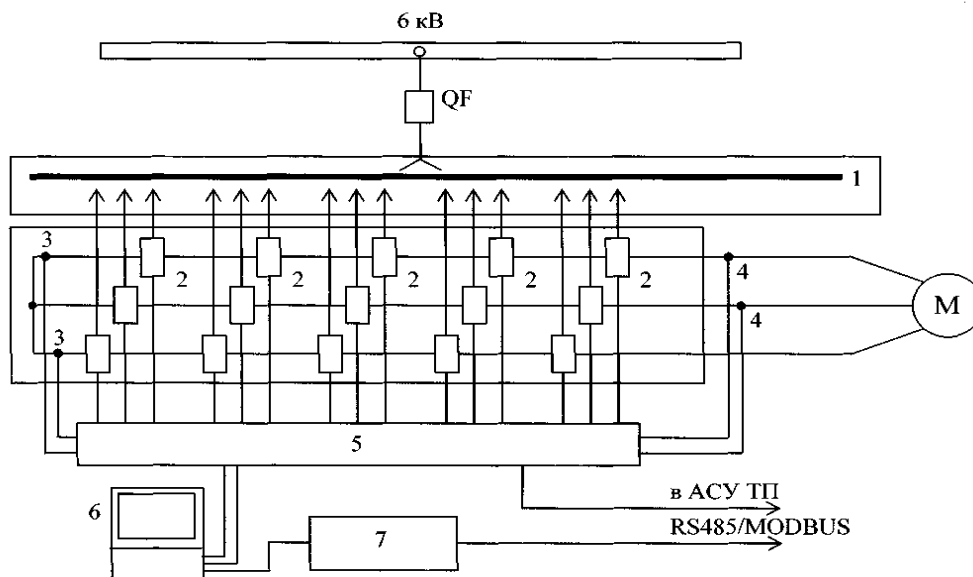
- по мере уменьшения веса колонны на одну свечу скорость подъема можно увеличивать, чтобы нагрузка электродвигателя оставалась постоянной и равной предельно-допустимой, т. е.: $P_{дв} = P_{н}$.

- электропривод буровой лебедки работает в перемежающемся режиме, когда время эксплуатации электродвигателя чередуется с паузами, причем в течение часа число таких циклов может быть 25...30. Во время вспомогательных операций электродвигатель остается работать в холостом режиме работы.

Для улучшения работы буровых насосов и исключения остановок необходимо регулирование их производительности в зависимости от давления на нагнетании путем плавного изменения числа ходов поршня, т. е. необходимо на валу электродвигателей насосов поддерживать постоянный вращающий момент с помощью автоматизированного электропривода. В итоге уменьшается время подъема колонны буровых труб, увеличивается скорость бурения скважины и исключаются динамические нагрузки во время пуска и торможения электродвигателей.

Основная модернизация систем электропривода буровой установки сводится к внедрению систем автоматизированного электропривода. Одной из них является преобразователь частоты (ПЧ) серии «РИТМ», который используется для мягкого многоступенчатого частотного пуска и создания энергосберегающих режимов эксплуатации высоковольтных асинхронных и синхронных электроприводов мощностью 250–11000 кВт с номинальным напряжением 3, 6 и 10 кВ.

Структурная схема преобразователя частоты представлена на рисунке.



Структурная схема преобразователя частоты: 1 – фазосдвигающий трансформатор; 2 – силовой модуль с IGBT трансформаторами; 3 – контроль выходного тока; 4 – контроль выходного напряжения; 5 – контроллер; 6 – промышленный ПС; 7 – блок РЛС (сигналов физического уровня)

Преобразователи частоты данной серии имеют следующие преимущества:

- прямое подключение к высоковольтному напряжению 3, 6 и 10 кВ за счет использования специальной конструкции сухих многообмоточных трансформаторов, входящих в состав ПЧ;

- использование силовых модулей с *IGBT*-транзисторами по технологии прямого преобразования с применением принципа «чистый синус»;
- пульт управления реализован на сенсорном экране промышленного компьютера и имеет интуитивно понятный интерфейс на русском языке;
- гарантийный срок обслуживания оборудования 2 года.

Система управления предлагаемых ПЧ обеспечивает:

- управление частотным пуском двигателей с заданным ускорением в пределах допустимой перегрузки преобразователя частоты;
- установку диапазона времени изменения частоты от минимального до максимального значений в заданных пределах;
- точность поддержания частоты вращения, определяемую наклоном механической характеристики двигателя;
- возможность автоматического регулирования параметров в замкнутом и разомкнутом контуре;
- задание уставок значений частоты вращения с возможностью их изменения в заданное время;
- ограничение тока двигателя в динамических режимах и при перегрузках на заданном уровне и с заданной точностью.

ПЧ термически и динамически устойчив во всех аварийных режимах в течение времени срабатывания установленных в нем защит. Преобразователь частоты имеет следующие виды защит:

- от недопустимых перегрузок по току;
- от перегрева преобразователя частоты;
- от коротких замыканий в ПЧ и нагрузке;
- от внешних и внутренних коммутационных перенапряжений;
- от пробоя силовых модулей с *IGBT*-транзисторами;
- от нарушения коммутации и сбоев в цепях управления ПЧ;
- от исчезновения напряжения сети;
- от недопустимого повышения напряжения питающей сети.

Данный преобразователь частоты имеет систему диагностики, позволяющую определить место возникновения неисправности в электроприводе на уровне его функциональных частей в случае срабатывания системы защиты [2].

Для улучшения работы электрооборудования встает вопрос использования передовых методов самотестирования и самодиагностики, обеспечивающих полный контроль за состоянием самого устройства. Обслуживающий

персонал постоянно получает информацию о состоянии устройства, отпадает необходимость в проведении периодических проверок. Риск эксплуатации установки с неисправной релейной защитой сведен к минимуму.

Интеграция всех функций, необходимых для защиты и управления объектом в одном блоке, позволяет обеспечить более рациональную эксплуатацию, оптимизировать технические характеристики и снизить общую стоимость устройства при улучшении технических характеристик и качества обслуживания. На этапе разработки снижение затрат обеспечивается путем выбора блоков, готовых к эксплуатации без детального проектирования; на этапе установки – путем интеграции вспомогательных реле, а также измерительных приборов и устройств сигнализации; на этапе ввода в действие – благодаря простоте монтажа и наладки; на этапе эксплуатации – благодаря дистанционному управлению и облегченному доступу к информации; на техническое обслуживание – благодаря уменьшению профилактических работ. Поэтому в качестве микропроцессорной защиты предлагается применить микропроцессорную защиту Seram.

В устройствах серии Seram используются цифровые технологии, которые обеспечивают при выполнении функций защиты, контроля и управления ряд преимуществ [3].

Встроенный в микропроцессорную защиту серии Seram 1000+ программируемый контроллер позволяет адаптировать устройство к любым возможным типам логики управления и стандартам применения для защиты контроля и управления подстанций, сборных шин, трансформаторов, двигателей, конденсаторных батарей, генераторов. Каждое устройство располагает полным набором функций релейной защиты, измерений, управления, контроля и сигнализации, необходимых для соответствующего стандарта применения. Характеристики релейных защит имеют широкий диапазон настройки и могут быть адаптированы к любой логике защиты. Логика защиты может быть изменена путем смены картриджа с постоянным запоминающим устройством (ПЗУ). Наличие функции логической селективности позволяет уменьшить время отключения при аварии в защищаемой установке независимо от величины ступени селективности по времени или типа защитной характеристики. Такой принцип позволяет задавать более короткую выдержку времени на стороне питания, чем на стороне потребления при сохранении селективности срабатывания.

Устройство серии Seram 1000+ является модулем, использующим наиболее распространенные схемы защиты, не требующие автоматики и дистанционного управления, и имеет невысокую стоимость [4]. Существует

несколько типов Seram 1000+, адаптированных к применению со следующим электрооборудованием: фидер; сборные шины; трансформатор; электродвигатель. Каждый тип имеет несколько видов защит и обеспечивает необходимые измерения. Например, тип M02, предназначенный для электродвигателей, обеспечивает измерения фазного тока, максимального значения фазного тока, тока отключения, тока небаланса, числа пусков, числа часов работы. Устройство этого же типа обеспечивает следующие защиты: максимальная токовая в фазах; максимально-токовая защита на землю; от перегрева; от небаланса токов; от блокировки ротора; от затянутого пуска; ограничения числа пусков; минимального тока. На передней панели устройства Seram 1000+ расположены: клавиатура для вывода измеряемых величин и регулировки параметров; цифровой дисплей; сигнальные светодиоды.

Таким образом, при применении преобразователя частоты серии «РИТМ» в буровом комплексе сокращается потребление энергоресурсов, снижаются затраты на техническое обслуживание электродвигателей, повышается производительность буровой установки.

Источники

1. Меньшов Б.Г., Ершов М.С., Яризов А.Д. Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности: учебник для вузов. М.: ОАО «Изд-во “Недра”», 2000. 487 с.
2. URL: <http://www.ruselt.ru/catalog/production/chastotnye/>
3. URL: <http://forca.ru/instrukcii-po-ekspluatacii/>
4. URL: <http://www.n-avtomatica.ru/>
5. Сафина Э.М., Сафаргалиева А.И. Электропривод исполнительных механизмов буровых установок // Матер. науч. сессии студентов по итогам 2010 года. Альметьевск: Изд-во АГНИ, 2011. Ч. 1. 420 с.

УДК 621.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕХОДНОГО КОНТАКТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТОДОМ ТЕРМОЭДС

Анатолий Юрьевич Солдатов¹, Екатерина Сергеевна Солдатова²,
Антон Сергеевич Крыгин³

ФГАОУ ВО «НИ ТПУ», г. Томск

¹DimaSoldatov@sibmail.com, ²Khaskovaes@mail.ru. ³Anton.S.Krygin@sibmail.com

Значительное число отказов электронных устройств связано с плохим качеством контактных соединений. Поэтому актуальной задачей является разработка методов и средств контроля переходного сопротивления контактов для исключения отказов электронной аппаратуры, в том числе бытовых приборов.

Ключевые слова: большое переходное сопротивление, контактные соединения, предупреждение пожаров, средства диагностики, термо-эдс.

TRANSITIONAL CONTACT RESISTANCE DETERMINATION BY THERMOPOWER

Anatoly Yurevich Soldatov, Ekaterina Sergeevna Soldatova,
Anton Sergeevich Krygin

A significant number of electronic device failures are associated with poor quality of contact connections. Therefore, the urgent task is to develop methods and means of controlling the contact resistance of the contacts to eliminate electronic equipment failures. Among them are household appliances.

Key words: high transition resistance, contact connections, fire prevention, diagnostic tools, thermal electromotive force.

Эксплуатация жилых, бытовых, производственных и других объектов нередко сопровождается пожарами. В результате наносится большой материальный и моральный ущерб, и нередко сопровождающийся гибелью и (или) увечьем людей [1].

Из данных МЧС за 2017, представленных на рис. 1, видно, что большую долю из них занимают пожары, возникающие из-за неисправностей электросетей, вызванных, например, некачественным монтажом элементов электрических сетей и электроустановок, нарушениями требований их эксплуатации и другими причинами.



Рис. 1. Основные причины пожаров

Перенапряжение электрической сети, большое переходное сопротивление и перегрузка цепи могут привести к короткому замыканию, возникновению электрической дуги, и наоборот, короткое замыкание может привести к перегрузке электрической сети, искрению, образованию электрической дуги, переходу электрического тока на металлические заземленные конструкции и т. д.

В данной статье рассматривается и предлагается метод для обнаружения локального перегрева, происходящего в электрической сети из-за большого переходного контактного сопротивления.

Переходное контактное сопротивление – это сопротивление на участке электрической цепи в месте соединения разных элементов (проводов, подсоединения их к электроприемникам, контактными элементами и т. п.), в которых при не должном их исполнении сопротивление выше по сравнению с сопротивлением электрической цепи до этих участков и после их [2].

Образование источников возгорания при возникновении больших переходных сопротивлений возможно в местах появления переходных сопротивлений, описанных выше. Непосредственным источником возгорания в этом случае могут быть: элементы электроустановок, нагретые до высокой температуры теплом, выделенным электрическим током в месте большого переходного сопротивления, как представлено на рис. 2. Из этого следует, что необходимо периодически производить мониторинг сетей на наличие проблем.



Рис. 2. Последствия плохого контакта в розетке

Существующие приборы для мониторинга сетей

На сегодняшний день существуют различные приборы, для мониторинга и предупреждения об опасном режиме работы электропроводки.

1. Температурные.

Эти приборы (рис. 3) позволяют оценить уровень нагрева в электросети. Полученные термограммы дают возможность своевременно обнаружить неисправные компоненты и принять своевременные превентивные меры для предотвращения короткого замыкания и пожара.

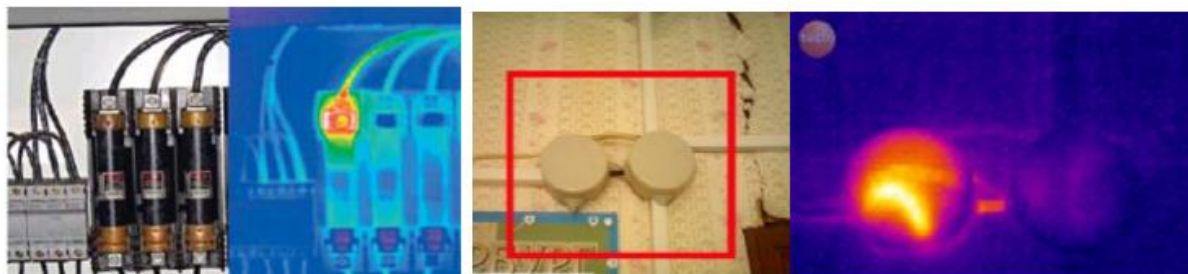


Рис. 3. Контроль электросетей на предмет перегрева проводников и плохого контакта

Недостатки: с помощью этих приборов невозможно произвести мониторинг сети, например, в случае с кабелями, проложенными в технических рукавах и потолочных нишах [3].

2. Токоограничивающие.

Прибор содержит датчик тока и формирователь сигнала отключения. Это устройство позволяет отключать электросеть (электроустановку) в случае выхода величины электрического тока нагрузки за допустимые значения [4].

Недостатки: нечувствительность к токам, меньшим допустимой нагрузки.

3. Измерительные приборы.

Самый простой метод – прямое измерение соответствующим прибором – омметром [5]. Несмотря на широкое распространение данного метода контроля, следует отметить следующий его недостаток. Невозможность определения сопротивления при наличии потенциала в измеряемой сети.

Наличие недостатков современных приборов и методов для мониторинга и контроля сетей вынуждает искать новые пути решения этой задачи. Впервые предлагается использовать термоэлектрический метод для мониторинга сетей, базирующийся на явлении Зеебека.

Прибор для мониторинга сети термоэлектрическим способом

Задачей данного прибора является предупреждение пожаров, возникающих в помещениях, сооружениях, зданиях.

Прибор относится к области пожарной безопасности и электроэнергетики, а именно к способам и устройствам предупреждения пожаров, возникающих при неисправностях электрических сетей или электроустановок в помещениях, сооружениях, зданиях, самолетах, судах, железнодорожном транспорте и других объектах.

На рис. 4 представлен способ подключения прибора для мониторинга сети, работа которого основана на протекании тока в цепи с контактным сопротивлением $R_{\text{конт}}$. Прибор подключается к вводным электрическим магистралям со стороны электрощитовой. В местах, где имеет место плохая скрутка или износ контактов, согласно закону Джоуля–Ленца увеличивается количество выделяемого тепла ($Q = I^2RT$) [7, 8] и как следствие возникает термо-эдс (ТЭДС), которое свидетельствует о наличии проблем в электропроводке. Если известны материалы, используемые в сети, то для наглядности количественное значение ТЭДС можно будет преобразовать в градусы.

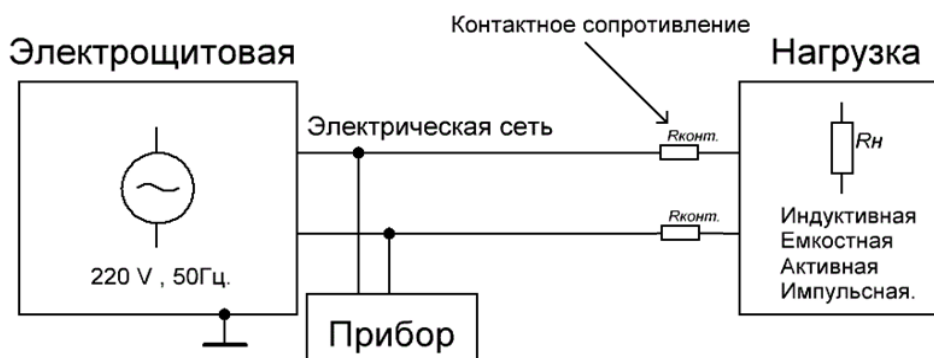


Рис. 4. Структурная схема подключения прибора для мониторинга

Техническим результатом является повышение пожарной безопасности. Таким образом, внедрение предлагаемого способа предупреждения пожара при неисправности в электрической сети или электроустановке повысит защиту людей, жилых, производственных и других объектов от поражающего действия пожаров, а также обеспечит существенную экономию материальных и финансовых средств каждого гражданина и государства в целом.

Источники

1. URL: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2017_god. (дата обращения: 18.12.17).
2. Электроника. Энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1991. С. 530–545.

3. Ллойд Дж. Системы тепловидения / пер. с англ.; под ред. А.И. Горячева. М.: Мир, 1978. 416 с.

4. устройство для защиты контактной сети от токов короткого замыкания: п. м. 1581 Рос. Федерация № 92016060/07; заявл. 29.12.92; опубл. 16.01.96.

5. ГОСТ 8.366-79. Государственная система обеспечения единства измерений. Омметры цифровые. Методы и средства поверки. М.: Издательство стандартов, 1980.

6. Зисман Г.А. Курс общей физики. М.: Наука, 1972. 366 с.

7. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. III: Электричество. М.: Наука, 1977. С. 197–198.

УДК 539.143

ПРОТОЧНЫЙ АНАЛИЗАТОР ОРГАНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ МЕТОДОМ ПРОТОННОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

Илья Александрович Сунцов¹, Рустем Султанхамитович Кашаев²,
Олег Владимирович Козелков³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹ilya0992@mail.ru, ²kashaev2007@yandex.ru, ³ok1972@list.ru

Возникновение асфальто-смолисто-парафиновых отложений ведет к осложнениям добычи нефти. В связи с этим актуальна задача разработки новых методов проточного экспресс-контроля параметров скважинной жидкости на базе протонного магнитного резонанса, который является бесконтактным, не требует подготовки пробы и легко автоматизируем. В работе предложена методика определения парафина.

Ключевые слова: асфальто-смолисто-парафиновые отложения, проточный экспресс-контроль, протонный магнитный резонанс, параметры скважинной жидкости.

ON-LINE FLOW ANALYZER OF ORGANIC LIQUIDS BY PROTON MAGNETIC RESONANCE METHOD

Ilya Aleksandrovich Suntsov, Rustem Sultanhamitovich Kashaev,
Oleg Vladimirovich Kozelkov

Appearance of asphalt-resin-paraffin sedimentations lead to complications in oil mining. So actual is the problem of elaboration new methods of on-line flow express-control of oil well liquid parameters determination by proton magnetic resonance, which is noncontact, does not need sample preparation and easily automated. In the work propose methodic of paraffin determination.

Key words: asphalt-resin-paraffin sedimentations, on-line flow express-control, proton magnetic resonance, oil well liquid parameters.

Повышение вязкости, плотности, концентраций асфальтенов и парафинов и в связи с этим возникновения асфальто-смолистых отложений (АСПО) привело к осложнениям добычи нефти. В связи с этим актуальна

задача разработки новых методов проточного контроля скважинной жидкости (СКЖ) для оптимизации технологических процессов нефтедобычи, подготовки, транспортировки и переработки нефти, а также разработки экспресс-методов ее контроля на продуктивность скважин и параметров скважинной жидкости для автоматического управления работой скважин. Существующие методы контроля и анализа не обладают достаточной представительностью пробоотбора, осуществляются комплектом разных анализаторов и не обладают оперативностью. Такими возможностями обладает один из наиболее современных методов ядерного (протонного) магнитного резонанса (ПМР), являющийся неконтактным, неразрушающим, не требующим подготовки пробы и легко автоматизируемым.

Целью работы является усовершенствование аппаратуры ПМР, разработка автоматической мехатроники устройства отбора проб и анализа СКЖ, разработка методик экспресс-контроля и программного обеспечения; разработка автоматической мехатронной установки отделения парафинов, асфальтенов и смол (ПАС) и подготовки сырой нефти, управляемой от аппаратуры ПМР с целью повышения качества товарной нефти; разработка программного обеспечения измерения, переработки и управления установками и моделирования процессов.

По результатам работ планируется разработка автоматизированных электромеханических систем нефтедобычи с применением преобразователей частоты и напряжения, регулирование продуктивности скважин, повышение нефтеотдачи продуктивных пластов и полный автоматизированный контроль параметров скважинной жидкости, нефти и воды с использованием методик экспресс-контроля единым измерительным аппаратно-программным комплексом на базе метода ПМР.

Одним из методов определения ПАС является метод ядерного (протонного) магнитного резонанса (ПМР), который относится к методам квантовой радиофизики. Уникальные возможности ЯМР связаны с тем, что квантово-магнитные свойства ядер (протонов) не зависят от морфологии исследуемого объекта, инверсии фаз, и в то же время параметры релаксации протонных фаз коррелируют с физико-химическими свойствами (ФХС) объектов исследования. Теория ПМР хорошо развита, что с успехом может быть использовано для анализа нефти.

Экспресс-метод ПМР является бесконтактным, не требует подготовки пробы и автоматизируем, что важно для дистанционного контроля и управления труднодоступных скважин и предупреждения техногенных

аварий. Это также один из путей рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды. Его эффективность была продемонстрирована в ряде методик, разработанных для лабораторных ПМР-анализов Р.С. Кашаевым и О.В. Козелковым [1–6], и имеет перспективу развития при проточном ПМР-анализе.

Остановимся на определении парафинов как одной из наиболее востребованных задач в АО «Транснефть» и ПАО «Татнефть». Это отнюдь не простая задача, так как здесь отсутствует корреляция между концентрациями парафинов, и такими достаточно легко определяемыми параметрами, как плотность и вязкость. Зависимость П от вязкости представлена на рис.1[7].

На рис. 2. представлены зависимости концентрации парафина от плотности по данным, полученным от стандартных образцов, предоставленных «Нефтемодульстрой» (г. Омск).

Определенную надежду на определение парафина в экспресс-режиме дает метод ПМР-релаксометрии. Было установлено, что в стандартных образцах с концентрациями парафинов в нефти 1,2, 3,6, 3,7 и 7 %, полученных «Нефтемодульстрой», имеются две протонные фазы с временами спин-спиновой релаксации: более легкой фазы с T_{2A} и более плотной с T_{2B} . Измерения на лабораторном релаксметре ПМР-10 РС производились в режиме: период запуска последовательности импульсов КПМГ $T = 3$ с, число 180-градусных импульсов $N = 3000$, временной интервал между импульсами $\tau = 300$ мкс. На рис. 3 представлены зависимости T_{2A} и T_{2B} от концентрации парафина П (%) в нефти.

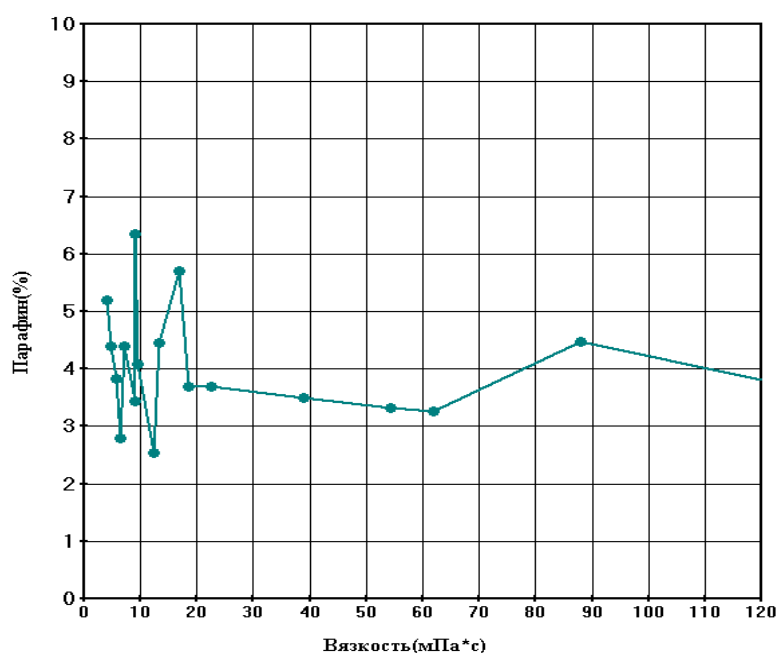


Рис. 1. Зависимость концентрации парафина от вязкости по [7]

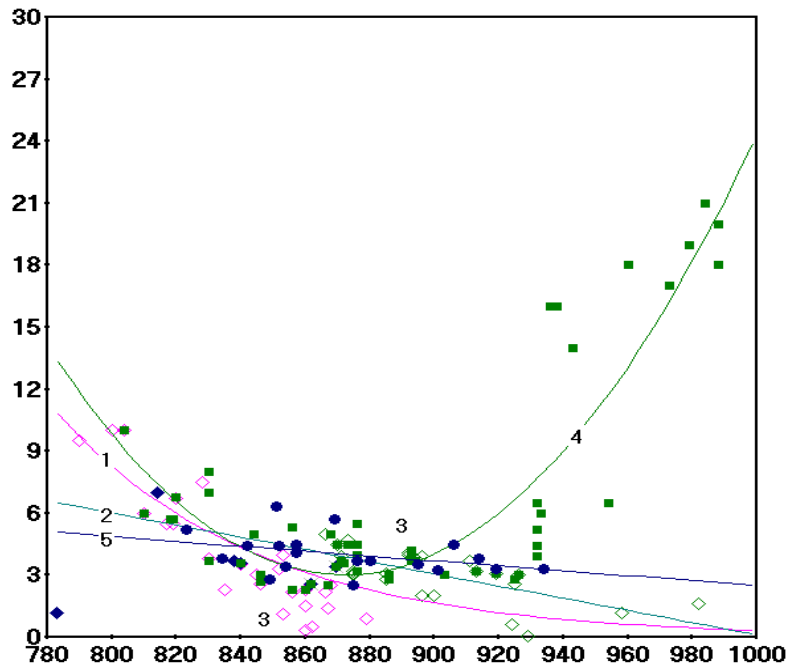


Рис. 2. Зависимость концентрации парафина от плотности (по литературным и экспериментальным данным)

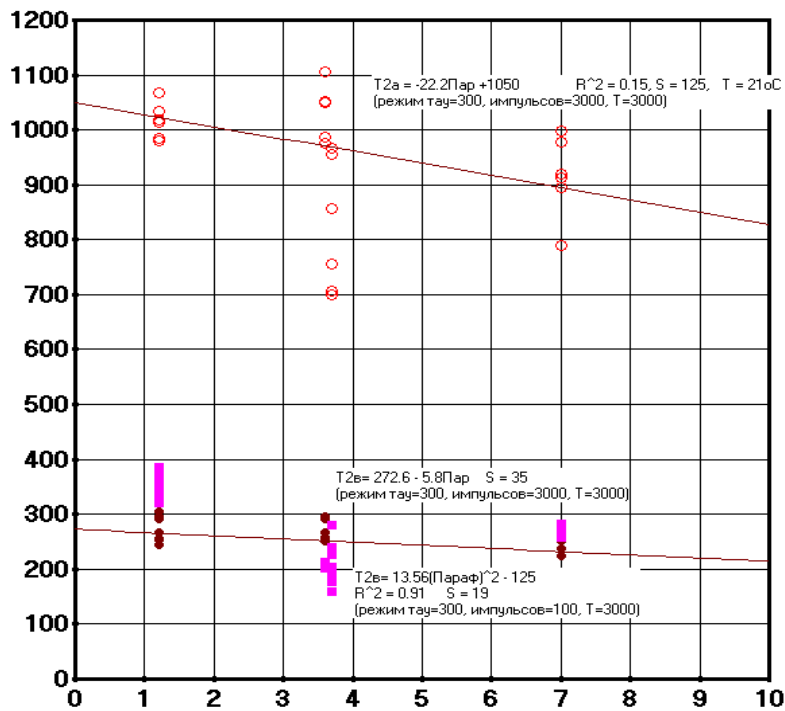


Рис. 3. Зависимости T_{2A} и T_{2B} от концентрации парафина П (%) в нефти

Прямые T_{2A} (мс) и T_{2B} (мс) от П (%) подчиняются уравнениям:

$$T_{2A} = -22,2\Pi + 1050; \quad (1)$$

$$T_{2B} = -5,8\Pi + 272. \quad (2)$$

Соответственно, парафин может быть определен из уравнений:

$$\Pi = 47,3 - 0,04T_{2A}; \quad (3)$$

$$\Pi = 46,9 - 0,172T_{2B}. \quad (4)$$

Абсолютная ошибка измерений времен релаксации составляет примерно $S = 0,025$ с.

Источники

1. Кашаев Р.С., Козелков О.В. Приборостроение и мехатроника в нефтяной промышленности и энергетике: монография. Saarbrücken: Palmarium academic publishing, 2017. 110 с.

2. Кашаев Р.С., Козелков О.В. Приборы и методы анализа физико-химических свойств нефти // Успехи современного естествознания. 2017. № 4.

3. Кашаев Р.С., Козелков О.В., Кубанго Б.Э. Проточные протонные магнитно-резонансные анализаторы для контроля скважинной жидкости по ГОСТ Р 8.615-2005 ГСИ // Известия вузов. Проблемы Энергетики. 2017. № 1–2. С. 137–151.

4. Кашаев Р.С., Козелков О.В., Кубанго Б.Э. Способы и мехатронные комплексы нефтедобычи // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 6. С. 52–57. URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=36697>.

5. Автоматическое управление УЭЦН используя измерения СКЖ проточным ПМР-анализатором / Р.С. Кашаев [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. № 5-6.

6. Кашаев Р.С., Кубанго Б.Э. Проточные ПМР-анализаторы для контроля скважинной жидкости: монография. Тамбов–Казань: Изд-во Юком, 2016. 82 с.

7. Злобин В.П. // Нефть. Газ. Горное дело. 2015. № 15. С. 57–73.

УДК 621.65:62-83

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДЫ ПРОТОЧНЫМ ПМР-АНАЛИЗАТОРОМ

Тунг Чан Ван¹, Киен Нгуен Ть², Рустем Султанхамитович Кашаев³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹tvtung@cnd.edu.vn, ²nkien@cnd.edu.vn, ³kashaev2007@yandex.ru

Представлены приемы on-line контроля параметров пластовой воды в скважинной жидкости системой пробоотбора на базе автоматизированного электропривода (АЭП) и управления отделением воды от нефти по данным анализа проточным ПМР-анализатором.

Ключевые слова: on-line контроль, параметры, автоматизированный электропривод, обезвоживание, проточный анализатор, ядерный магнитный резонанс.

DETERMINATION OF WATER POLLUTION BY A FLOW PMR ANALYZER

Tung Chan Van, Kien Nguyen Chi, Rustem Sultanhamitovich Kashaev

The methods of on-line monitoring of parameters of formation water in the well fluid by a sampling system based on an automated electric drive (AED) and controlling the separation of water from oil are presented based on the analysis of a flow-through PMR analyzer.

Key words: on-line control, parameters, automated electric drive, dehydration, flow-through analyzer, nuclear magnetic resonance.

В последние годы многие отечественные месторождения находятся на последних стадиях разработки и в связи с резким повышением обводненности добываемой скважинной жидкости (СКЖ) актуальна задача разработки экспресс-методов контроля СКЖ на расход по ГОСТ 8.615-2005, концентрацию солей и остаточной нефти в пластовой воде для оптимизации технологических процессов нефтедобычи, а также удаления и очистки балласта СКЖ (пластовой воды) от солей и использования очищенной воды для заводнения нефтеносных пластов. Существующие методы контроля и анализа не обладают достаточной представительностью проб отбора, осуществляются комплектом разных анализаторов и не обладают достаточной оперативностью.

Такими возможностями обладает метод импульсного ядерного магнитного резонанса (ЯМР), в частности метод ЯМР-релаксометрии (ЯМРР), являющийся неконтактным, неразрушающим и позволяющим проводить экспресс-анализ без подготовки пробы и в автоматизированном режиме. Перечисленные аспекты определяют актуальность и важность поставленных и решаемых в работе задач.

Целью работы является разработка системы автоматического управления процессом определения загрязненности пластовой воды солями металлов и нефтью с использованием управляющих сигналов от проточного анализатора протонного магнитного резонанса (ПМРА).

На технологические процессы, связанные с повышением нефтеотдачи оказывают влияние скачкообразный характер изменения давления СКЖ, изменения плотности и вязкости жидкости, изменение газового фактора (газовая пробка), дискретный характер срабатывания противоаварийной защиты. Поэтому системы автоматического управления отделения пластовой воды от сырой нефти, ее очистки от солей и остаточной нефти включают решение следующих основных задач:

- определение параметров сырой нефти (концентраций воды, пластовых солей и остаточной нефти);

- регулирование параметров водоотделения от сырой нефти в установках обезвоживания с поддержанием ее параметров на заданном уровне;
- определение параметров процесса (расхода закачиваемой в пласт воды);
- сигнализацию (оповещение, предупреждение) об отклонениях значений параметров и процесса в целом за допустимые пределы;
- блокировку (запрещение) включения оборудования;
- защиту оборудования в аварийных ситуациях (выключение, перевод на безопасный режим).

На рис. 1. представлена схема куста нагнетательных скважин.

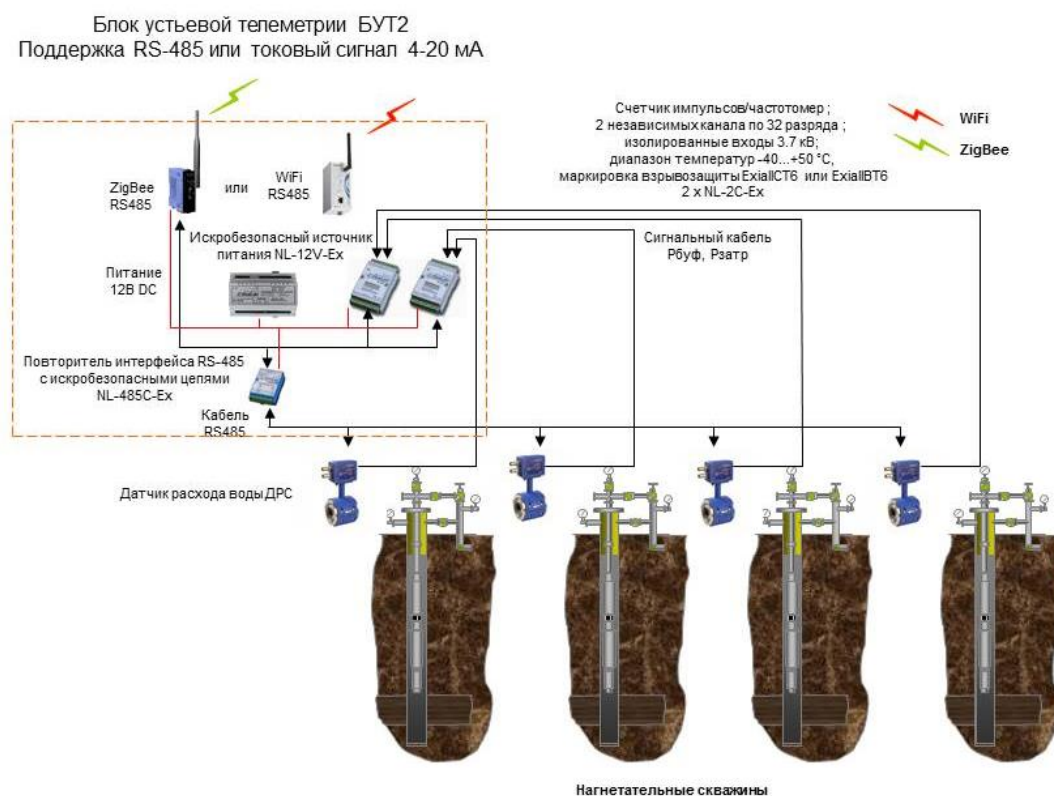


Рис. 1. Куст нефтедобывающих скважин

Основным видом разработки месторождения является режим разработки с поддержанием пластового давления. Для этого в пласт закачивают воду, водные растворы полимеров, щелочные растворы, эмульсии. При этом реагент выполняет две основные функции: поддержания пластового давления и улучшение процесса вытеснения нефти из пласта в добывающие скважины. Закачиваемый реагент поступает в пласт через нагнетательные скважины. Жидкость из пласта в эксплуатационную скважину поступает под действием перепада давления между пластом и забоем скважины.

Схема водоснабжения для заводнения пластов состоит из водозаборных сооружений для забора воды из источников и подачи ее насосами в водопроводную сеть или на водоочистную установку. С водоочистной установки вода подается в сеть, кустовые насосные станции для подачи воды и закачки ее в нагнетательные скважины.

Для закачки воды в нефтяные пласты применяют блочно-кустовые насосные станции (БКНС), которые поднимают давление до давления нагнетания в пласт и направляют ее к водораспределительным гребенкам и далее к нагнетательным скважинам. На БКНС применяются центробежные насосы типа ЦНС с номинальной подачей $180 \text{ м}^3/\text{ч}$ воды и напором от 900 до 1900 м. Технологическая схема нефтедобычи, например, НГДУ «Альметьевнефть», представлена на рис. 3.

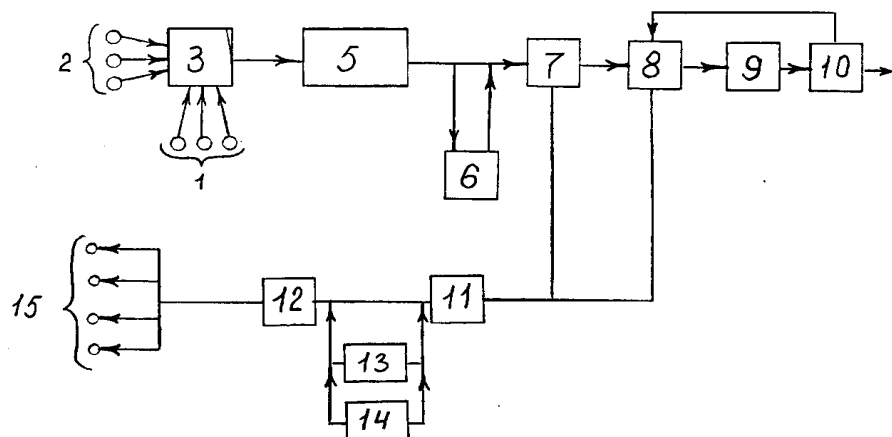


Рис. 2. Технологическая схема нефтедобычи НГДУ «Альметьевнефть»

В соответствии со схемой СКЖ в виде газонефтяной смеси с примесью воды с добывающих скважин 1, 2 поступает по трубопроводу на автоматизированную групповую замерную установку (ГЗУ) 3, где каждая скважина автоматически по программе подключается к измерительному устройству. После измерения дебитов жидкости и газа газожидкостная смесь от ГЗУ поступает в сепарационную установку 5, где происходит частичное отделение газа от жидкости (первая ступень сепарации). Продукция обводненных скважин по трубопроводам после измерения транспортируется в цех комплексной подготовки и перекачки нефти (ЦКППН). В случае низких буферных давлений эксплуатационных скважин для транспортировки нефти по системе нефтепромыслового сбора применяют дожимные насосные станции (ДНС) 6. В случае большого содержания воды (более 30 %) в транспортируемой жидкости применяются сепарационные установки с предварительным сбросом воды 7, 8.

Отделившаяся на обезвоживающих установках пластовая вода поступает на установки очистки пластовых вод, где она очищается для использования ее в системе поддержания пластового давления. С установок очистки вода попадает на автоматизированные КНС 10, откуда она поступает для закачки в нагнетательные скважины 15. На КНС подается также вода с водозаборных 13 и очистных 14 сооружений. После установки 8 водонефтяная смесь поступает в сепарационную установку 9, предназначенную для извлечения из нефти углеводородных фракций. На установке 10 осуществляется учет товарной нефти по объему и массе и откачка ее на головные сооружения магистрального нефтепровода. Если обводненность нефти, поступившей на установку 10, превышает допустимые нормы, нефть автоматически возвращается на повторную обработку в электрообезвоживающую очистную установку ЭЛОУ 12.

Для решения задачи контроля пластовой воды на загрязненность солями и нефтью разработана электромеханическая мехатронная система пробоотбора, представленная на рис. 3.

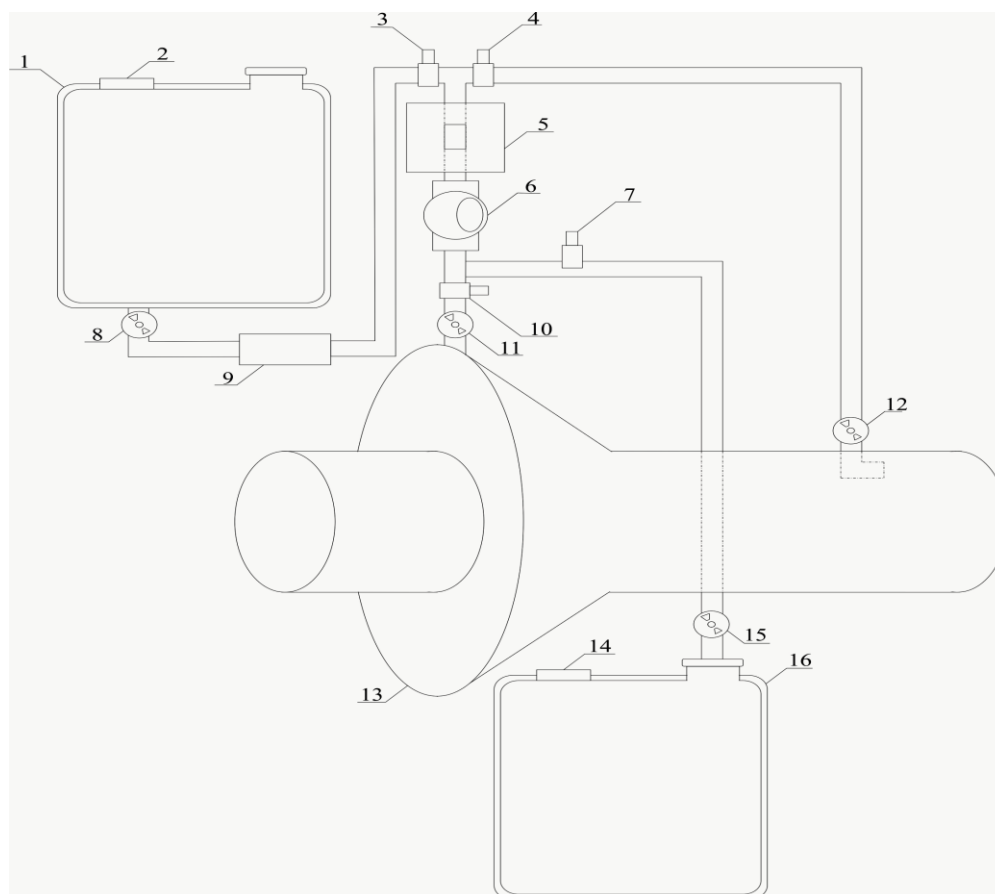


Рис. 3. Общий вид автоматизированной установки контроля концентрации солей и нефти в воде: 1 – емкость с растворителем; 2, 14 – воздушные обратные клапаны; 3, 4, 7, 10 – электромагнитные клапаны; 5 – ЯМР-анализатор; 6 – счетчик воды с импульсным выходом; 8, 11, 12, 15 – вентили; 9 – насос; 13 – расширитель; 16 – емкость с отходами

Поток жидкости, проходя через основной трубопровод, попадает в расширитель 13, в котором поток жидкости снижает скорость и увеличивает давление. В результате происходит интенсивная турбулизация смеси, т. е. жидкость интенсивно перемешивается до однородной смеси создаваемыми вихревыми потоками и попадает в трубу с анализатором. При этом электромагнитные клапана 4 и 11 находятся в открытом положении. Далее жидкость проходит через счетчик воды с импульсным выходом 6, где идет отсчет необходимого нам количества жидкости. Электромагнитные клапаны 3 и 7 находятся в закрытом положении для исключения возможности попадания жидкости в ёмкости 1 и 16. После прохождения смеси через счетчик воды 6, примеси нефти осаждаются на фильтре, расположенном в трубе под ЯМР-анализатором 5, и далее жидкость попадает по замкнутому контуру обратно в основной трубопровод. Как только импульсный счетчик воды 6 отсчитает X литров – количество воды, задаваемое оператором, клапана 4 и 10 закрываются. ЯМР-анализатор 5 начинает анализ примесей нефти, осажденных на фильтре. По окончании анализа процесс повторяется с самого начала, если допустимое значение загрязненности фильтра не превышает норму. В случае превышения предела загрязненности фильтра поступает сигнал от ЯМР-анализатора 5, дающий команду на очистку фильтра анализатора. При этом открываются соленоидные клапаны 3 и 7, включается насос 9 и начинается процесс перекачки растворителя из емкости 1 в емкость 16. Обратные клапаны 2 и 14 необходимы соответственно для всасывания и выпуска воздуха. С помощью вентилей 8, 11, 12, 15 можно регулировать пропускную способность трубопровода, либо перекрыть его для технических работ.

УДК 62-83

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СТАНКА-КАЧАЛКИ НА НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Лиана Айратовна Харисова¹, Танир Хамитевич Мухаметгалеев²

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КХТИ», г. Казань

¹²banzay-13-13@yandex.ru

В современном мире нефтяные месторождения в экономике России играют важную роль. Нефтегазодобывающие предприятия являются одними из основных потребителей электроэнергии среди промышленных предприятий государства. Проблему, связанную с увеличением затрат на техническое обслуживание и ремонт оборудования, разумно решить путем повышения надежности и срока службы электрооборудования.

Ключевые слова: нефтяное месторождение, станок-качалка, эффективность работы, электроэнергия, добыча нефти, скважина, модернизация.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF FREQUENCY REGULATION ELECTRIC PUMPING UNIT IN THE OIL FIELDS

Liana Airatovna Kharisova, Tanir Hamitevich Mukhametgaleev

In today's world oil fields play an important role in the Russian economy. Oil and gas companies are among the major consumers of electricity among industrial enterprises of the state. Problems associated with increasing maintenance and repair costs of equipment, reasonably addressed by increasing the reliability and service life of electrical equipment.

Key words: oil field pumping unit, work efficiency, electricity, production oil, well, modernization.

Нефтяные месторождения в экономике России играют важную роль. На территории Российской Федерации насчитывается порядка 20 точек с залежами углеводородного ресурса. Нефтегазодобывающие предприятия (НГДП) являются одними из основных потребителей электроэнергии среди промышленных предприятий России. В связи с этим внедрение энергосберегающих технологий в нефтяную отрасль стало важной задачей.

Одним из способов решения этой задачи является оснащение устройствами автоматизации существующего оборудования.

В настоящее время основной способ добычи нефти – насосный. Используются либо электроцентробежные насосы (УЭЦН), либо штанговые скважинные насосы (ШСН). Станок-качалка является приводом штангового насоса, расположенного на дне скважины.

Так как в современном мире в приоритете проблема, связанная с увеличением затрат на техническое обслуживание и ремонт оборудования, разумно данную проблему решить путем повышения надежности и срока службы электрооборудования.

Одним из способов повышения эффективности работы УЭЦН и ШСН является внедрение частотно-регулируемого электропривода, но в тоже время современные устройства влияют на форму питающего напряжения и тока, а именно искажают ее. Возникает проблема качества электроэнергии, что влечет за собой преждевременный выход из строя электрооборудования УЭЦН, из чего следует простой скважин и недобор нефти.

Цель работы – повысить эффективность работы и срок службы станков-качалок, исследуя причины износа электрооборудования.

Источники

1. Адонин А.Н. Добыча нефти штанговыми насосами: учеб. пособие. М.: Недра, 1979. 213 с.

2. Элияшевский И.В. Технология добычи нефти и газа: учеб. пособие. М: Недра, 1976. 256 с.

3. Тетельмин В.В., Язев В.А. Основы бурения на нефть и газ: учеб. пособие. М.: Изд-во Интеллект, 2014. 296 с.

4. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учеб. пособие. М.: Академия, 2006. 272 с.

УДК 539.143

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТИРИСТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ, УПРАВЛЯЮЩЕГО НАСОСОМ БУРОВОГО СТАНКА, ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ ВЯЗКОСТИ БУРОВОГО РАСТВОРА

Айрат Рафаэлевич Хусаенов¹, Рустем Султанхамитович Кашаев²,
Олег Владимирович Козелков³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹²kashaev2007@yandex.ru, ³ok1972@list.ru

Увеличение добычи количества нефти требует новых подходов, которые могут повысить автономность буровых установок. В связи с этим актуальна задача разработки новых методов проточного экспресс-контроля параметров скважинной жидкости на базе протонного магнитного резонанса (ПМР). Что уменьшит время при монтаже и пуско-наладке. В работе поставлена задача совершенствования комплекса добычи с помощью УЭЦН для автоматического управления работой скважин, включения/выключения индукционного прогрева призабойной зоны пласта и/или трубопроводов скважины в зависимости от содержания асфальтенов, смол и парафинов, контролируемых от проточного ПМР-анализатора.

Ключевые слова: асфальто-смолисто-парафиновые отложения, проточный экспресс-контроль, протонный магнитный резонанс, параметры скважинной жидкости, индукционный прогрев.

FEATURES OF THE APPLICATION OF THYRISTOR CONVERTER FOR SPEED CONTROL OF THE ELECTRIC MOTOR ROTOR OF THE CONTROL PUMP OF THE DRILLING RIG ACCORDING TO THE MEASUREMENTS OF MUD VISCOSITY

Increasing oil production requires new approaches that are more efficient and increase the autonomy of drilling rigs. In this regard, the task of developing new methods of rapid flow control of downhole fluid parameters based on proton magnetic resonance (PMR), which is non-contact, does not require sample preparation and is easily automated, is urgent. Which will reduce the time for installation and commissioning. In the task is set to improve the range of production using ESP to automatically control the operation of the wells, the on/off of the induction heating of the bottomhole formation zone and/or piping wells, depending on the content of asphaltenes, resins and waxes that are controlled from the flow PMR-analyzer.

Key words: asphalt-resin-paraffin deposits, flow Express control, proton magnetic resonance, well fluid parameters, induction heating.

При бурении скважины гидронасосным методом бурового раствора (БР) насосом создается давление, которое подается сначала в гидродвигатель. Гидродвигатель раскручивается и тем самым раскручивает долото на конце бурильной свечи. Раствор же после раскручивания гидродвигателя подается дальше, внутрь скважины и вымывает образовавшиеся шлаки на поверхность скважины, образованные впоследствии разрушения почвы долотом. При этом БР просачивается в поры и трещины в стенках скважины и, заполняя их, препятствует уходу воды из раствора в пласт. Гидродвигатель применяется в бурении, если месторождение нефти не позволяет применить роторное бурение с электродвигателем. Буровой насос приводится в движение от электропривода (ЭП) – электродвигателя с устройством, регулирующим обороты ротора электродвигателя (ЭД).

БР – один из ключевых составляющих бурового процесса. Как правило, в зависимости от вязкости БР зависит скорость бурения. Если он жидкий, приходится увеличивать мощность насоса для подъема шлама (шлака) на поверхность в отстойник. Либо следует изменить вязкость БР.

Но анализ вязкости осуществляется лаборантом с помощью вискозиметра один раз в сутки и в зависимости от результатов измерения раз в сутки изменяют вязкость БР. Бурение же идет постоянно и поэтому на буровых при снижении вязкости БР просто изменяют (увеличивают) мощность насоса, а не вязкость БР. Для этой операции требуется дополнительный персонал (помощник бурового мастера).

Целью работы является автоматизация процесса бурения путем регулирования частоты вращения ротора ЭД насоса тиристорным преобразователем частоты при изменении вязкости БР.

Одним из таких методов измерения вязкости БР является метод ядерного (протонного) магнитного резонанса (ПМР), который относится к методам квантовой радиофизики. Уникальные возможности ПМР связаны с тем, что квантово-магнитные свойства ядер (протонов) не зависят от морфологии исследуемого объекта, инверсии фаз, и в то же время параметры релаксации протонных фаз коррелируют с физико-химическими свойствами (ФХС) объектов исследования. Теория ПМР с успехом может быть использована для анализа нефти. Экспресс-метод ПМР является бесконтактным, не требует подготовки пробы и автоматизируем, что важно для дистанционного контроля и управления труднодоступных скважин и предупреждения техногенных аварий. Это также один из путей рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей

среды. Его эффективность была продемонстрирована в ряде методик, разработанных для лабораторных ПМР-анализов Р.С. Кашаевым и О.В. Козелковым О.В. [1–6], и имеет перспективу развития при проточном ПМР-анализе.

В этой связи актуально совершенствование комплекса контроля вязкости БР и автоматического управления работой буровых скважин. На основе ПМР-анализатора (ПМРА) при использовании ПМР-метода может быть разработана многофункциональная автоматическая станция интеллектуальной скважины бурения, в качестве прототипа которой может выступать патент РФ № 2085725 [7].

По результатам работ планируется разработка автоматизированных электромеханических систем бурения с применением преобразователей частоты и напряжения и полный автоматизированный контроль параметров буровой жидкости с использованием методик экспресс-контроля единым измерительным аппаратно-программным комплексом на базе метода ПМР.

Источники

1. Кашаев Р.С., Козелков О.В. Приборостроение и мехатроника в нефтяной промышленности и энергетике: монография. Saarbrücken: Palmarium academic publishing, 2017. 110 с.

2. Кашаев Р.С., Козелков О.В. Приборы и методы анализа физико-химических свойств нефти // Успехи современного естествознания. 2017. № 4.

3. Кашаев Р.С., Козелков О.В., Кубанго Б.Э. Проточные протонные магнитно-резонансные анализаторы для контроля скважинной жидкости по ГОСТ Р 8.615-2005 ГСИ // Известия вузов. Проблемы энергетике. 2017. № 1-2. С. 137–151.

4. Кашаев Р.С., Козелков О.В., Кубанго Б.Э. Способы и мехатронные комплексы нефтедобычи // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 6. С. 52–57. URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=36697>.

5. Автоматическое управление УЭЦН используя измерения СКЖ проточным ПМР-анализатором / Р.С. Кашаев [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетике. 2017. № 5-6.

6. Кашаев Р.С., Кубанго Б.Э. Проточные ПМР-анализаторы для контроля скважинной жидкости: монография. Тамбов–Казань: Изд-во Юком. URL: Ucom.ru/mon.

7. Патент РФ №2085725 E21B 36/04, E21B 37/06. Авт. Малюга А.Г. от 27.07.1997.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОРИСТОСТИ ФИЛЬТРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ, НА ЗНАЧЕНИЕ ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

Ришат Рафаилович Хусаинов¹, Рузиль Рафаэлевич Яфизов²,
Камиль Хабибович Гильфанов³, Ильдар Равилевич Ильясов⁴

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», ⁴ФГАОУ ВО КФУ

г. Казань

¹rishat1497@mail.ru, ^{2,3,4}kamil.gilfanov@yandex.ru

Проведено численное моделирование и экспериментальные исследования течения воздуха в высокопористом ячеистом материале, представляющем собой модель аэрозольного фильтра. Пористый материал повторяет геометрию расчетной модели и создан из обратной матрицы посредством трехмерной печати. Результаты экспериментов хорошо согласуются с расчетными данными для расходов воздуха, обеспечивающих ламинарный режим течения, некоторое различие в данных проявляется для случая турбулентного режима, что можно объяснить дополнительными требованиями к качеству сеточного разбиения. Существенно нелинейный характер кривой на всех режимах течения для среды с минимальной пористостью свидетельствует о сложном характере потока с образованием мелких вихрей даже при небольших расходах. Данные исследования могут лечь в основу создания фильтров с пониженным аэродинамическим сопротивлением при сохранении эффективности осаждения частиц.

Ключевые слова: высокопористый ячеистый материал, фильтр, перепад давления, численное моделирование, эксперимент.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE POROSITY OF FILTERS USED IN THE FUEL AND ENERGY COMPLEX ON THE PRESSURE DROP VALUE

Rishat Rafailovich Husainov¹, Ruzil Rafaelevich Yafizov²,
Kamil Habibovich Gilfanov³, Ildar Ravilevich Ilyasov⁴

Numerical simulation and experimental studies of the air flow in an open cell foam material, which is a model of an aerosol filter, have been carried out. The porous material repeats the geometry of the computational model and is created from the inverse matrix by means of three-dimensional printing. The results of the experiments are in good agreement with the calculated data for air flow rates that ensure the laminar flow regime, some difference in the data is manifested for the case of the turbulent mode, which can be explained by additional requirements for the quality of the grid partitioning. The essentially nonlinear nature of the curve in all flow regimes for a medium with minimal porosity indicates a complex flow pattern with the formation of small vortices even at low flow rates. These studies can form the basis for creating filters with reduced aerodynamic drag while maintaining the efficiency of particle deposition.

Key words: open cell foam material, filter, pressure drop, numerical simulation, experiment.

Рост производственных мощностей, промышленных выбросов ставит проблему перед топливно-энергетическим комплексом по усовершенствованию способов улавливания мелких частиц. Одним из эффективных

фильтров с минимальным аэродинамическим сопротивлением является высокопористый ячеистый материал (ВПЯМ). Структура данного материала представляет собой многогранные ячейки, которые расположены в объеме случайным образом. В зависимости от состава материала, ВПЯМ могут использоваться в качестве фильтров для защиты окружающей среды от вредного воздействия опасных веществ, выбрасываемых в атмосферу в процессе отопления или производства, в роли теплоизоляции (благодаря своей пористой структуре), в качестве электромагнитной защиты и элементов поглощения энергии при автомобильных авариях [1, 2]. Никелевые ВПЯМ также применяются для увеличения емкости аккумуляторов [3]. Использование ВПЯМ в горелках обеспечивает высокую мощность теплового излучения и низкий уровень загрязняющих веществ, таких как NO_x и CO . Также ВПЯМ могут использоваться в энергопроизводящих и передающих системах, так как благодаря пористой структуре обладают малым весом. В качестве материала для таких ВПЯМ обычно используют Al , Ti , Pd , Ni , Mg . Различные исследования металлических ВПЯМ показали, что их использование в теплообменных аппаратах способствует увеличению скорости передачи теплоты.

Изучение процессов, происходящих в пористых телах, на основе экспериментальных исследований является затруднительным, поскольку пористая матрица ограничивает зрительный и механический доступ внутрь среды, поэтому для описания процессов в пористых телах прибегают к возможностям численного моделирования [4, 8].

Высокопористые ячеистые материалы для производственных нужд, как правило, имеют небольшой размер пор и сложное внутреннее строение. Значения коэффициента проницаемости и перепада давления являются основными характеристиками исследования при работе с этими материалами и непосредственно зависят от пористости и среднего диаметра ячейки [5, 6]. Исследования влияния изменения размера пор на величину перепада давления являются неполными. Подробный обзор литературы о связи между значением перепада давления и параметрами структуры пористых материалов приведен в работе [7].

Целью данной работы является определение параметров высокопористого ячеистого материала, влияющих на эффективность осаждения частиц, посредством детального численного моделирования для повышения эффективности фильтрации.

Численное моделирование потока газа в пористых средах основывается на двух подходах. Первый подход заключается в использовании усредненной модели потока газа в пористой среде, второй подход сводится к детальному расчёту потока в каждой ячейке с использованием метода прямого численного моделирования (DNS). Использование усредненной модели основано на ранее известном значении проницаемости пористой среды, которое может быть получено только из экспериментальных данных. В данной работе расчет течения газа через высокопористый ячеистый материал проводился с использованием программного пакета ANSYS Fluent на основе прямого численного моделирования. Схема расчетной области показана на рис. 1. Сеточное разбиение области составляло 20 млн ячеек, что при радиусе трубки 2 см и общей длине трубки 12 см обеспечивает необходимую точность расчета. Размер пористой вставки составлял 4 см, указанный размер является достаточным для исключения просветности материала. На входе в трубку задавалось условие mass flow inlet – значение массового расхода на входе, на выходе pressure outlet – значение атмосферного давления на выходе. Исследования проводились для сред с фиксированным значением диаметра пор $d_c = 4$ мм для трех значений пористости среды $\varepsilon = 0,6$, $\varepsilon = 0,7$ и $\varepsilon = 0,8$.

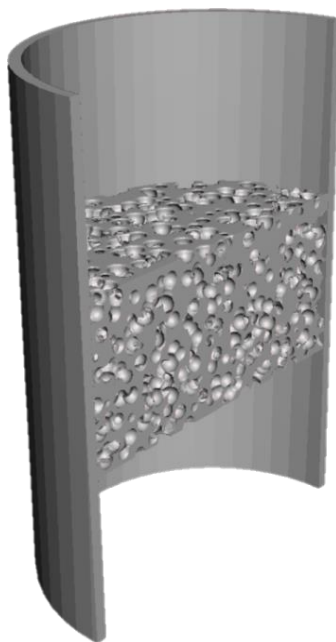


Рис. 1. Геометрия расчетной области (в разрезе)

Для проверки достоверности результатов численного моделирования были проведены экспериментальные исследования с использованием трубок, распечатанных на 3d принтере, содержащими вставку пористого материала (рис. 2). Воздух в трубки с исследуемыми образцами нагнетался

компрессором, перепад давления измерялся манометром Testo 510 на малом расстоянии от пористого материала, чтобы непосредственно оценить сопротивление среды. Среднерасходная скорость измерялась термоанемометром Testo 450.



Рис. 2. Часть экспериментального образца, представляющего собой трубку со вставкой высокопористого ячеистого материала, созданная посредством 3d печати

Сложная внутренняя структура материала обеспечивает нелинейность изменения перепада давления в зависимости от расхода воздуха. Значения перепада давления, полученные в результате численного моделирования, хорошо согласуются с экспериментальными данными (рис. 3).

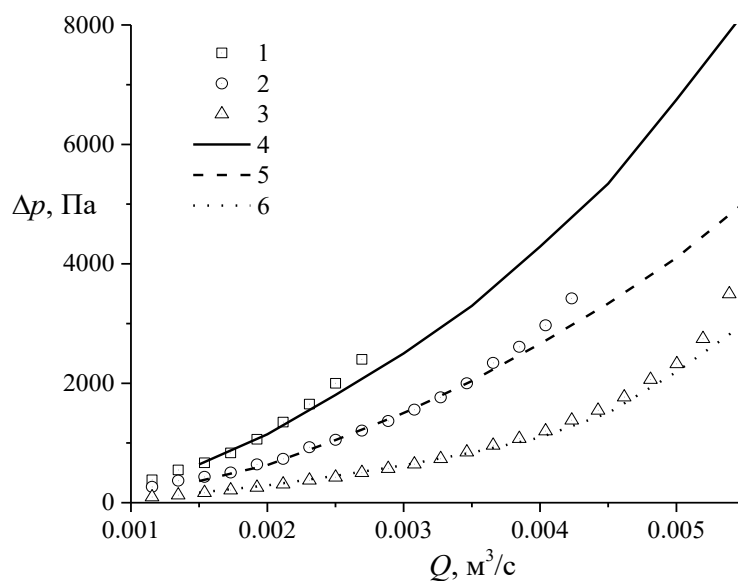


Рис. 3. Зависимость перепада давления от расхода воздуха в трубке: 1–3 – результаты экспериментов для $\varepsilon = 0,6$, $\varepsilon = 0,7$ и $\varepsilon = 0,8$, соответственно; 4–6 – результаты численного моделирования для $\varepsilon = 0,6$, $\varepsilon = 0,7$ и $\varepsilon = 0,8$, соответственно

Анализ полученных результатов показывает, что на меньших расходах существует полное согласие экспериментальных и расчетных данных. Некоторое расхождение данных наблюдается при повышенных расходах, когда среднерасходная скорость в трубке приближается к 10 м/с, проявляется турбулентный режим течения с образованием многочисленных вихрей, что выдвигает еще большие требования к качеству сеточного разбиения для прямого численного моделирования процессов внутри пористой среды. Для значений пористости среды $\varepsilon = 0,7$ и $\varepsilon = 0,8$ для расходов меньше $Q = 0,003 \text{ м}^3/\text{с}$ сохраняется ламинарный режим течения и зависимость перепада давления от расхода газа носит линейный характер. С увеличением расхода проявляется нелинейность, а для пористости $\varepsilon = 0,6$ в связи со сложной геометрией внутренней области существенная нелинейность проявляется уже при малых расходах газа. Проведенные исследования доказывают, что существует некое пограничное значение пористости среды, при котором наблюдается переход от линейного изменения кривой к нелинейному характеру. Поиск данного диапазона будет являться интересом наших дальнейших исследований и представляет особую важность для проектирования фильтров с пониженным значением аэродинамического сопротивления при сохранении эффективности их работы.

Проведены исследования течения воздуха в высокопористом ячеистом материале, представляющем собой модель фильтров, применяемых на производстве. Вычислительные и натурные эксперименты проведены для фиксированного значения диаметра ячеек для трех различных пористостей среды и хорошо согласуются. Установлено, что для пористости материала $\varepsilon = 0,7$ и $\varepsilon = 0,8$ кривые изменения перепада давления в случае ламинарного режима носят линейный характер, на турбулентном режиме течения проявляется нелинейность. Для среды пористостью $\varepsilon = 0,6$ на всех режимах течения происходит нелинейное изменение перепада давления.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и правительства республики Татарстан в рамках научного проекта № 18-41-160005.

Источники

1. Fabrication and electromagnetic interference shielding effectiveness of carbon nanotube reinforced carbon fiber/pyrolytic carbon composites / Liu X. [et al.] // Carbon. 2014. Т. 68. Р. 501–510.

2. A New Class of High Temperature and Corrosion Resistant Nickel Based Open Cell Foams / Walther G. [et al.] // Advanced Engineering Materials. 2008. Т. 10, № 9. Р. 803–811.

3. Mechanical properties and non-homogeneous deformation of open-cell nickel foams: application of the mechanics of cellular solids and of porous materials / Badiche X. [et al.] // Materials Science and Engineering: A. 2000. Т. 289, № 1-2. P. 276–288.

4. Howell J.R., Hall M.J., Ellzey J.L. Combustion of hydrocarbon fuels within porous inert media // Progress in Energy and Combustion Science. 1996. Т. 22 № 2. P. 121–145.

5. Pressure drop during air flow in aluminum foams / Mancin S. [et al.] // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2010. Т. 53, № 15-16. P. 3121–3130.

6. Dukhan N. Correlations for the pressure drop for flow through metal foam // Experiments in Fluids. 2006. Т. 41, № 4. P. 665–672.

7. Pressure drop in flow across ceramic foams – A numerical and experimental study / Regulski W. [et al.] // Chemical Engineering Science. 2015. Т. 137. P. 320–337.

8. Соловьев С.А., Соловьева О.В., Попкова О.С. Численное моделирование движения аэрозольных частиц в высокопористом проницаемом ячеистом материале // Журнал физической химии. 2018. Т. 92, № 3. С. 489–493.

УДК 62-83

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЯГОДУТЬЕВОЙ МАШИНЫ ДН-8 11/1000

Флюр Флюсович Юсупов¹, Танир Хамитевич Мухаметгалеев²

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КХТИ», г. Казань

^{1,2}banzay-13-13@yandex.ru

В работе рассматривается частотно-управляемый электропривод тягодутьевой машины ДН-8 11/1000. Установка выполняет задачу по отсосу дымовых газов и подачи воздуха для обеспечения нормальной работы котла на всех нагрузках.

Ключевые слова: частотно-управляемый электропривод, тягодутьевая машина, повышение эффективности, преобразователь частоты.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF VARIABLE FREQUENCY DRIVES AIR-BLASTING MACHINE DAYS-8 11/1000

Flyur Flyusovich Yusupov, Tanir Hamitevich Mukhametgaleev

The paper considers the frequency-controlled electric drive of the traction machine DN-8 11/1000. The unit performs the task of flue gas suction and air supply to ensure the normal operation of the boiler at all loads.

Key words: frequency-controlled electric drive, air-blasting machine, improving the efficiency of the frequency converter.

Значительная часть асинхронных двигателей, используемых на производстве, управляются преобразователями частоты (ПЧ). Безусловно, преобразователь частоты является полезным устройством, которое облегчает режимы пуска и работу асинхронного двигателя. Но преобразователи частоты могут оказывать негативное воздействие на двигатель. Это связано с тем, что выходное напряжение и ток преобразователя частоты после инвертора имеют искаженную форму синусоиды. В таком виде искаженный ток поступает на обмотки двигателя, что приводит к электрическим и тепловым пробоям изоляции двигателя, происходит быстрый износ ее, увеличивается акустический шум.

Проблема стала актуальной в связи с использованием большого количества ПЧ больших и малых мощностей. И в связи с этим возникает необходимость разработки методов по ограничению создаваемых помех преобразователями частоты.

Целью данной работы является повышение эффективности частотно-управляемого электропривода тягодутьевой машины ДН-8 11/1000.

В данной работе проводится исследование с использованием компьютерного моделирования. Работа выполняется с учетом реальных технологических особенностей производства, в составе которого находится тягодутьевая машина ДН-8 11/1000.

Источники

1. Денисов В.А. Электроприводы переменного тока с частотным управлением: учеб. пособие. Ст. Оскол: ТНТ, 2013. 164 с.

2. Крылов Ю.А., Карандаев А.С., Медведев В.Н. Энергосбережение и автоматизация производства в теплоэнергетическом хозяйстве города. Частотно-регулируемый электропривод: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2013. 176 с.

УДК 621.34

ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОЙ КОМПЛЕКТАЦИИ СТАНЦИИ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКА-КАЧАЛКИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ

Анатолий Николаевич Якунин

ГБОУ ВО «АГНИ», г. Альметьевск, Республика Татарстан
Anatol_ee@rambler.ru

Станок-качалка нефтедобычи, как правило, оснащается нерегулируемым электроприводом на базе асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, который не обеспечивает возможность экономичного регулирования производительности установки. Обеспечение оптимальных режимов добычи можно добиться установкой

в станцию управления станка-качалки частотного преобразователя. При выборе преобразователя необходимо учитывать задачи, решаемые электроприводом, мощность и тип подключенного электродвигателя, необходимые точность и диапазон регулирования скорости, точность поддержания момента вращения на валу электродвигателя.

Ключевые слова: станок-качалка, преобразователь частоты, электропривод, мощность, параметры.

THE EXPERIENCE OF THE PRACTICAL CONFIGURATION OF THE CONTROL STATION PUMPING UNIT WITH FREQUENCY CONVERTER

Anatoly Nikolaevich Yakunin

As a rule, the oil production pumping machine is equipped with an unregulated electric drive based on an asynchronous electric motor with a short-circuited rotor, which does not provide the possibility of economical regulation of the plant's performance. Ensuring optimal production modes can be achieved by installing a frequency converter in the control station of the rocking machine. When choosing a converter, it is necessary to take into account the tasks solved by the electric drive, the power and type of the connected electric motor, the necessary accuracy and range of speed control, the accuracy of maintaining the torque on the motor shaft.

Key words: machine-rocking chair, frequency converter, electric drive, power, characteristic.

Нефтегазодобывающую промышленность Республики Татарстан в настоящий момент времени можно охарактеризовать тем, что нефтяные месторождения находятся в завершающей стадии своей разработки, отличительной чертой которых являются высокая себестоимость нефти, обусловленная низкими темпами ее добычи. Это в первую очередь связано с тем, что запасы нефти в данных месторождениях переходят в категорию трудно извлекаемых. Характерными особенностями таких месторождений являются сложность системы поддержания пластового давления, недостаточный объем закачки пластовой минерализованной воды, что приводит к изменению забойного давления и падению дебита. Для того чтобы постоянно осуществлялась добыча при изменении забойного давления и уменьшении дебита, необходимо регулировать линейную скорость откачки.

У любого нефтедобывающего предприятия имеется потенциальный фонд добывающих скважин с большим числом смен линейной скорости откачки или числа качаний, на которых возможно внедрение стационарных станций управления с преобразователем частоты (ПЧ). Большинство таких скважин в ПАО «Татнефть» оснащены наземным приводом в виде станка-качалки (СК), различных модификаций и производителей.

Чтобы поддерживать в эксплуатационном режиме добычи установки штангового глубинного насоса (УШГН), регулируют число качаний СК, что характеризуется дополнительными эксплуатационными затратами из-за простоя скважины, обеспечения подъездных путей, подключения дополнительного реанимационного оборудования.

В настоящее время большинство УШГН оснащается нерегулируемыми электроприводами на базе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, которые не обеспечивают нужного диапазона регулирования производительности насоса в непрерывном режиме функционирования установки, а также обладают низкими энергетическими показателями. Используются асинхронные двигатели модернизированных и современных серий (5А, 6А, АИР), имеющие специальное назначение (СН) – использование их в качестве электропривода СК и взрывозащищенное исполнение. Стабильно работающие при отклонении напряжения питания на $\pm 10\%$ или отклонении частоты от $+3\%$ до -5% или одновременном отклонении напряжения и частоты от номинальных значений. Кроме того, допускают длительную перегрузку на 10% и 15% при номинальном напряжении и частоте [1].

Перспективным направлением решения регулирования линейной скорости откачки, а значит и уменьшения эксплуатационных затрат, является усовершенствование электротехнической части системы «электропривод – станок-качалка – штанговая скважинная насосная установка» путём использования стационарной станции управления УШГН с ЧРЭП [2]. Организация ЧРЭП предусматривает возможность плавного регулирования средней и мгновенной скорости вращения вала электродвигателя в широком диапазоне скоростей, тем самым показывая наилучшие показатели по энергозатратам [3, 4]. Стоит также отметить, что несмотря на все преимущества ЧРЭП, они не так широко применяются в качестве приводов УШГН, что объясняется главным образом дороговизной и частыми нарушениями нормального режима работы, обусловленными несовместимостью электродвигателя и частотного преобразователя и заметного влияния момента на валу электродвигателя.

На величину и направление момента на валу электродвигателя основное влияние оказывает нагрузка в точке подвеса штанг, которая является переменной величиной, и характер её изменения описывается с помощью динамограммы. На рис. 1 представлена динамограмма по скважине с наземным оборудованием станком-качалкой типа UP-12Т-3000-5500 румынского производителя, имеющим возможность регулировать число качаний балансира в минуту от 6,6 до 12 [5].

Представленная динамограмма характеризуется правильным и высоким параллелограммом, у которого значение амплитуды нагрузки $A = 5857$ кг и минимальной нагрузки $m = 1110$ кг, при длине хода полированного штока $l_x = 3$ м. Данная динамограмма скважины позволит сказать об успешном внедрении и дальнейшей эксплуатации ЧРЭП.

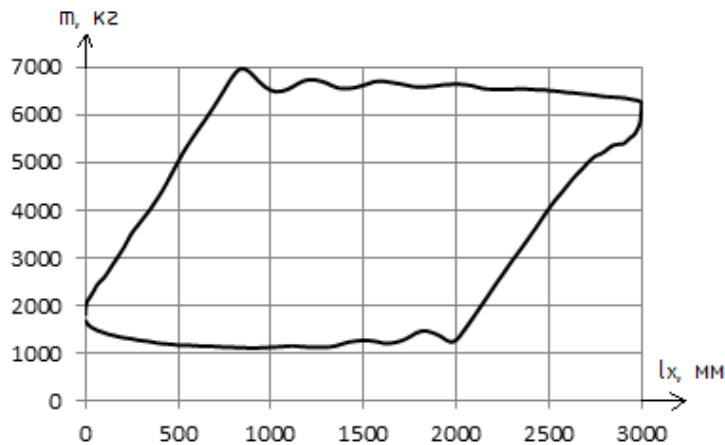


Рис. 1. Динамограмма скважины

В состав структурной схемы ЧРЭП входят основные силовые элементы: электродвигатель и преобразователь с системой управления, реализованной на логическом контроллере (рис. 2).

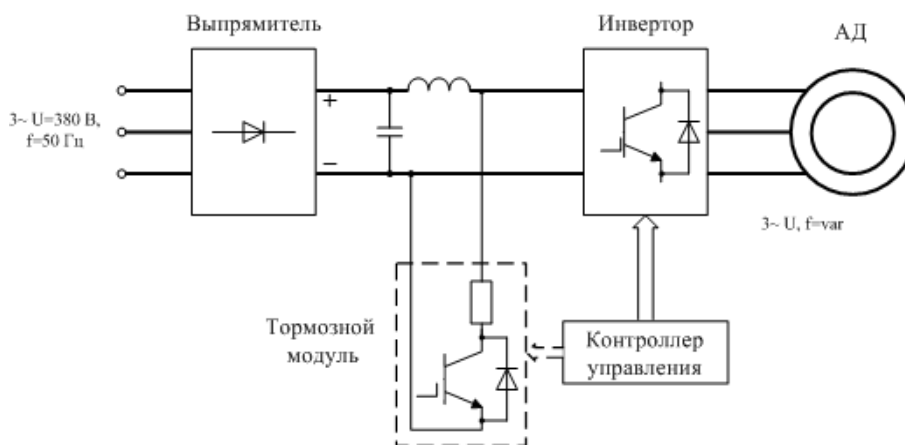


Рис. 2. Структурная электрическая схема ЧРЭП

Оптимальным решением организации ЧРЭП является установка в станцию управления СК преобразователя ПЧ, при выборе которого должны учитываться следующие рекомендации по обеспечению нормального режима работы УШГН и оптимальной комплектации преобразователя [6]:

- нагрузочная способность или максимальный ток, потребляемый двигателем от ПЧ с учетом перегрузочной способности последнего;
- мощность при питании от трехфазной промышленной сети 380 В;
- диапазон регулирования скорости и способность преобразователя обеспечить работу двигателя на низких частотах;
- режим управления (скалярный или векторный с ПИД-регулированием, наличие обратных связей);

- интеграция в автоматизированную систему управления технологическим процессом;
- режим торможения осуществляет остановку или переход двигателя на более низкую скорость работы за более короткий промежуток времени;
- использование защитных дросселей (сетевого и моторного);
- предполагаемое место установки преобразователя (условия эксплуатации).

Одним из первых важных параметров электропривода, является его мощность при питании от трехфазной промышленной сети 380 В. По этой причине при выборе ПЧ следует определиться с его нагрузочной способностью. В соответствии с имеющейся номинальной электрической мощностью двигателя выбирается ПЧ, рассчитанный на такую же мощность. И такой выбор будет являться правильным при условии, что нагрузка на валу не будет динамично изменяться, а ток значительно превышать номинальное установленное значение, как для данного двигателя, так и преобразователя. Поэтому более корректным было бы производить выбор по максимальному значению тока, потребляемого двигателем от ПЧ с учетом перегрузочной способности последнего. Таким образом, для правильного выбора нужно знать характер перегрузок установки, в частности: каков уровень перегрузок, какова их длительность и как часто они появляются.

Если скорость не будет падать ниже 10 % от номинальной, то подойдет практически любой преобразователь, но если нужно снижать скорость и далее, обеспечивая при этом номинальный момент на валу, нужно убедиться в способности преобразователя обеспечить работу двигателя на частотах, близких к нулю. Кроме того, с диапазоном регулирования скорости связан еще один вопрос – охлаждение двигателя. Обычно асинхронный двигатель (с самовентиляцией) охлаждается вентилятором, закрепленным на его валу, поэтому при снижении скорости эффективность охлаждения резко падает. Некоторые преобразователи снабжены функцией контроля теплового режима с помощью обратной связи, через датчик температуры, установленный на самом двигателе.

Также важной функцией ПЧ выступает режим торможения. Торможение выбегом аналогично отключению двигателя от питающей сети, при этом процесс может занять продолжительное время. Особенно, если это высокоинерционные механизмы. С помощью ПЧ можно осуществить остановку или торможение двигателя с переходом на более низкую скорость работы за более короткий промежуток времени. Возможно несколько вариантов:

- отдать в сеть (рекуперировать), а такие преобразователи стоят несколько дороже;

- выполнить остановку подачей на обмотки статора напряжения более низкой частоты или постоянного напряжения, тогда избыток запасенной кинетической энергии выделится в виде тепла через радиаторы преобразователя и сам двигатель (торможение двигателем);

- выполнить остановку или торможение замыканием обмоток статора на сопротивление.

Если мощность до 15 кВт, то тормозное сопротивление может быть встроенным. При больших мощностях применяется узел торможения, состоящий из тормозного прерывателя, выполняющего функцию ключа и самого тормозного сопротивления, либо тормозное сопротивление подключается напрямую к ПЧ.

Целесообразность применения того или иного способа торможения рассматривается в основном с экономической точки зрения. Так рекуперация в сеть более выгодна в плане экономии электроэнергии, привод с использованием тормозного сопротивления – более дешевое техническое решение, торможение двигателем вообще не требует дополнительных затрат, но в свою очередь возможно только при малых мощностях.

При выборе ПЧ не стоит забывать и об использовании дросселей. Существует два типа дросселей:

- сетевой – подключается непосредственно в сеть питания частотного преобразователя, выполняет защитные функции, являясь своего рода двусторонним буфером между преобразователем и нестабильной сетью;

- моторный – подсоединяется между двигателем и преобразователем частоты, выполняет функции, связанные с ограничением скорости нарастания напряжения, а также для ограничения токов короткого замыкания.

Немаловажным этапом является выбор предполагаемого места установки преобразователя, а отсюда условий эксплуатации:

- диапазон рабочих температур;
- влажность;
- вибрации;
- степень защиты IP.

Осуществим выбор ПЧ для комплектации станции управления СК, оснащенного асинхронным электродвигателем номинальной мощностью 18,5 кВт напряжением питания 380 В, по рассмотренным выше вариантам комплектации и функциям. Для этого выполнено исследование части рынка

(российского и зарубежного) ПЧ для СК. В таблице представлены характеристики ПЧ различных моделей, которые обеспечивают на выходе: напряжение от 0 до напряжения питания, частоту от 0 до 100 Гц (у отдельных моделей).

Характеристики ПЧ

Модель ПЧ (производитель)	Номинальный выходной ток, А	Наличие тормозных резисторов	ЭМС- фильтр	Работа с перегрузкой (60 с), %	Степень защиты
EI-7011-025H (ВЕСПЕР, Россия)	41	Опция	Нет	150	IP20 и IP54
Altivar Process ATV930 D18N4 (Schneider Electric, Германия)	39,2	Встроенный		180	IP21
A300-0185-T4 (ЧАЭЗ, Россия)	37	Опция	Нет	150	IP20
FR-F740-00380-EC (MITSUBISHI Elec- tric, Япония)	38	Встроенный		110	IP20 и IP54
ESQ500/EN600 ESQ600-4T0185G (Китай)	39	Опция	Нет	150	IP20

Из таблицы видно, что оптимально подходящим ПЧ для рассматриваемого электродвигателя является модель EI-7011-025H общепромышленной серии EI-7011 компании ВЕСПЕР. Преобразователи данной серии подходят для оборудования с тяжелым пуском и высокой нагрузкой в сложных климатических условиях.

Во-первых, данная модель соответствует электродвигателю по мощности, что является одним из главных условий выбора ПЧ. Уровень перегрузки по длительности и частоте появления можно оценить по данным динамометрирования СК.

Во-вторых, номинальный выходной ток преобразователя (41 А) перекрывает номинальный ток электродвигателя (37,8 А), что также необходимо для бесперебойной работы оборудования.

Также следует отметить достаточно большой процент работы с перегрузкой – 150 % от номинального выходного тока в течение 1 минуты, что позволит работать ПЧ, не производя остановку электродвигателя. Перегрузочная способность данной модели доходит до 200 % в течение 3 с.

Торможение в данной модели реализовано с помощью тормозного резистора, который включен в комплектацию ПЧ мощностью до 15 кВт, на аппаратуру мощностью выше 15 кВт идет как дополнительная опция, т. е. устанавливается отдельно. Режим рекуперации энергии отсутствует.

Защитное исполнение преобразователя IP54 позволяет использовать оборудование в наружных установках при жестких условиях окружающей среды.

Правильный выбор электротехнического оборудования для сложных технологических процессов нефтедобычи позволит своевременно реализовать требуемые режимы работы механизмов.

Источники

1. Якунин А.Н. Использование современных серий Асинхронных Двигателей на объектах нефтяной промышленности // Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию высшего нефтегазового образования в Республике Татарстан. Альметьевск, 2016. Т. 2. С. 302.

2. Якунин А.Н. Использование стационарного частотно-регулируемого электропривода на станке-качалке // Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию высшего нефтегазового образования в Республике Татарстан. Альметьевск, 2017.

3. Ильинский Н.Ф., Москаленко В.В. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Академия, 2008.

4. Якунин А.Н., Ахметов Р.Р. Энергосберегающие мероприятия, реализуемые современным электроприводом в технологическом процессе // Нефтегазовый комплекс: образование, наука и производство: матер. Всерос. науч.-практ. конф. Альметьевск, 2014. Ч. 2. С. 62.

5. Архипов К.И., Попов В.И., Попов И.В. Справочник по станкам-качалкам. Альметьевск: Отдел оперативной полиграфии управления «ТатАСУнефть» АО «Татнефть», 2000.

6. Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебник для вузов. М.: Академия, 2007.

Секция 3. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЭК И ЖКХ

УДК 620.3, 620.91

НАНОТЕХНОЛОГИИ – БУДУЩЕЕ ТЭК И ЖКХ

Анатолий Юрьевич Афанасьев¹, Дмитрий Сергеевич Морозов²

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

¹afanasiev_eo@mail.ru, ²morozov-d97@mail.ru

В статье показаны применение и перспективы использования нанотехнологий в энергетике будущего. Приведены сведения о развитии светодиодных ламп, изготовленных по нанотехнологиям. Описана технология выполнения выполнения нанокompозитных труб. Обсуждаются перспективы использования нанотехнологий в альтернативных источниках энергии.

Ключевые слова: энергетика, нанотехнологии, композиционные материалы, наночастицы, альтернативные источники энергии.

NANOTECHNOLOGY IS FUTURE OF FUEL-ECONOMICAL COMPLEX AND HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

Anatoly Yuryevich Afanasyev, Dmitry Sergeevich Morozov

The article shows the use and prospects for the use of nanotechnology in the energy of the future. Information about the development LED bulbs made by nanotechnology are given. Performance technology of nanocomposite tubes is described. Perspectives of using nanotechnologies in alternative energy sources are discussed.

Key words: energy, nanotechnology, composite materials, nanoparticles, alternative energy sources.

На протяжении всей цивилизации человечество всегда нуждалось в энергетике. Первым большим скачком в энергоразвитии было добывание огня, который использовался первобытными людьми для приготовления пищи и обогрева жилищ. Уже ближе к XV веку средневековый человек стал потреблять энергию примерно в десять раз больше, чем первобытные люди, используя при этом энергию воды и ветра. К настоящему времени с развитием машиностроения потребность в энергии увеличилась в сотни и тысячи раз. Кроме того, в наши дни перед обществом стоит очень важная проблема энергосбережения и правильного распределения энергии, получаемой самыми разнообразными способами.

На сегодняшний день значение энергетике в любых ее формах колоссально. Энергетика окружает человечество повсюду: электро-энергетика, без которой не может работать вся бытовая, офисная и промышленная техника; транспорт, использующий энергию невозобновляемых источников; тепловая энергетика для обогрева зданий и многие другие виды энергетике. Довольно сложно представить

современную жизнь без электроэнергетики, которая является одной из главных составляющих ЖКХ. Электричество – это универсальный источник энергии, которую можно преобразовывать в любые другие виды энергии: механическую, химическую, тепловую, световую, звуковую и т. д. Также человечество использует и другие источники энергии: солнечную, геотермальную, атомную энергию ветра, приливов и отливов, воды, и невозобновляемых источников (нефть, газ, уголь). Перспективы усовершенствования и добывания этих источников очень велики. Большая роль в будущем при этом отводится нанотехнологиям, способным повысить качество производимых приборов и продлить срок службы используемого оборудования.

Нанотехнологии – это технологии, которые дают возможность работать с объектами размером порядка 1–100 нм. Почему же именно наноматериалы обладают такими уникальными свойствами? Это объясняется тем, что при уменьшении размеров зёрен или частиц увеличивается отношение числа атомов, находящихся на их границах, в результате чего растёт влияние сил поверхностного взаимодействия и границ раздела на свойства вещества. Уменьшение размеров зёрен с 10 мкм до 10 нм даёт многократное повышение прочности при сохранении или даже повышении пластичности. К примеру, наноструктурная керамика может деформироваться, что противоречит хрупкому поведению обычной керамики. Каким образом задействование нанотехнологий способно изменить будущее нашей энергетики?

Благодаря новейшим технологиям глубокой модернизации подвергнется различная фотовольтаика за счет изобретения новейших фотоэлементов, сверхтонких нанопленок, разного рода антиотражающих покрытий и красителей, которые составляют основу конструкций панелей солнечных батарей. С помощью коррозиестойких наноматериалов и покрытий удастся повысить стабильность работы механизмов в гидроустановках, в различных турбинах и насосах, так как данные устройства постоянно контактируют с водой, способствующей образованию коррозии и быстрому износу элементов оборудования. Нанотехнологии широко применяются для создания бурильных установок новых поколений, предназначенных для добычи природного газа, нефти и каменного угля. Данные бурильные установки обладают повышенной эффективностью и скоростью бурения, достигаемых посредством добавления наночастиц и нанокolloидных систем. Благодаря новым технологиям нанооптимизации, разрабатываются уникальные способы и процессы выращивания биомассы с применением специальных

нанодатчиков и наносенсоров. Особо важны нанотехнологии в области атомной энергетики, поскольку атомные электростанции оказывают достаточно сильное радиационное воздействие на персонал. Нанокompозиты в данном случае помогают создать наиболее безопасные рабочие условия и снизить опасный уровень радиации до минимума. Кроме того, удастся обезопасить и сами источники радиации, если поместить их в специальные капсулы, сделанные из наноматериалов.

Нанотехнологии играют важную роль не только для получения первичной энергии, но и для передачи этой энергии на большие расстояния без лишних потерь, для ее эффективного использования и долгого хранения. Рассмотрим важнейшие преимущества технологий будущего, предназначенных для передачи и сохранения энергии. На данный момент известно, что основанные на наноструктурированных электродах литий-ионные аккумуляторы способны запасать энергию в значительно больших объемах и на более длительный срок. Углеродные нанотрубки и аэрогели, наночастицы оксидов металлов применяются в наноконденсаторах для повышения их емкости. Прогрессивные разработки производятся для новых «умных» линий электропередач, состоящих из сверхпроводимых кабелей из углеродных нанотрубок, которые позволяют сократить потери энергии и, соответственно, повышают эффективное использование электрической энергии. Долгосрочная перспектива – это переход на беспроводную передачу энергии, достигнуть которой можно путем применения лазеров и устройств электромагнитного резонанса. Ярким примером привлечения нанотехнологий в электроэнергетике и электронике является изобретение светодиодных ламп, главным достоинством которых является экономия энергии и повышенная яркость освещения. Различают два направления развития светодиодов:

- 1) LED – светодиоды на неорганических гетероструктурах (рис. 1);

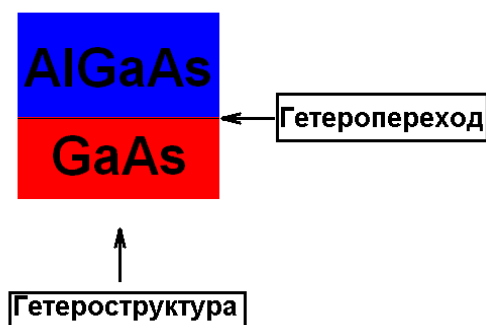


Рис. 1. Гетероструктура

- 2) OLED – светодиоды на органических компонентах.

Сравнение характеристик светодиодных ламп, построенных по нанотехнологиям, с энергосберегающими лампами предыдущего поколения приведено в таблице.

Сравнение характеристик светодиодных ламп, построенных по нанотехнологиям, с энергосберегающими лампами предыдущего поколения

Технические характеристики	Тип лампы	
	Светодиодная	Энергосберегающая
Энергопотребление	11 Вт/ч	20 Вт/ч
Срок службы	До 30000 ч	До 10000 ч
Длительность включения	Мгновенное включение	Длительный разогрев (около 1 мин до выхода на заявленные характеристики)
Безопасность	Отсутствуют УФ и ИК излучения, мерцание, тяжелые металлы и ртуть	Содержит ртуть, требуется специальная утилизация
Рабочий диапазон напряжений	Работает в широком диапазоне напряжения (180–250 В)	Возможны отказы при пониженном напряжении в сети

Для обеспечения надежности, экономичности и эффективности получения, передачи и применения энергии следует обратить внимание на другие, казалось бы совершенно незначительные факторы, такие, как снижение веса механических конструкций путем применения легких и сверхпрочных нанокompозитов. Например, благодаря новым технологиям, были изобретены нанокompозитные трубы, которые превосходят обычные стальные по многим показателям (рис. 2).



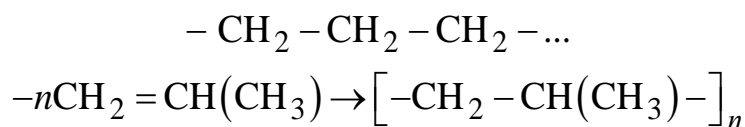
Рис. 2. Показатели улучшения характеристик нанокompозитных труб

Нанокompозитные трубы находят все более широкое применение в водоснабжении, системах отопления и газоснабжения. На рис. 3 изображена конструкция нанокompозитной трубы, используемой в системах водоснабжения.



Рис. 3. Конструкция нанокompозитной трубы

Рассмотрим подробнее процесс производства нанокompозитных труб. На заводе на металлическую заготовку непрерывно наносят адгезив и полимеры, формируя изделие. Адгезив – это вещество, которое способно соединять материалы путем поверхностного сцепления. Перед тем как покрыть заготовку данными веществами, на ее поверхности делают рельеф (субмикроразмерный или же наноразмерный). Рельеф формируется благодаря высоковольтному разряду при атмосферном давлении. Это разряд со стримерным пробоем промежутка, когда электроны приобретают большую энергию, что позволяет увеличить плотность металлополимерных труб. Полимером в изготовлении нанокompозитных труб в основном выступает полиэтилен (сокращенно ПЭ, PE) и полипропилен (ПП, PP), структурные формулы которых соответственно выглядят следующим образом:



Полиэтиленовые трубы для питьевого водоснабжения производятся из полиэтилена марок ПЭ80 и ПЭ100 диаметром от 20 до 1200 мм. Трубы используются для строительства и ремонта трубопроводов, транспортирующих воду, а также другие химические вещества, к которым полиэтилен

стоек. При соблюдении условий монтажа и эксплуатации полиэтиленовых труб расчетный срок службы составляет 50–100 лет в зависимости от материала.

Какова же цель внедрения нанотехнологий в производство нанокompозитных труб? Она заключается в создании надежных неразъемных соединений путем увеличения адгезионных сил сопрягаемых материалов. Несмотря на то, что способы увеличения адгезии были известны уже ранее, они не обеспечивали таких свойств, как наноматериалы. Проблема заключалась в микроструктуре поверхности металла, которую не удавалось полностью очистить. Нанокompозитные трубы, различные профили и другие изделия получают благодаря образованию поверхности фольги, на которую сверху или внутри сперва наносится адгезив, а затем полимер. Края фольги свариваются. В зависимости от разрядной цепи, подбирается соответствующий режим тлеющего барьерного квази-диффузного либо искрового разряда.

Еще одно полезное свойство наноматериалов – хорошая способность сохранения тепла. Такими характеристиками обладают нанопористые материалы (цеолиты), нанопены, применяющиеся в качестве утеплителей зданий и суперизоляции в транспорте. Оптимизация теплообмена также достигается благодаря внедрению углеродных нанотрубок с целью понизить теплопроводность материалов. Данные свойства особенно важны в системах отопления. Снижение тепловых потерь положительно скажется с экономической точки зрения и позволит доставлять большее количество тепла на дальние расстояния с наименьшими потерями.

На рис. 4 показаны сравнительные коэффициенты теплопроводности минваты и пенополиуретана – материалов, часто применяющихся в теплоизоляции труб отопления. Исходя из этих графиков можно сделать вывод, что пенополиуретан обладает малым коэффициентом теплопроводности, значение которого практически не изменяется с годами в отличие от коэффициента теплопроводности минваты, что делает его более выгодным и качественным материалом для теплоизоляции.

Потребление энергии с каждым годом увеличивается все больше и больше (статистика потребляемой годовой энергии в настоящее время и прогнозируемое потребление энергии до 2030 года приведена на рис. 5), и поэтому приходится искать все более новые альтернативные источники энергии или усовершенствовать и модернизировать уже имеющиеся.



Рис. 4. Сравнительные коэффициенты теплопроводности минваты и пенополиуретана

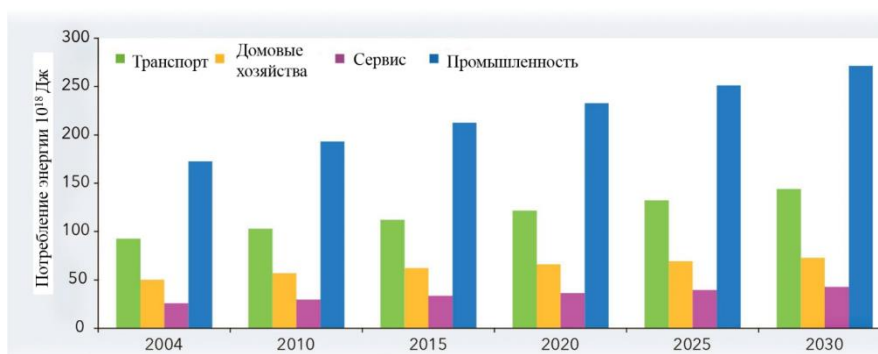


Рис. 5. Прогнозируемое потребление энергии

Как показывают исследования, около 80 % потребляемой энергии приходится на полезные ископаемые (газ, нефть, уголь). К сожалению, природные запасы энергии ограничены, что заставляет нас задуматься о поиске новых решений, способах получения энергии. Перспективный путь развития и выхода на уровень мировой энергетики позволяют получить открытия ученых в области нанотехнологии. Нанотехнологии помогут заглянуть человечеству на новый микроуровень, который раньше казался лишь фантастикой. В настоящие дни особенно увеличивается роль нанотехнологий в фотоэлектрической и солнечной энергетике. Ожидается, что данные виды энергетике станут наиболее распространенными и эффективными, поскольку затраты на их получение, по сравнению с другими источниками энергии, минимальны. Более того, соответствующие виды энергетике являются экологически чистыми, что является одной из главных причин его будущего развития, особенно в условиях современного сильного природного загрязнения. На рис. 7 показан прогноз потребления первичной энергии различных видов до 2100 года.

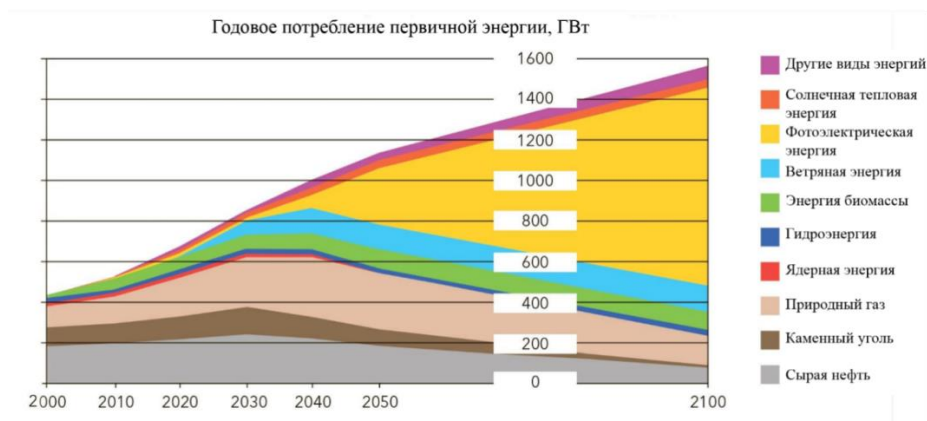


Рис. 7. Годовое потребление первичной энергии

Источники

1. Ремпель А.А., Валеева А.А. Материалы и методы нанотехнологий: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 136 с.
2. А. да Роза. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы: учеб. пособие / пер. с англ.; под ред. С.П. Малышенко, О.С. Попеля. Долгопрудный: ИД «Интеллект»; ИД МЭИ; 2010. 704 с.

УДК 620.3, 620.91

УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Александр Андреевич Варенов¹, Анна Олеговна Титова²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹luna199645@mail.ru, ²luna199645@mail.ru

Излагается современное состояние в области управления теплом и предлагается погодозависимая автоматическая система управления температурой теплоносителя применительно к конкретному объекту теплоэнергетики.

Ключевые слова: тепловые процессы, качественное регулирование, система отопления, отопительный график.

THERMAL PROCESS MANAGEMENT

Alexander Andreyevich Varenov, Anna Olegova Titova

The report presents the current state of the art in the field of heat management and proposes a weather-dependent automatic coolant temperature control system for a specific heat power facility.

Key words: thermal processes, quality control, heating system, heating schedule.

Известно, что экономия теплотребления может быть достигнута установкой в индивидуальном тепловом пункте жилого дома системы регулирования температуры теплоносителя. Эта система регулирует

теплопотребление, увеличивая или уменьшая поток теплоносителя в зависимости от его потребностей в данный момент. Задачами автоматической системы регулирования тепла (АСРТ) являются:

1. Исключение подачи в систему отопления теплоносителя с завышенными и с заниженными параметрами, регулирование которых происходит с минимальной инерцией.

2. Сбережение тепла за счет снижения температуры теплоносителя в ночные часы и в периоды отсутствия жильцов.

Внедрение АСРТ по различным сведениям дает суммарную экономию 30 и более процентов, балансирует систему отопления, увеличивает срок эксплуатации и обеспечивает исполнение требований законодательства по сбережению энергоресурсов.

Необходимо учитывать, что тепловой баланс дома и его отдельных помещений определяется также солнечным излучением через окна, осветительными и другими электроприборами и самими людьми, находящимся в доме. Так, по оценкам белорусских коллег-тепловиков, включенная люстра со светодиодными лампами (50 Вт), телевизор (50 Вт) и два человека спокойно сидящие на диване (2·50 Вт) в помещении могут легко дать дополнительные 200 Вт.

В настоящее время основными видами АСРТ являются:

- качественное (погодозависимое) регулирование;
- количественное регулирование – изменение количества нагретого теплоносителя;
- комбинированное регулирование.

В докладе раскрывается смысл и проводится сравнительная оценка перечисленных видов АСРТ, на основании которой обосновывается структура и принципы управления с помощью погодозависимой автоматики.

Проведенное ранее исследование многопараметрической модели системы отопления на основе АГВ показало ее работоспособность, т. е. обеспечение теплового баланса при выбранных строительных материалах и конструкциях. Вместе с тем сложность математической модели системы отопления потребовала ее идентификации известными методами. Полученная в результате инженерная модель этой системы отопления, как объекта управления, позволила синтезировать управляющее устройство на основе ПЛК и элементов автоматики, выполняющих задачи, стоящие перед АСРТ.

Результаты работы позволяют сделать следующие выводы:

1. Математическая модель АСРТ и ее анализ позволяют производить правильный выбор строительных материалов и конструкций для обеспечения теплового баланса.

2. Структура АСРТ предусматривает ее построение на основе современных автоматических устройств и с использованием алгоритмов управления, обеспечивающих комфортные условия проживания и экономное расходование природного газа и электрической энергии.

Источники

1. Варенов А.А., Якимов Н.Д., Ерашова Ю.Н Инженерная модель теплового режима в индивидуальном доме // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2016. № 3-4. С. 22–28.

2. Проблемы автоматического управления объектами теплоэнергетики // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. докл. 1-й Поволжской науч.-практ. конф. Казань, 2016. С. 71–73.

УДК 697.8+519.6

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИН ОТРАВЛЕНИЯ УГАРНЫМ ГАЗОМ В ЧАСТНОМ ЖИЛОМ ДОМЕ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОИСПОЛЬЗУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ольга Ивановна Варфоломеева¹, Дмитрий Анатольевич
Хворенков², Дмитрий Николаевич Попов³

ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова», г. Ижевск
^{1,2,3}te@istu.ru.

В статье приводятся результаты технической экспертизы отопительного агрегата, его обвязки и системы дымоудаления, который эксплуатировался в частном одноэтажном жилом доме. Обследование выполнялось на основании постановления межрайонного следственного отдела о проведении технической экспертизы с целью выявления неисправностей индивидуальной отопительной системы, которые привели к острому отравлению угарным газом двух жильцов этого дома с летальным исходом.

Ключевые слова: Индивидуальное теплоснабжение, угарный газ, продукты сгорания, нестехиометрическое горение, математическое моделирование.

COMPUTATIONAL AND EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE CAUSES OF CARBON MONOXIDE POISONING IN A PRIVATE HOUSE IN THE OPERATION OF GAS EQUIPMENT

Olga Ivanovna Varfolomeeva, Dmitry Anatolyevich, Hvorenkov Dmitry Nikolaevich Popov

The article presents the results of technical expertise of the heating unit, its strapping and smoke removal system, which was operated in a private one-storey residential building. Inspection was carried out on the basis of the resolution of Interdistrict investigation Department on carrying out technical examination for the purpose of identification of malfunctions of individual heating system which led to sharp poisoning with carbon monoxide of two residents of this house with a lethal outcome.

Key words: individual heat supply, carbon monoxide, combustion products, non-stoichiometric combustion, mathematical modeling.

По данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, отравление угарным газом является одной из наиболее распространенных причин несчастных случаев при эксплуатации газоиспользующего оборудования для нужд индивидуального теплоснабжения. В газифицированных помещениях, в которых эксплуатируется газоиспользующее оборудование (плиты, проточные водонагреватели, теплогенераторы с открытой камерой сгорания), образование угарного газа происходит в условиях недостаточного воздухообмена, например, при нарушении тяги в дымоходах и/или вентиляционных каналах либо недостатке приточного воздуха для горения газа. Вышеописанная ситуация привела к несчастному случаю со смертельным исходом двух жильцов частного жилого дома в одной из деревень Удмуртской Республики. В жилом доме эксплуатировался отопительный аппарат АОГВ-11,6-3 2006 года выпуска, предназначенный для отопления жилого дома. Он был размещен в помещении кухни, расположенной в цокольном этаже здания. Газоход от отопительного агрегата был выведен в смежный неотапливаемый пристрой и подключен к дымовой трубе, выходящей выше кровли пристроя. При обследовании системы дымоудаления в смежном с кухней помещении (неотапливаемый пристрой) обнаружены сквозные отверстия длиной 10–60 мм и шириной 10–40 мм на горизонтальном участке газохода диаметром 150 мм до врезки в дымовую трубу. Параллельно с ним в одной тепловой изоляции был проложен вытяжной воздуховод. Воздух в помещение кухни поступал через открывающееся окно в неотапливаемый пристрой, которое располагалось примерно в полуметре от горизонтального участка газохода с вышеописанными дефектами. Исследование причин образования и попадания угарного газа в помещение жилого дома выполнялось в два этапа: экспериментальное исследование концентрации угарного газа и теоретическое исследование его утечки и распространения.

Экспериментальное исследование концентрации угарного газа

Экспертами были произведены замеры концентрации угарного газа в различных точках здания и в газоходе после запуска отопительного агрегата. Измерение содержания окиси углерода (угарного газа) проводилось газоанализатором Fluke 940 в следующих точках:

- 1) у верхнего воздухозаборного отверстия котла и в верхней зоне кухни (у потолка) на расстоянии от АОГВ 11,6-3 более 2 м – 0 ppm;
- 2) у открытой форточки в помещении кухни и у воздухозаборного отверстия вентиляционного канала в кухне – 5 ppm;
- 3) в верхней зоне кухни над АОГВ 11,6-3 – 1 ppm;
- 4) у отверстий в горизонтальном газоходе, расположенном в неотопляемом пристрое – 230–300 ppm;

В газоходе после АОГВ 11,6-3 – 620–6000 ppm.

Замеры проводились в летний период, поэтому необходимо учитывать то, что в зимний период при отрицательных температурах значения CO будут выше вследствие большего количества приточного воздуха из неотопляемого пристроя через окно. Замеры произведены через десять минут после запуска АОГВ 11,6-3 в работу. В точках, где указан диапазон значений, наблюдался рост концентрации CO в пределах времени проведения измерений. Общее время проведения замеров угарного газа составляло 30 мин. Таким образом, задача оценки динамики накопления угарного газа в помещении путем замеров не ставилась по причине ее опасности для жизни. Содержание CO в продуктах сгорания котельных агрегатов, превышение которых не допускается, указаны, как правило, в технической документации на котлы и находится в пределах 50–160 ppm (нижний предел для горелок импортного производства).

Так, через 20 мин концентрация CO в воздухе помещения пристроя вблизи отверстий в газоходе составила 265 ppm (0,0265 %), а в газоходе 6000 ppm (0,6 %). Следует отметить, что при нормальной работе газопотребляющих установок, в том числе аппаратов отопительных газовых с водяным контуром, угарный газ при сжигании природного газа образовываться не должен. Согласно требованиям ГОСТ 20219-94 «Аппараты отопительные газовые бытовые с водяным контуром (п.1.3)», предельное содержание CO в продуктах сгорания составляет 0,05 % (500 ppm). Таким образом, концентрация вредного вещества в дымовых газах превышена в 12 раз. Данное обстоятельство позволило судить экспертам о неисправности АОГВ-11,6-3. Были выполнены работы по разборке и выявлению неисправностей элементов газового отопительного аппарата. Обнаружено, что турбулизаторы были

существенно повреждены в результате коррозии и нарушена целостность основной газовой горелки инжекционного типа, а именно, сопловой блок не был вкручен в горловину горелки и удерживался рядом с ее отверстием газоподводящей трубкой. Авторы считают, что именно этот дефект привел к нерасчетному режиму работы горелочного устройства, так как природный газ поступал в котел не только через горелку, но и через воздухозаборные отверстия в нижней части котла. Это привело к неполному сгоранию части топлива вне горелочного устройства в камере сгорания, что привело к образованию большого количества угарного газа и подтверждено результатами замеров концентрации CO в газоходе. Кроме того, отсутствие центрирования сопла вызывает недожог топлива и в горелке. Действительно, при несовпадении осей сопла и горловины горелки первичный воздух затягивается через специальные отверстия в горловине за счет энергии струи газа в существенно меньшем объеме. При детальном рассмотрении выявлена деформация первых трех витков резьбы на сопловом блоке.

Теоретическое исследование утечки и распространения угарного газа

Исследование течения продуктов сгорания в системе дымоудаления от АОГВ-11,6-3 до устья дымовой трубы проведено методом численного моделирования.

Модель учитывала геометрические размеры и дефекты системы дымоудаления, температуры внутреннего и наружного воздуха в день происшествия, массовый расход продуктов сгорания от АОГВ-11,6-3 (рис. 1).

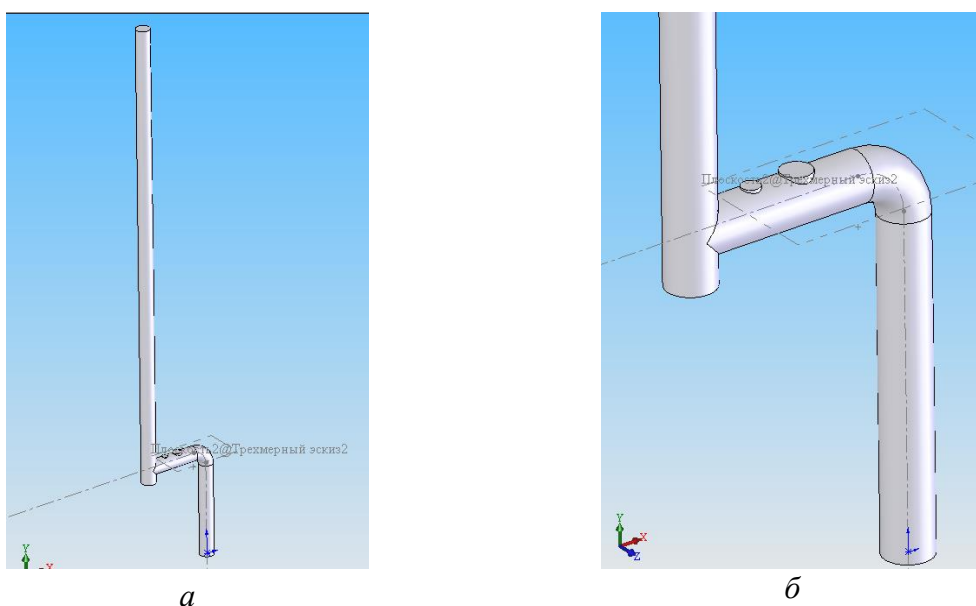


Рис. 1. Геометрическая модель газохода: *а* – общий вид; *б* – фрагмент системы дымоудаления в области присоединения газохода к дымовой трубе

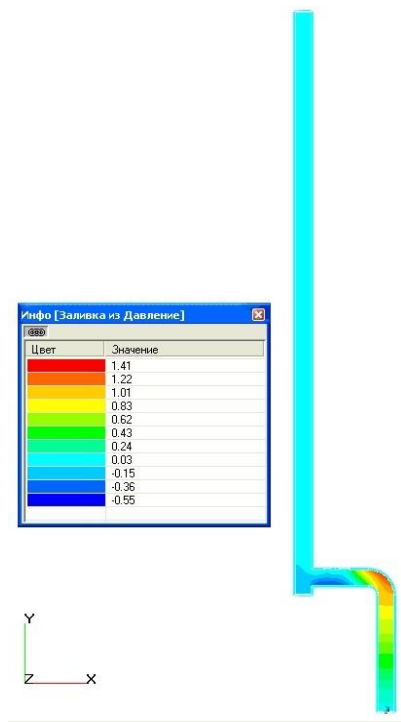


Рис. 2. Поле статического давления в системе дымоудаления

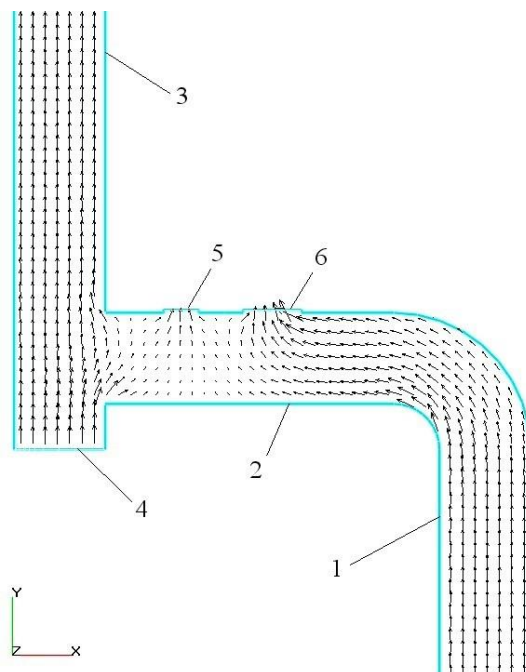


Рис. 3. Поле скорости в системе дымоудаления: 1 – газоход от АОГВ-11, 6-3; 2 – горизонтальный участок газохода; 3 – дымовая труба; 4 – «стакан» для сбора конденсата; 5, 6 – дефекты (отверстия в газоходе)

Результаты расчетов представлены на рис. 2 и 3. Из рис. 3 видно, что при заданных условиях продукты сгорания выходят из газохода через сквозные отверстия 5 и 6. Таким образом, расчетным путем подтверждены результаты измерений содержания угарного газа вблизи дефектов газохода и установлено место его выхода из системы дымоудаления.

Кроме того, было рассчитано время достижения смертельно опасной концентрации в отапливаемых помещениях жилого дома при климатических параметрах в день происшествия. Индексом «1» обозначены параметры, относящиеся к неотапливаемому пристрою, а индексом «2» – отапливаемые помещения. Изменение концентрации угарного газа описывалось следующими уравнениями [1]:

$$V_1 \frac{dC_1}{d\tau} = M_{CO} - C_1(L_{12} + L_{ВЫХ}); \quad (1)$$

$$V_2 \frac{dC_2}{d\tau} = C_1 L_{12}, \quad (2)$$

где τ – время, с; C_1 и C_2 – объемные концентрации в пристрое и отапливаемых помещениях, $\text{м}^3/\text{м}^3$; V_1 и V_2 – объемы этих помещений, м^3 ; M_{CO} – расход выделяющегося из газохода угарного газа, $\text{м}^3/\text{с}$; L_{12} – расход газовойоздушной смеси, движущейся из помещения «1» в помещение «2», $\text{м}^3/\text{с}$; $L_{ВЫХ}$ – расход газовойоздушной смеси через неплотности в ограждающих конструкциях пристроя, $\text{м}^3/\text{с}$.

Переток газовойоздушной смеси через окно может быть оценен следующим образом. При известных значениях высоты трубы $H = 6$ м, плотности наружного воздуха при температуре -20 °С $\rho_H = 1,395$ $\text{кг}/\text{м}^3$ и плотности внутреннего воздуха (помещения кухни) при температуре 16 °С $\rho_B = 1,226$ $\text{кг}/\text{м}^3$ вначале определяется располагаемый перепад давления, Па:

$$\Delta p_p = gH(\rho_H - \rho_B).$$

Средняя скорость движения воздуха по вентиляционному каналу:

$$W = \sqrt{\frac{2(\Delta p_p - \Delta p)}{\bar{\rho}}},$$

где $\bar{\rho} = 0,5(\rho_H + \rho_B)$ – средняя плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$\Delta p = \left(\lambda \frac{H}{d} + \zeta_{ВХ} + \zeta_{р.п} \right) \frac{\bar{\rho} W^2}{2}$ – аэродинамическое сопротивление канала;

d – диаметр канала, $d = 0,15$ м; λ – коэффициент гидравлического трения, который в первом приближении можно назначить равным $0,03$; $\zeta_{ВХ} = 0,8$ – коэффициент местного сопротивления входа воздуха в трубу; $\zeta_{р.п} = 1,45$ – коэффициент местного сопротивления резкого поворота на 90° .

После несложных алгебраических преобразований можно получить значение скорости в первом приближении, м/с :

$$W = \sqrt{\frac{2\Delta p_p}{\bar{\rho} \left(1 + \lambda \frac{H}{d} + \zeta_{\text{вх}} + \zeta_{\text{р.п}} \right)}}$$

Число Рейнольдса при среднем значении коэффициента кинематической вязкости воздуха $\bar{\nu}$:

$$\text{Re} = \frac{Wd}{\bar{\nu}}$$

Далее определяется коэффициент гидравлического сопротивления и вычисляется относительная погрешность:

$$\delta = \frac{|\lambda - \lambda'|}{\lambda'}$$

Расчет проведен по итерационному алгоритму до достижения сходимости результатов. Были определены расходы воздуха, отводимого по вытяжному вентиляционному каналу и приток на горение. Выделение вредного вещества в единицу времени M_{CO} устанавливалось по результатам проведенных замеров. Уравнения (1) и (2) с учетом начальных условий $C_1|_{\tau=0} = C_2|_{\tau=0} = 0$ решались численно методом Рунге-Кутты четвертого порядка точности [2]. Результаты расчетов представлены на рис. 4.

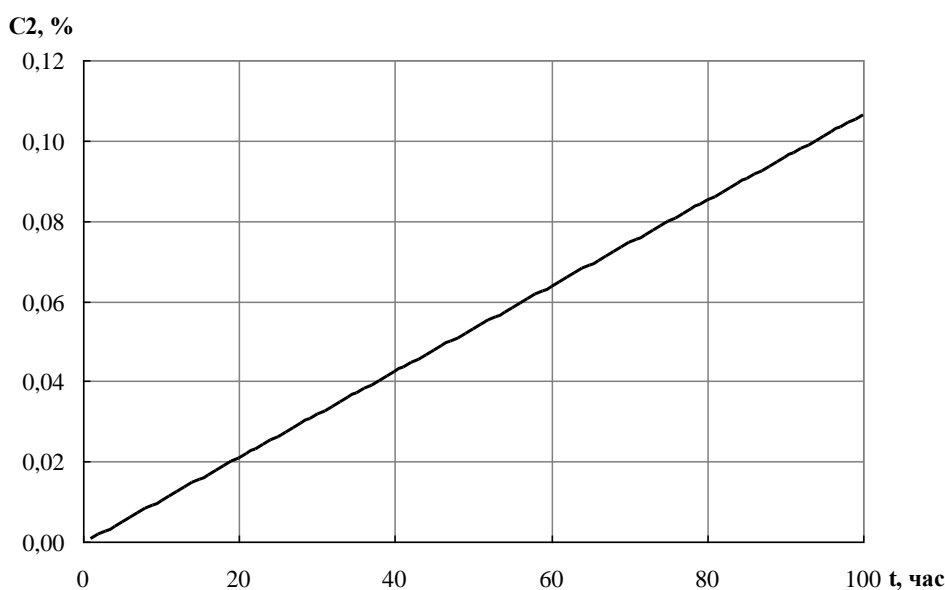


Рис. 4. Изменение концентрации угарного газа в жилых помещениях дома

Согласно полученным результатам, смертельно опасная концентрация угарного газа в воздухе жилых помещений ($C_2 = 0,1 \%$) будет достигнута через 94 часа непрерывной работы АОГВ-11,6-3.

Выводы

1. Образование угарного газа в отопительном агрегате возникло вследствие нарушения целостности основной газовой горелки, что привело к нерасчетному режиму ее работы.

2. Результаты численного моделирования показали, что продукты сгорания с высокой концентрацией угарного газа выходили через сквозные отверстия в газоходе, являющиеся дефектами, возникшими в процессе эксплуатации.

3. В помещение кухни угарный газ попадал через открытую форточку, расположенную вблизи участка газохода с дефектом. Это подтверждено результатами проведенных замеров концентрации угарного газа.

4. Расчетное время достижения смертельно опасной концентрации угарного газа в помещении при сложившихся климатических и конструктивных условиях составило 94 часа.

Источники

1. Автоматика и автоматизация систем теплогасоснабжения и вентиляции: учеб. для вузов / А.А. Калмаков [и др.]; под ред. В.Н. Богословского. М.: Стройиздат, 1986. 479 с.

2. Молчанов И.Н. Машинные методы решения прикладных задач. Дифференциальные уравнения. Киев: Наукова думка, 1988. 344 с.

УДК 621.31

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ОБОГРЕВА ПОМЕЩЕНИЯ: ОБОГРЕВАТЕЛЬ (КОНВЕКТОР), РАДИАТОР, ТЕПЛЫЕ ПОЛЫ

Руслан Владимирович Власов¹, Николай Кузьмич Андреев²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹ruslan.kzn.v@gmail.com, ²ngeikandreev@gmail.com

В статье анализируются вопросы эффективности обогрева помещений. В сравнении рассматриваются системы обогрева с помощью обогревателей, радиаторов и теплых полов.

Ключевые слова: эффективность, обогрев, конвекторы, радиаторы, теплые полы.

COMPARATIVE ANALYSIS OF EFFICIENCY OF MEANS OF HEATING: HEATER (HEATER), RADIATOR, UNDERFLOOR HEATING

Ruslan Vladimirovich Vlasov, Nikolai Kuzmich Andreev

In the article questions are analysed about efficiency of heating of apartments. The systems of heating by means of heaters, radiators and warm floors are analyzed in comparison.

Key words: efficiency, heating, конвекторы, radiators, warm floors.

Система теплого водяного пола набирает большую популярность в странах СНГ. Все больше потребителей при ремонте или постройке нового жилого дома отдают предпочтения именно этой системе. Это связано с тем, что такой способ отопить свое жилье имеет ряд положительных качеств.

Преимущества теплого пола:

1. Экономичность. Основной целью создания новых систем сегодня остается повышение их эффективности при низкой стоимости. Теплый водяной пол полностью соответствует этому критерию, так как снижает затраты на отопление до 60 %. Такой экономии позволяет добиться невысокая температура теплоносителя, которая варьируется в диапазоне 30–50 градусов, а также равномерный и эффективный прогрев помещения в большей степени над полом, а не под потолком.

2. Комфорт. Как уже было сказано, условия создаваемые водяным теплым полом являются идеальными для проживания. Разница в температуре в нижней и верхней части помещения составляет около 5 градусов. Если на уровне ног термометр покажет около 22–23 °С градусов, то у головы она будет составлять около 17–18 °С градусов.

3. Безопасность. Задумываясь об этом пункте, мы прежде всего хотим обезопасить жизнь наших детей. Ведь именно они, ввиду своего любопытства и неосторожности, часто попадают в неприятные ситуации. Система теплого пола полностью исключает травмы и ожоги, так как вмонтирована в пол и не предполагает взаимодействия ребенка с горячими и травмоопасными элементами.

4. Эстетичность. Так как вся система является встроенной, это значительно облегчает дальнейший ремонт и обустройство помещения. Исчезнут проблемы с батареями, которые всегда мешали нормально расставить мебель, сделать красивый подоконник, и просто портили внешний вид комнаты своим наличием.

При сравнении теплого пола и радиаторного отопления следует учитывать следующие факторы:

1. Распределение температуры по высоте. По этому фактору сравнения теплый пол оставляет радиаторное отопление далеко позади. При использовании батарей тепло моментально устремляется вверх, так как прогрев происходит у основания стены и конвенционные потоки делают свое дело. Водяная система же прогревает всю площадь пола и сильно замедляет круговорот воздуха в комнате (рис.1).

2. Ощущение комфорта. Здесь при сравнении теплого пола с радиаторами, первый также значительно превосходит радиаторное отопление. Батареи ввиду своей конструкции не могут прогревать пол, так как горячий воздух всегда устремляется вверх. Кроме того, при использовании батарей существует сильная разница в температуре между отдельными частями комнаты. Теплый пол исключает возможность неравномерного распределения горячего воздуха, так как задействует всю площадь помещения.

3. Количество тепловых потерь через потолок. При использовании батарей значительная часть энергии уходит на прогрев воздуха под потолком, что присуще помещениям с высокими потолками. Так как воздух при использовании системы теплого пола прогревается преимущественно в нижней части помещения, лишние потери через потолок значительно снижаются.

4. Наличие пыли в воздухе. Действительно, водяной пол оказывает сильное влияние на гигиеничность окружающего воздуха. Это связано с тем, что постоянная циркуляция воздуха при использовании батарей приводит к поднятию пыли с поверхности предметов и перемещению их по комнате.

5. Простота проветривания. Неконвективный способ обогрева пространства значительно сокращает потери при открывании окон с целью проветривания помещения. Тепла теряется значительно меньше, и владелец получает оптимальное соотношение свежего воздуха и комфортной температуры.

6. Осушка воздуха. Батареи имеют высокую температуру и сильно понижают процент влажности в помещении. Система водяного пола не предполагает непосредственного контакта воздуха с нагревательными элементами и исключает такой неприятный процесс.

При сравнении теплого водяного пола с электрическим полом необходимо учесть:

1. Стоимость установки. Стоимость греющего кабеля гораздо дороже ПВХ-трубы. Кроме того, установка электрического пола предполагает покупку дополнительных датчиков и регуляторов. В итоге цена на электрический теплый пол для одной и той же площади будет примерно в 2 раза больше, чем цена на его водяной аналог.

2. Затраты при эксплуатации. Электрический водяной пол предполагает высокие расходы на электричество, в разы превосходящие расходы на использование водяного теплого пола.

3. Основной источник тепла. Большие затраты на эксплуатацию делают нецелесообразным использование электрического пола как основного источника тепла. Электрический вариант отопительной системы не подходит для отапливания помещений большой площади.

Таким образом, сравнивая водяной теплый пол с другими системами, мы приходим к выводу, что он превосходит по многим параметрам и привычные радиаторные системы отопления, и свой аналог – электрический теплый пол. Сегодня теплый водяной пол стал эффективной, выгодной и простой системой отопления, которая способна в одиночку поддерживать комфортные условия в любом жилом помещении.

Главным минусом при установке водяного пола является то, что если надо получить сравнительно небольшую температуру нагрева, то необходим смесительный узел, работающий совместно с водяным насосом, который создает принудительную циркуляцию воды, поступающую по трубам.

Характеристики теплых полов для сравнения его с другими системами отопления приведены в таблице.

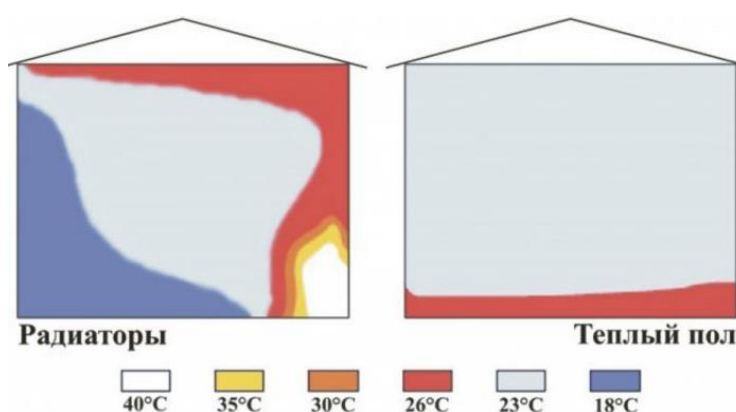
Помимо этого, зачастую применение водяной обогревательной системы может привести к тому, что общее давление в центральном отоплении дома начнет снижаться.

Важно знать, что после того, как вода проходит по контурным трубам, в другое помещение она поступает в охлажденном виде, что приводит к недостаточному обогреву этого помещения.

Сегодня устанавливать водяной теплый пол можно только при наличии разрешения ответственных органов, которые должны дать свое согласие на использование. Запрещается самостоятельно подключать данный тип отопления без необходимых санкций.

Сравнительная таблица теплых полов с другими системами отопления

Технические характеристики	Радиаторы	Воздушное отопление	Теплые полы
Цена на оборудование	Низкая	Средняя	Высокая
Распределение тепла	Не равномерно	Равномерно	Равномерно по периметру
Мощность установки, теплоотдача	70–100 Вт/м ²	40 Вт Вт/м ³	150–180 Вт/м ²
Подверженность коррозиям	Есть	Нет	
Срок службы	Около 20 лет		До 50 лет
Взрывоопасность	Есть	Высокая	Нет
Уровень экологической опасности	Нет		
Обслуживание	Стандартное		
Надежность	Надежны		
Экономия	Нет (при базовом монтаже)	Окупаемость в течение 7 лет	Окупаемость в течение 2 лет, экономия от 30 % в год
Автоматизация, контроль температур	Есть		
Эргономичность	Удобны и практически не видны	Занимают много пространства	Не мешают основному пространству, маскируются под основным полом



Распределение температуры при обогреве радиаторами (левый рисунок) и с помощью теплого пола (правый рисунок)

Лучше всего перед установкой такой системы проконсультироваться со специалистами, которые занимаются монтажом и обслуживанием водяного теплого пола.

Но в целом нужно отметить, что такая система обогрева станет незаменимым помощником в холодную пору года. Помимо того, что она скрыта от посторонних глаз, потребляет мало электроэнергии, так она еще и превосходит по качеству многие обогреватели.

Регулировку температуры водяных теплых полов в помещении производят двумя способами. В первом способе используется регулировка температуры теплоносителя, поступающего в контур теплого пола. Во втором способе применяют полное прекращение подачи теплоносителя, поступающего в контур теплого пола.

В самом простом способе используют для монтажа системы теплого пола трубы с рабочей температурой до 90–95 °С градусов. В систему на подачу монтируют насос и обратный клапан, а на обратный коллектор теплого пола монтируют накладной термостат, через который подключают насос. При этом в теплые полы идет теплоноситель с высокой температурой. Далее температура снижается полом и приходит охлажденная вода – «обратка». Как только температура «обратки» повышается вследствие прогрева помещения, термостат отключает насос и прекращается подача теплоносителя. Система находится в режиме ожидания. Как только полы отдают тепло, температура падает, автоматика термостата включает насос и подает в систему новую порцию горячего теплоносителя. Практика показала, что такая система самая дешевая и надежная для регулировки температуры помещения.

При следующем способе регулировки температуры теплых полов в систему теплого пола на подачу монтируется насос. Перед насосом ставится трехходовой вентиль или смесительный клапан. В этом случае происходит подмес прохладной «обратки» к горячей подаче. Разбавленный теплоноситель охлаждается до заданной температуры.

Регулировка температуры через трехходовый вентиль производится вручную или автоматически с помощью сервопривода. В системах со смесительным клапаном процесс регулирования температуры происходит по заранее настроенному показателю. Настройка смесительного клапана – достаточно кропотливый процесс. Преимущество смесительного клапана состоит в том, что с его помощью можно смонтировать теплые полы в квартире и подключить к центральной системе отопления без ущерба для соседей.

Более дорогостоящий способ – это регулировка температуры с помощью смесительного модуля. В смесительном модуле в одном корпусе собраны все необходимые элементы: трехходовой вентиль, насос, байпас, термометр, термостатическая головка и реле максимальной температуры.

Смесительные модули дороги, но очень эффективны. Применяют такие модули в тех случаях, когда вся система отопления смонтирована по европейскому образцу. При этом способе в системе отопления поддерживается температура не менее 65 °С для нагрева горячей воды.

Таким образом, выбор тёплого пола зависит, в первую очередь, от того, куда требуется его установить. Если это квартира в многоквартирном доме и необходимо отопить небольшую площадь, например, кухню или ванную комнату, то следует остановить выбор на электрическом тёплом полу, который эффективно справится с обогревом помещения, при этом не требуя больших денежных затрат. В случае же необходимости отопить частный дом большой площади, лучше всего подойдёт именно водяная система тёплого пола.

Источники

1. URL: <https://teplo.guru/radiatory/vybor/kakoi-teplyi-pol-luchshe.html>.
2. URL: <https://avanten.ru/sravnenie-ffektivnosti-razlichnykh-sistem-otopleniya>.
3. URL: <http://www.accbud.ua/house/inzhenernye-seti/teplyj-pol/teplyj-gradus-dlja-pola>.
4. URL: https://hotpol.com.ua/dir/file/plusy_karbonovogo_teplogo_pola.html.

УДК 004.4:64

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ УСЛУГ ЖКХ

Тимур Олегович Губаев¹, Тамара Константиновна Филимонова²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹this_mail_for_social_web@mail.ru, ²filimonova.tamara@bk.ru

В современном мире наблюдается процесс обширной компьютеризации очень многих сфер жизнедеятельности человека [1]. В частности, это может касаться и услуг жилищно-коммунального хозяйства; более конкретно – взаимодействия потребителей коммунальных услуг и управляющих компаний.

Ключевые слова: ЖКХ, мобильное приложение, оповещения, потребление, показания, учет, услуги, счетчики.

DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION FOR CONSUMERS OF HOUSING SERVICES

Timur Olegovich Gubaev, Tamara Konstantinovna Filimonova

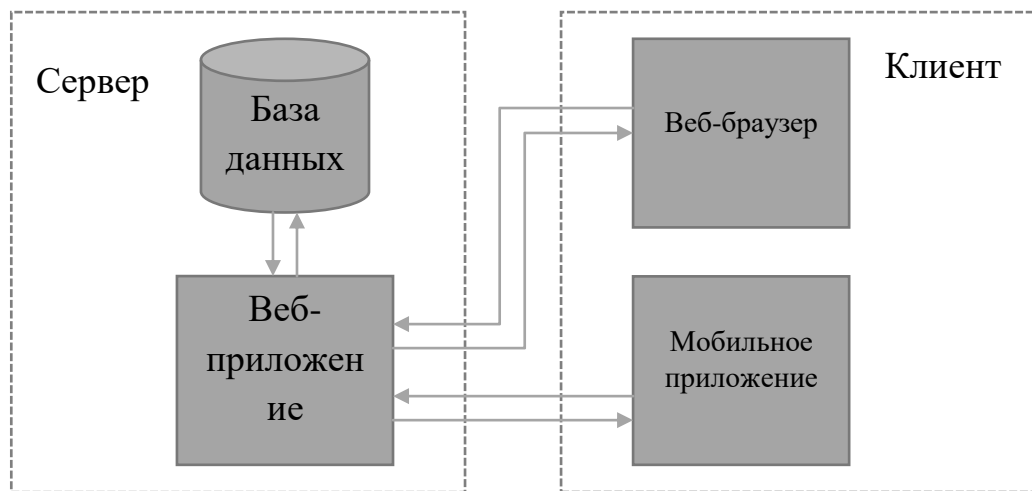
In the modern world, there is a process of extensive computerization of very many spheres of human activity [1]. In particular, this may apply to housing and communal services; more specifically, the interaction of consumers of utilities and management companies.

Key words: utilities, mobile application, alerts, consumption, meter readings, accounting, services, meters.

Использование компьютерных технологий можно встретить практически везде, однако есть еще много областей, в которых применение компьютеров и программного обеспечения могло бы поспособствовать упрощению и оптимизации каких-либо технологических процессов и производственных сценариев. Для потребителя (собственника помещения, а также лица, пользующегося на ином законном основании помещением, потребляющего коммунальные услуги) услуг жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), как для лица, существующего в эру компьютеров и привыкшего к своевременному и оперативному доступу к различного рода информации, было бы естественным применять информационные технологии и в сфере ЖКХ.

Например, можно обратить внимание на процесс предоставления показаний счетчиков газа, счетчиков электроэнергии, а также счетчиков горячей и холодной воды: измерительные данные прибора записывают на бумажный носитель информации и затем, преодолевая физическое расстояние, предоставляют информацию расчетному центру. Следует также учесть и временные издержки, связанные с тем, что расчетный центр имеет свой график работы, предполагающий выходные дни. Поскольку показания измерительных приборов являются информацией, которую можно передавать и хранить, возможно создание клиент-серверного программного обеспечения, позволяющего отправлять и обслуживать запросы на предоставление данных приборов учета коммунальных услуг. Со стороны потребителя подобный сценарий мог бы выглядеть следующим образом: потребитель, используя мобильное приложение, проходит процесс авторизации и попадает на экран, в котором следует заполнить поля, соответствующие данным конкретного типа измерительного прибора. Затем пользователь проверяет правильность ввода и подтверждает ее нажатием кнопки отправки. Со стороны же расчетного

центра процесс может выглядеть так: сотрудник, используя веб-браузер, получает доступ к интерфейсу веб-приложения, проходит процесс авторизации и анализирует данные, полученные от потребителей коммунальных услуг. Помимо этого, программное обеспечение, будучи мобильным приложением, работающим в составе смартфона, могло бы оповещать потребителя о различных событиях: прекращение подачи газа, отключение электричества, прекращение водоснабжения, наступление срока поверки приборов учета коммунальных услуг и т. д. Упрощенная архитектура программного комплекса изображена на рисунке.



Архитектура программного комплекса

Из представленного выше рисунка видно, что взаимодействовать с исполнителем запросов (веб-приложение) можно как с помощью веб-браузера, так и с помощью мобильного приложения. Поскольку веб-браузеры доступны и на мобильных устройствах [2], встает вполне очевидный вопрос о целесообразности разработки мобильного приложения. Дело в том, что предлагаемое программное обеспечение, работающее в составе смартфона, всецело отвечает за обработку пользовательского интерфейса и коммуникацию с веб-приложением. Таким образом, мобильное приложение способно снизить накладные расходы сетевого трафика и поддерживать более тесную связь с веб-приложением благодаря снижению объема передаваемой заголовочной информации, а также за счет отказа от передачи изображений и данных разметки.

Источники

1. Соколова Г.Н. Экономико-социологический словарь. Минск: Беларуская навука, 2013. 219 с.

2. Фиртман М. jQuery Mobile: разработка приложений для смартфонов и планшетов. СПб.: БХВ-Петербург, 2013. С. 22–26.

УДК 669.184.152

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Алёна Александровна Евстафьева

ФГАОУ ВО «ВолГУ», г. Волгоград

alenska-evs@mail.ru

Рассмотрен вопрос об установке дополнительного оборудования на ТЭЦ-ПВС и использования пара от котла-утилизатора.

Ключевые слова: газотурбинная установка, котел-утилизатор, ТЭЦ, электроэнергия, ресурсосбережение.

DEVELOPMENT OF A METHOD OF POWER SUPPLY SYSTEM DEVELOPMENT IN THE METALLURGICAL INDUSTRIES

Alena Alexandrovna Evstafieva

The question of installation of the additional equipment on thermal power plant and use of steam from the boiler-utilizer is considered.

Key words: gas turbine installation, boiler, heat and power plant, energy, resource saving.

При рассмотрении металлургических производств, в состав которых входит ТЭЦ-ПВС, можно выделить проблему использования пара утилизационных установок для подогрева питательной воды котлов на заводской ТЭЦ. Для решения данного вопроса взята как пример ТЭЦ с установленными мощностями: электрической – 300 МВт, тепловой паровых котлов – 5162 кДж/ч, в том числе тепловая мощность турбоагрегатов – 2405 кДж/ч, тепловая мощность водогрейных котлов – 2 262,6 кДж/ч. Чтобы обеспечить ТЭЦ данной электрической мощностью на металлургическом предприятии можно предусмотреть газотурбинную установку мощностью 16 МВт, работающую на природном газе.

По результатам анализа технических и ценовых характеристик газотурбинных установок на отечественном и зарубежном рынках к установке предлагается энергетический газотурбинный агрегат ГТЭ-16. На выбор установки ГТЭ-16 повлияли следующие показатели: экономичность, простота конструкции, надежность в эксплуатации.

При этом ГТЭ-16 предусматривает автоматизированную систему управления технологическими процессами (АСУ ТП), а это обеспечит ее работу без постоянного присутствия персонала по обслуживанию установки в помещении. Время работы свыше 6000 ч. в год, а число пусков не более 100 в год. Также конструкция ГТЭ допускает использовать ее как в пиковом, так и в полупиковом режиме работы. Сервисное обслуживание производится на месте ее использования, а не отправляется на предприятие-изготовитель. Предоставляется агрегат в блочно-комплектном исполнении.

За ГТУ предусмотрена установка котла-утилизатора. В рассматриваемом примере предлагается установить паровой котел-утилизатор паропроизводительностью 50 т/ч, $P_{раб} = 18 \text{ кгс/см}^2$. В ходе работы котлов-утилизаторов получаем переизбыток нагретого пара, который предприятие вынуждено сбрасывать в атмосферу или отключать некоторые котлы-утилизаторы.

Эффективным решением использования этого пара служит подогрев этим паром питательной воды паротурбинных установок заводских ТЭЦ. Дополнительная электроэнергия вырабатывается при перераспределении паровой нагрузки на станции. В автономном режиме котел-утилизатор работает на выработку пара за счет сжигания природного газа, а в утилизационном режиме работает за счет тепла от уходящих газов ГТУ. В комбинированном режиме пар вырабатывается при утилизации тепла выхлопных газов и сжигании природного газа с использованием имеющегося в выхлопных газах избытка воздуха в качестве окислителя.

Для выработки электроэнергии после сжигания природного газа устанавливается ГТУ. Конвертерные газы турбины по выхлопному газопроводу попадают в паровой котел-утилизатор с утилизационным и комбинированным режимом работы. После котла-утилизатора пар идет в коллекторы пара ТЭЦ – ПВС. Вода на питание котлов подается из имеющихся деаэраторов, которые установлены на ТЭЦ-ПВС с помощью питательных насосов. Дымовые газы от установки сбрасываются в дымовую трубу.

Таким образом, при установке ГТУ на ТЭЦ с электрической мощностью 300 МВт возможна выработка дополнительной электроэнергии, что хорошо скажется на экономике любого предприятия. На основании технико-экономических расчетов данное оборудование окупится, благодаря ГТУ, примерно за 1 год. Учитывая, что средний срок окупаемости для предприятий 5 лет, данный проект является экономически эффективным и рекомендуется к использованию.

Источники

1. Гичёв Ю.А. Вторичные энергоресурсы промышленных предприятий. Днепропетровск: НМетАУ, 2012. 63 с.
2. Ривкин С.Л., Александров А.А. Теплофизические свойства воды и водяного пара. М.: Энергия, 1980. 424 с.

УДК 658.264:621.184.76

ПРОДЛЕНИЕ РЕСУРСА СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Ильмира Асхатовна Закирова¹, Наталия Дмитриевна Чичирова²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹iazakirova@mail.ru, ²ndchichirova@mail.ru

Рассмотрены вопросы энергосбережения в централизованных системах теплоснабжения и ЖКХ. Показаны пути улучшения качества применяемых теплоизоляционных и кровельных материалов для достижения повышения энергоэффективности систем теплоснабжения. Представлены результаты экспериментальных исследований оценки эффективности применения тонкопленочного покрытия на поверхности существующей теплоизоляционной конструкции, где оценена каждая составляющая процесса передачи теплоты и определена степень влияния на общий процесс снижения плотности тепловых потоков. Для теоретического обоснования энергосберегающего эффекта от нанесения тонкопленочного покрытия было проведено численное исследование тепловых процессов в толще тепловой изоляции. Ввиду того, что рассмотренный вид тепловой изоляции воздухопроницаем, а величина проницаемости зависит от состояния основного и кровельного слоев, в работе численно исследовано влияние конвекции на теплообмен в пористой изоляции трубопроводов тепловых сетей с проницаемой оболочкой.

Ключевые слова: системы централизованного теплоснабжения, тепловые потери, теплоизоляция, тонкопленочные покрытия, энергосбережение.

EXTENSION OF THE EXISTING THERMAL INSULATION OF DISTRICT HEATING SYSTEMS

Ilmira Askhatovna Zakirova, Natalia Chichirova

The questions of energy saving in the centralized systems of heat supply and housing are considered. The ways of improving the quality of thermal insulation and coating materials used to achieve energy efficiency of heat supply systems are shown. The results of experimental studies evaluating the effectiveness of thin-film coating on the surface of the existing thermal insulation structure, where each component of the heat transfer process is evaluated and the degree of influence on the overall process of reducing the density of heat flows is determined. For the theoretical justification of the energy-saving effect of thin-film coating, a numerical study of thermal processes in the thickness of the thermal insulation was carried out. Due to the fact that the considered type of thermal insulation is breathable,

and the value of permeability depends on the state of the main and cover layers, the effect of convection on heat transfer in the porous insulation of pipelines of heat networks with a permeable shell is numerically investigated.

Key words: district heating systems, heat losses, thermal insulation, thin-film coatings, energy.

В современных условиях развития экономики нашей страны основным направлением государственной энергетической политики является рациональное использование топливно-энергетических ресурсов, повышение энергетической эффективности ТЭЖ с целью достижения устойчивого роста экономики и повышения качества жизни населения страны [1].

Для решения проблем энергосбережения и экономии топливно-энергетических ресурсов в энергетике, промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве необходимо повысить энергоэффективность изолируемых объектов, усовершенствовать нормативные базы, методы и средства расчета, повысить качество применяемых теплоизоляционных и кровельных материалов.

Для повышения энергоэффективности систем централизованного теплоснабжения необходимо решить ряд задач, связанных со снижением потерь тепловой энергии при ее транспортировке, в частности снижения потерь теплоносителя и тепловых потерь с поверхности изоляции трубопроводов тепловых сетей [2].

В значительной степени высокие сверхнормативные потери тепловой энергии определяются невысокой эффективностью существующей теплоизоляции оборудования систем централизованного теплоснабжения или полным ее отсутствием, поэтому модернизация тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей с целью повышения потенциала энергосбережения требует комплексного подхода по снижению потерь тепловой энергии при ее транспортировке [3].

Увеличение потерь тепла является результатом физического старения, деформации в процессе эксплуатации и дефектов самой теплоизоляционной конструкции. В связи с этим ремонт и повышение качества существующей тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей является актуальной задачей [4].

Одним из способов повышения эффективности существующей тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей, состоящей из минеральной ваты в качестве основного слоя и стеклопластика, в качестве

покровного, является нанесение тонкопленочного покрытия на ее поверхность. Это приводит к снижению плотности тепловых потоков и, как следствие, ведет к сокращению потерь тепловой энергии [5, 6].

В рассматриваемой теплоизоляционной конструкции передача теплоты является сложным процессом, включающим перенос тепла кондуктивной теплопроводностью, излучением и конвекцией.

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований, где оценена каждая составляющая процесса передачи теплоты и определена степень влияния на общий процесс снижения плотности тепловых потоков теплоизоляционной конструкции с нанесенным тонкопленочным покрытием.

Экспериментально определены такие показатели, как коэффициент теплопроводности, интегральный коэффициент излучения и воздухопроницаемость теплоизоляционной конструкции, состоящей из минеральной ваты, стеклопластика и тонкопленочного покрытия.

Исследование теплопроводности теплоизоляционной конструкции с ТПП проводилось на основании методики стационарного теплового потока, проходящего через исследуемый образец теплоизоляционной конструкции с использованием прибора измеритель теплопроводности ИТС-1.

Полученные результаты показали, что среднее значение коэффициента теплопроводности теплоизоляционной конструкции без ТПП составило $0,0427 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, после нанесения на поверхность в 1 слой – $0,04310 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, с покрытием в 2 слоя – $0,04349 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ и в 3 слоя – $0,04429 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. В процентном соотношении изменение коэффициента теплопроводности после нанесения ТПП увеличилось на 1, 2 и 4 % в соответствии с количеством нанесенных слоев.

Исследование теплового излучения теплоизоляционной конструкции с ТПП заключалось в определении интегрального коэффициента излучения радиационным методом с применением неселективного радиометра «Аргус-03».

Данные, полученные в результате эксперимента, показали, что интегральный коэффициент излучения ТПП на поверхности тепловой изоляции незначительно отличается от интегрального коэффициента излучения стеклопластика, выступающего в качестве покровного слоя традиционной тепловой изоляции трубопровода тепловой сети.

Проведена экспериментальная оценка воздухопроницаемости стеклопластика и установление зависимости воздухопроницаемости от наличия на его поверхности ТПП в зависимости от количества нанесенных слоев. В основе метода определения воздухопроницаемости лежит установление времени прохождения определенного объема воздуха через исследуемый образец при известном давлении воздуха.

В результате проведенных расчетов по определению воздухопроницаемости образцов стеклопластика без покрытия и с нанесенным ТПП средние значения воздухопроницаемости составили: образцы без ТПП – $1,998 \cdot 10^{-3}$ кг/(м·ч·Па), с ТПП в 1 слой – $1,240 \cdot 10^{-3}$ кг/(м·ч·Па), с ТПП в 2 слоя – $5,24 \cdot 10^{-5}$ кг/(м·ч·Па), с ТПП в 3 слоя – $4,17 \cdot 10^{-5}$ кг/(м·ч·Па).

Также проведена сравнительная оценка воздухопроницаемости стеклопластика с воздухопроницаемостью волокнистых теплоизоляционных материалов и показана их хорошая сопоставимость.

Разработана экспериментальная установка по определению плотности тепловых потоков, проходящих через конструкцию тепловой изоляции трубопровода на основе метода неограниченного цилиндрического слоя, разработана схема, сконструирована экспериментальная установка, которая позволила смоделировать реальные условия работы трубопроводов систем теплоснабжения. Схема установки по определению плотности теплового потока изображена на рис. 1.

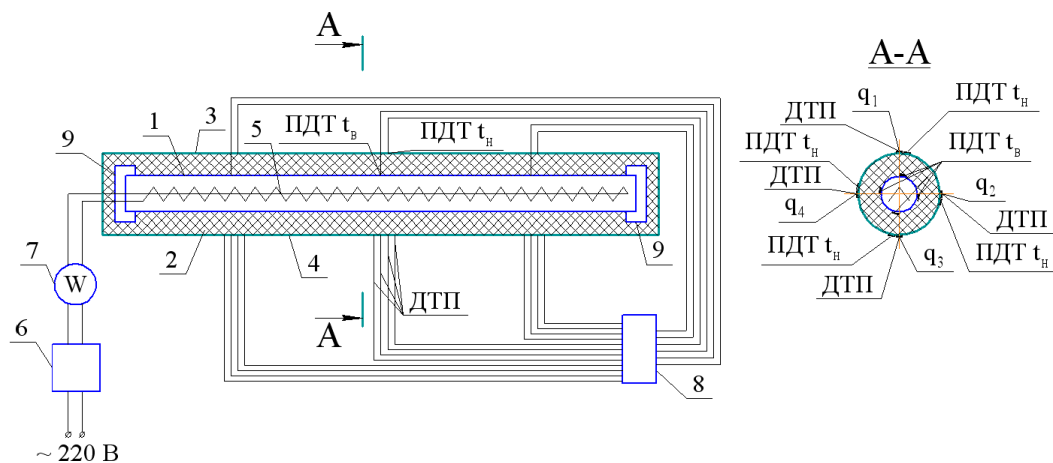


Рис. 1. Схема установки по определению плотности теплового потока: 1 – металлическая цилиндрическая труба; 2 – минеральная вата М-100; 3 – стеклопластик рулонный РСТ-140; 4 – ТПП; 5 – электрический нагреватель ТЭН; 6 – лабораторный автотрансформатор; 7 – анализатор качества электроэнергии АР.5; 8 – измеритель теплофизических величин «Теплограф»; 9 – заглушки

Результаты исследований по определению плотности тепловых потоков на поверхности изоляции с целью сравнения влияния наличия ТПП в общей конструкции тепловой изоляции показал следующее: после нанесения ТПП плотность тепловых потоков снизилась на 17 %. В процентном соотношении тепловое сопротивление, после нанесения ТПП на теплоизоляционную конструкцию увеличилось на 26 %.

Теоретическое обоснование энергосберегающего эффекта от нанесения тонкопленочного покрытия на поверхность существующей теплоизоляционной конструкции трубопровода тепловой сети проводилось на основе численного анализа. Физическая модель представляет собой участок трубопровода тепловой сети, окружающей средой является воздух (рис. 2).

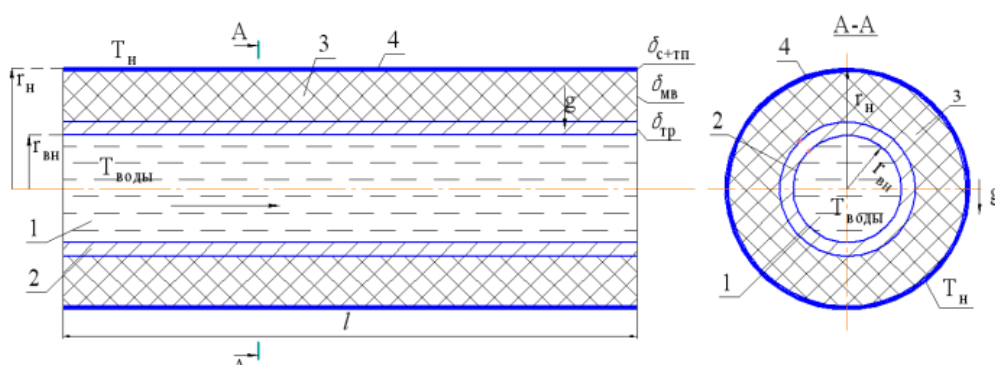


Рис. 2. Физическая модель участка трубопровода: 1 – теплоноситель (горячая вода); 2 – стенка трубы; 3 – минеральная вата; 4 – стеклопластик с нанесенным ТПП

Исследованы два наиболее распространенных способа прокладки тепловых сетей – на открытом воздухе и в помещении (техническое подполье, подвал и т. д.).

В подвальном помещении или техническом подполье трубопроводы находятся в условиях естественной конвекции (рис. 3).

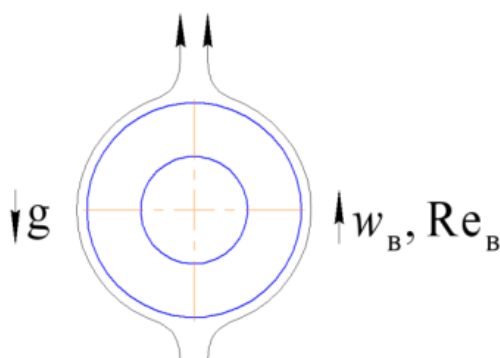


Рис. 3. Обтекание трубопровода в условиях естественной конвекции

Трубопроводы, расположенные на открытом воздухе, находятся в условиях вынужденной конвекции при боковом обтекании воздуха (рис. 4).

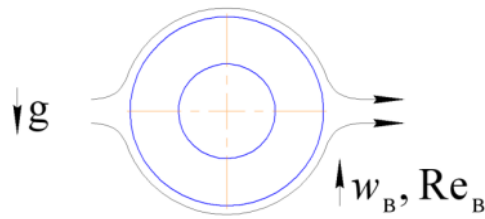


Рис. 4. Обтекание трубопровода в условиях вынужденной конвекции

Для оценки эффективности применения ТПП в вышеприведенных условиях задались рядом значений проницаемости $K_{p1} = [1,0 \cdot 10^{-7}; 1,0 \cdot 10^{-11}]$. При $K_{p1} = 1,0 \cdot 10^{-7}$ показывает условия новой изоляции, а при $K_{p1} = 1,0 \cdot 10^{-11}$ рассмотрен наихудший вариант разрушений.

Анализ данных, полученных в результате теоретической оценки в процессе численного анализа, позволил сделать следующие выводы. По представленным графикам эффективности применения ТПП (рис. 5), следует, что при условиях вынужденной конвекции необходимо нанесение как минимум двух слоев.

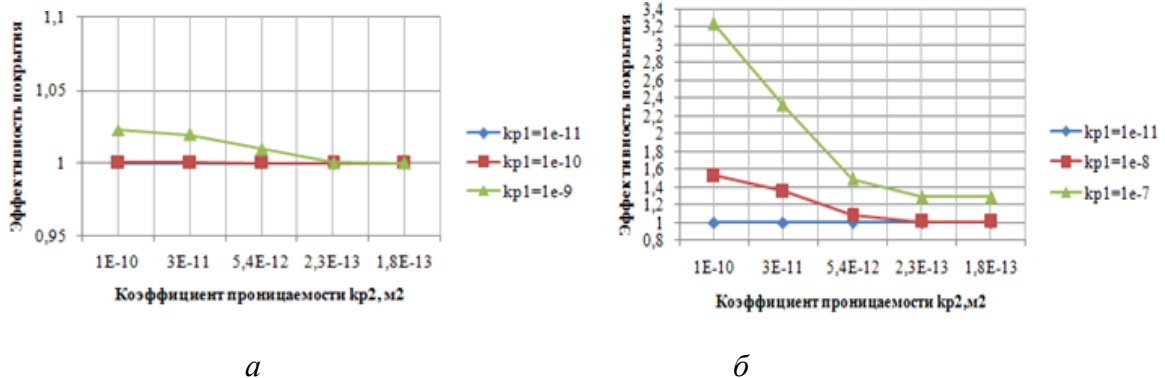


Рис. 5. Эффективность применения ТПП для трубопровода диаметром 57 мм в условиях естественной (а) и вынужденной (б) конвекции: K_{p1} – коэффициент проницаемости основного изоляционного слоя, m^2 ; K_{p2} – коэффициент проницаемости покровного слоя, m^2

Малые процентные значения характерны для новой изоляции, когда состояние основного изоляционного и покровного слоев соответствуют нормативным показателям.

С точки зрения потерь тепла через изоляцию, за счет изменения тепловых токов в толще теплоизоляционной конструкции, имеют значение другие факторы – это увеличение проницаемости изоляции. Так при разрушенном основном изоляционном слое, естественно играет роль и состояние покровного слоя, с помощью которого можно уменьшить

тепловые потери. Результаты численного анализа это подтвердили и показали, что при ухудшении состояния основного изоляционного слоя можно за счет применения покрытия в один ли два слоя снизить тепловые потери от 5–20 % и более.

Источники

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ: федер. закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ.

2. О теплоснабжении: федер. закон от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ (редакция от 18 июля 2011 г., с изменениями от 7 декабря 2011 г.)

3. Оценка фактических потерь при транспортировке теплоносителя с учетом технического состояния и реальных условий эксплуатации тепловых сетей / В.Г. Кузнецов [и др.] // Известия томского политехнического университета. 2011. № 4. С. 56–60.

4. Смородова О.В. Инструментальная оценка динамики старения минераловатной тепловой изоляции // Инновационная наука. 2016. № 7-8. С. 90–93.

5. Закирова И.А., Чичирова Н.Д. Совершенствование тепловой изоляции тепловых сетей с применением тонкопленочных покрытий // Труды Академэнерго. 2016. № 3. С. 43–57.

6. Закирова И.А., Чичирова Н.Д. Экспериментальное определение эффективности тепловой изоляции тепловых сетей с применением тонкопленочных покрытий // Надежность и безопасность энергетики. 2017. Т. 10, № 2. С. 71–80.

УДК 622.69:536

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ДЛЯ ТЕПЛО- И НЕФТЕТРУБОПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Ильгам Киямович Киямов¹, Роза Ильгизовна Вахитова²,
Диана Азатовна Сарачева³, Дарья Владимировна Мазанкина⁴

^{1,2,3}ФГА ОУ ВО КФУ, г. Казань

⁴ГБОУ ВО «АГНИ», г. Альметьевск, Республика Татарстан

¹kiyamov.ilgam@mail.ru, ²roza-w@mail.ru,

³sarachevadiana85@mail.ru, ⁴daria-mazankina@yandex.ru

В статье рассматриваются вопросы использования современных видов тепловой изоляции на промышленных предприятиях. Разработана перспективная нанотеплоизоляция для теплофеттрубопроводов, применяющихся на предприятиях по добыче высоковязких нефтей. В качестве основного теплоизоляционного материала используется наномодифицированный монолитный пенобетон.

Ключевые слова: высоковязкая нефть, трубопровод, нанотрубка, пенобетон, нанотеплоизоляция.

THERMAL INSULATION FOR HEAT AND OIL PIPELINES WITH APPLICATION OF NANOMATERIALS

Ilgam Kiyamovich Kiyamov, Rosa Igizovna Vakhitova,
Diana Azatovna Saracheva, Daria Vladimirovna Mazankina

The article discusses the use of modern types of thermal insulation in industrial plants. A promising nano-thermal insulation for heat and oil pipelines, which are used in high-viscosity oil production plants, has been developed. Nano-modified monolithic foam concrete is used as the main insulation material.

Key words: high viscosity oil, pipeline, nanotube, foam concrete, nanotether insulation.

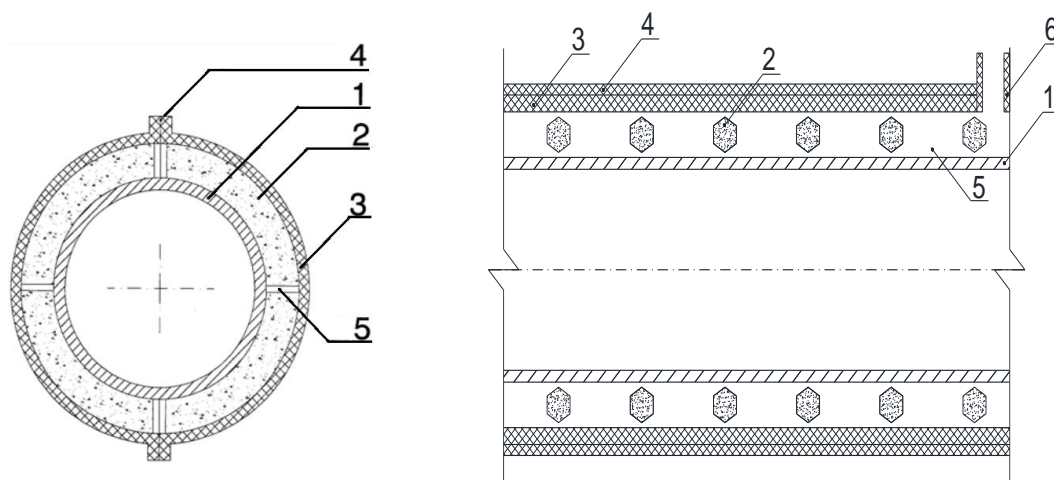
Актуальнейшей проблемой современной России является снижение потребления и рациональное применение тепловой энергии. В связи с сильной изношенностью теплотрасс в настоящий период становятся важными вопросы внедрения современных видов теплоизоляции. Через поверхность теплопроводов при неправильной их эксплуатации происходят большие потери тепловой энергии. Этот вопрос также остается актуальным и для нефтяных организаций, занимающихся добычей и транспортом вязких нефтей, так как это связано с большими капитальными затратами и инженерно-техническими сложностями.

Для региона Юго-Востока Татарстана на сегодняшний день приоритетным методом добычи сверхвязких нефтей является тепловой метод, представляющий собой закачку теплоносителя в виде пара в скважину. При добыче такой нефти из-за её высокой вязкости к нефтедобывающей скважине требуется подводить большое количество насыщенного пара. Для этого на месторождении укладывают теплотрассы большой протяженности и вопрос надежной теплоизоляции остается приоритетным [1, 3].

Предлагается для решения данной проблемы выбрать теплоизоляцию теплопроводов и нефтетрубопроводов из современных композиционных материалов.

Авторы предлагают применить в качестве теплоизоляционного компонента наномодифицированный монолитный пенобетон, который заливается в пластиковую опалубку. Специальная пластиковая опалубка в зависимости от требований, предъявляемых к нему, может изготавливаться любой формы.

Конструкция нанотеплоизоляции тепло- и нефтетрубопровода показана на рисунке.



Конструкция нанотеплоизоляции тепло- и нефтетрубопровода: 1 – трубопровод; 2 – наномодифицированный монолитный пенобетон; 3 – пластиковая оболочка; 4 – крепление опалубки между собой; 5 – специальная диафрагма жесткости; 6 – наномодифицированный пенобетон

Для установки теплоизоляции готовится опалубка с применением углеродных нанотрубок и пенобетон. Далее приготовленный пенобетон подается в пластиковую специальную опалубку.

В качестве наномодифицирующей добавки использованы нанотрубки из углерода производства OCSiAl «Tuball» (г. Новосибирск). Углеродные нанотрубки выбирались в объеме 0,005–0,0005 % от общей массы цементного камня [4].

Микроструктуры образцов цемента исследовались с применением высокоразрешающего автоэмиссионного сканирующего электронного микроскопа Merlin компании CARL ZEISS. Сколы пробных образцов цементного камня в соотношении 80/20 напыляли сплавом Au/Pd в вакуумной установке Quorum T150 ES.

По результатам исследований выявлено, что при добавлении углеродных однослойных нанотрубок по сравнению с контрольным образцом из цемента сформировались плотные однородные мелкокристаллические структуры. При введении многослойных углеродных нанотрубок в исследуемый цементный камень микроструктура опытного образца стала неоднородной и более рыхлой [2].

Предлагаемая нанотеплоизоляция из модифицированного пеннобетона обладает более низкой теплопроводностью, высоким сроком службы [6, 7].

Имеется возможность изготавливать монолитный наномодифицированный пенобетон непосредственно на строительной площадке или на специализированном заводе. Доставка до потребителя может осуществляться автотранспортом.

По тематике исследований получен патент на полезную модель [4].

Источники

1. Киямов И.К. К вопросу о потенциале энергосбережения // Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию высшего нефтегазового образования в РТ. Альметьевск, 2016. С. 149–152.

2. Хавкин А.Я. Наноявления и нанотехнологии в добыче нефти и газа. М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований, 2010. 692 с.

3. Мазуренко В.В., Руденко А.Н., Мазуренко В.Г. Наночастицы, наноматериалы, нанотехнологии: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2009. 83 с.

4. Устройство нанотеплоизоляции тепло- и нефтетрубопроводов: п. м. 154256 Рос. Федерация №2014133993/03; заявл. 19.08.14; опубл. 20.08.15, Бюл. № 23.

5. Мищенко С.В., Ткачев А.Г. Углеродные наноматериалы. Производство, свойства, применение. М.: Машиностроение, 2008.

6. Возможности применения нанотеплоизоляции трубопроводов на объектах по добыче высоковязких нефтей / И.К. Киямов [и др.] // Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института. Альметьевск, 2016. Т. 2. С. 51–53.

7. Запороцкова И.В. Углеродные и неуглеродные наноматериалы и композитные структуры на их основе: строение и электронные свойства. Волгоград: Изд-во Волгоградского гос. ун-та, 2009. 488 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ ДВИЖЕНИИ Н-ГЕПТАНА В ТРУБЕ ПРИ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Шикара Гаджи оглы Мамедов¹, Севиль Джамаль кызы Абдуллаева²,
Гюльшан Камаль кызы Абдуллаева³, Айнур Яшар кызы Ширинова⁴,
Санубар Хыдыр кызы Алиева⁵

^{1,2,3,4,5}СГУ, г. Сумгаит, ³АГУНиП, г. Баку, Республика Азербайджан
¹sm3439011@gmail.com, ²abdullayeva.64@mail.ru, ³gulyarezerveysin@mail.ru,
⁴aynur.shirinova.79@mail.ru, ⁵aliyevasanubar1967@gmail.ru

Процесс теплоотдачи при сверхкритических давлениях веществ изучен еще недостаточно и для уточнения зависимости между температурой стенки и плотностью теплового потока на основе экспериментов потребуются проведение исследований при различных условиях. При опускном движении н-гептана с наступлением улучшенного теплообмена процесс сопровождается колебаниями давления жидкости и температуры стенки, в опытной трубе появляется звук, который с увеличением плотности теплового потока приобретает непрерывный и пронзительный характер. Можно предположить, что относительно ухудшенный и вторично улучшенный режимы теплоотдачи возникают под действием различных факторов – нагароотложения на охлаждаемой поверхности, разложения исследуемой жидкости в околостеночном слое, способствующего уносу потоком нагара и изменения амплитудно-частотных характеристик процесса.

Ключевые слова: теплообмен, тепловой поток, плотность, теплоотдача, теплоноситель, конвекция.

INVESTIGATION OF HEAT RECOVERY DURING N-HEPTAN MOTION IN A PIPE WITH SUPERCRITICAL PRESSURES

Shikara Haji oglu Mamedov, Sevil Jamal Kyzy Abdullayev,
Gulshan Kamal Kyzy Abdullayeva, Ainur Yashar Kyzy Shirinova, Sanubar

The process of heat transfer at the supercritical pressures of substances has not been studied enough and to clarify the relationship between wall temperature and density of heat flux on the basis of experiments, research will be required under various conditions. During the descend of n-heptane with the onset of improved heat exchange, the process is accompanied by fluctuations in fluid pressure and wall temperature, a sound appears in the test tube, which with the increase in heat flux density becomes continuous and piercing. It can be assumed that relatively degraded and secondarily improved heat transfer regimes occur under the influence of various factors - subsidence on the cooled surface, decomposition of the test liquid in the near-wall layer, contributing to the carbon flow and changes in the amplitude-frequency characteristics of the process

Key words: heat transfer, heat flow, density, heat transfer, heat carrier, convection.

Рассмотрим характер изменения графика зависимости температуры стенки от плотности теплового потока для подъемного движения н-гептана сверхкритического давления при турбулентном режиме течения. На рис. 1. изображен график зависимости t_c от плотности теплового потока q при $P = 3$ МПа, $\rho_0 = 1690$ кг/(м²·с) и $t_{ж}^{BX} = 15$ °С.

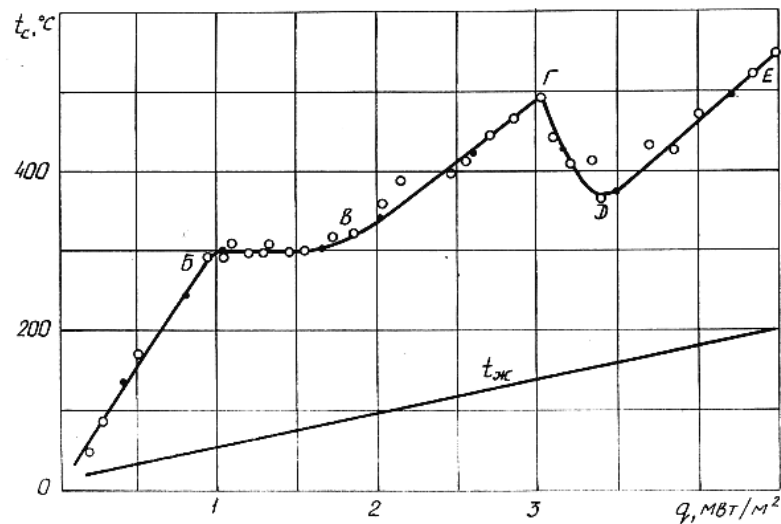


Рис. 1. Зависимость $t_c = f(q)$ для подъемного движения н-гептана

Указанная зависимость имеет сложный характер. На участке АБ увеличение температуры стенки прямо пропорционально росту плотности теплового потока. В точке Б температура стенки, и следовательно, температура теплоносителя в пристеночном слое приближается к температуре, соответствующей максимуму теплоемкости при данном давлении.

При $t_c \approx t_T$ в пристеночном слое происходит сильное изменение теплофизических свойств н-гептана, в частности незначительный рост температуры сопровождается резким увеличением теплоемкости. Поэтому после точки Б увеличение плотности теплового потока не приводит к возрастанию температуры стенки, во многих случаях с увеличением плотности теплового потока наблюдается снижение температуры стенки. Участок БВ характеризует первый улучшенный режим теплоотдачи. На участке ВГ увеличение температуры стенки опять-таки прямо пропорционально росту плотности теплового потока. Этот участок графика является как бы продолжением участка АБ данной зависимости с той лишь разницей, что она в целом перемещена в сторону больших значений плотности теплового потока. Возрастание температуры стенки на участке ВГ можно объяснить уменьшением теплоемкости после достигнутого максимума при дальнейшем росте температуры.

При больших значениях плотности теплового потока $q \approx 3,0 \text{ МВт/м}^2$ и высокой температуре стенки $t_c \approx 495 \text{ }^\circ\text{C}$ с увеличением плотности теплового потока обнаружено сначала снижение температуры стенки порядка $\sim 150 \text{ }^\circ\text{C}$, а затем рост ее участка ГДЕ. Этот участок графика характеризует второй улучшенный режим теплоотдачи.

В работе проведена экспериментальная проверка воспроизводимости температурной кривой в обратной последовательности, т. е. измерялась t_c при уменьшении плотности теплового потока: $q \approx 4,20$; 3,50; 2,61; 2,05; 1,64; 1,05; 0,78 и 0,44 МВт/м² которые охватывали соответственно участки ГДЕ, ВГ, БВ и АБ.

На рис. 1 результаты опытов показаны затемненными точками. На участке БВ сделаны два замера, соответствующие началу и концу улучшенного режима теплоотдачи, наблюдаемого в области псевдокритической температуры. Из рисунка видно, что точки, полученные при обратной последовательности измерений, лежат на экспериментальной кривой $t_c = f(q)$. Это свидетельствует о чистоте внутренней поверхности экспериментальной трубки и достоверности полученных данных.

Приведенные графики зависимости $t_c = f(q)$ для подъемного движения н-гептана при различных давлениях и постоянных значениях массовой скорости и температуры жидкости на входе говорят о влиянии давления на теплообмен (рис. 2).

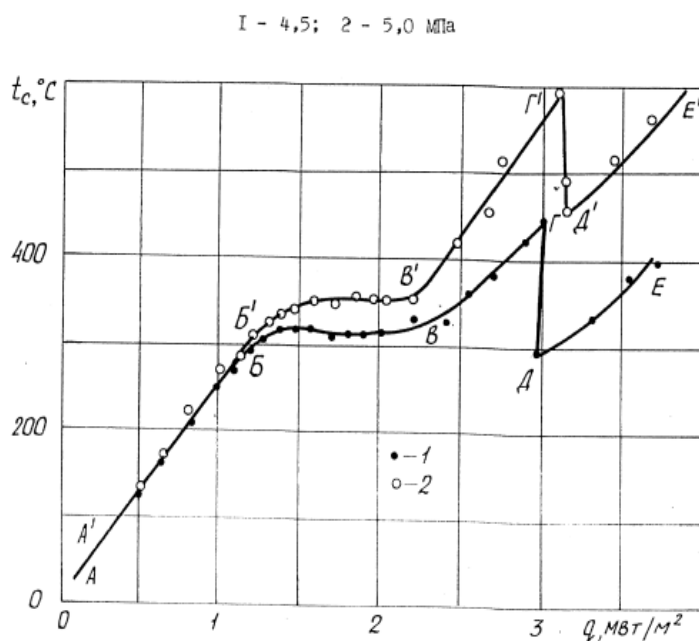


Рис. 2. Зависимость $t_c = f(q)$ для подъемного движения н-гептана при различных давлениях

Из сравнения двух кривых видно, что до $t_c \approx t_T$ экспериментальные точки при различных давлениях хорошо ложатся на одну прямую. При $t_c \geq t_T$ кривые расходятся. На участках Б'В' и БВ расхождение будет определяться разницей псевдокритических температур:

$$\Delta t = (t_m)_{P=5 \text{ МПа}}^{Б'В'} - (t_m)_{P=4,5 \text{ МПа}}^{БВ} \quad (1)$$

На участке же ВГ с увеличением q разность температур растёт. Необходимо отметить, что для процессов с одинаковыми $\rho\omega$ и $t_{\text{ж}}^{\text{ВХ}}$ и различными давлениями при подъёмном движении возникновение вторичного улучшенного режима теплоотдачи соответствует приблизительно одинаковому значению плотности теплового потока. Для рассматриваемого случая оно равно $3,0 \div 3,1 \text{ МВт/м}^2$.

Исследования показали, что перепады температур стенки на участке ГД при различных давлениях также приблизительно одинаковы:

$$(t_r - t_d)_{P=4,5 \text{ МПа}} \approx (t_r - t_d)_{P=5,0 \text{ МПа}} \approx 130 \div 140 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Представленные графики зависимости $t_c = f(q)$ на рис. 1 и 2 построены по показаниям термопар, расположенных на расстоянии $x/d = 62,4$ от входа в трубу.

На рис. 3 изображены графики зависимости $t_c = f(q)$, которые построены по показаниям термопар, расположенных ближе к выходному концу экспериментальной трубы, т.е. при $x/d = 91,0$. Из рисунка видно, что первый и второй улучшенные режимы теплоотдачи имеют место не только на расстоянии $x/d = 62,4$ от входа в трубу, но и на расстояниях выше него.

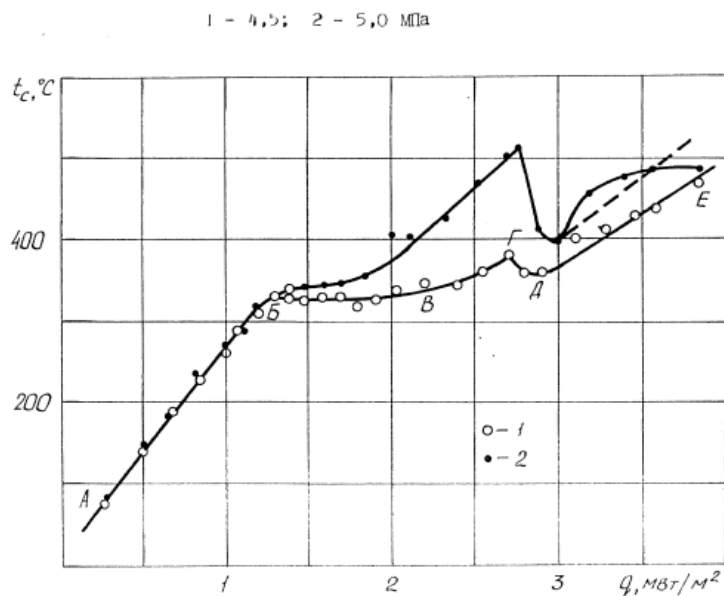


Рис. 3. Характер изменения t_c в зависимости от q при $x/d = 91,0$ от входа в трубу

Однако в этих случаях было обнаружено, что второй улучшённый режим теплоотдачи наступает сравнительно при меньшем значении

плотности теплового потока. Например, значение плотности теплового потока, соответствующее началу возникновения второго улучшенного режима теплоотдачи при $x/d = 62,4$ и различных давлениях составляет примерно $3,0 \text{ МВт/м}^2$, а при $x/d = 91,0$ равно $2,72 \text{ МВт/м}^2$. Кроме того, место расположения термопар определённо влияет и на значение перепада температуры стенки на участке ГД графика зависимости $t_c = f(q)$. Это особенно заметно при околокритических давлениях, например, при $P = 4,5 \text{ МПа}$ $(\Delta t_{ГД}) \frac{x}{d} = 91 \approx 25 \text{ }^\circ\text{C}$. Для того, чтобы иметь полное представление о характере изменения графика зависимости температуры стенки от плотности теплового потока целесообразно построить графики по показаниям остальных термопар, расположенных вдоль трубы. Результаты одного из таких измерений при $P = 4,5 \text{ МПа}$, $\rho\omega = 2000 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$ в виде зависимости $t_c = f(q)$ иллюстрированы на рис. 4.

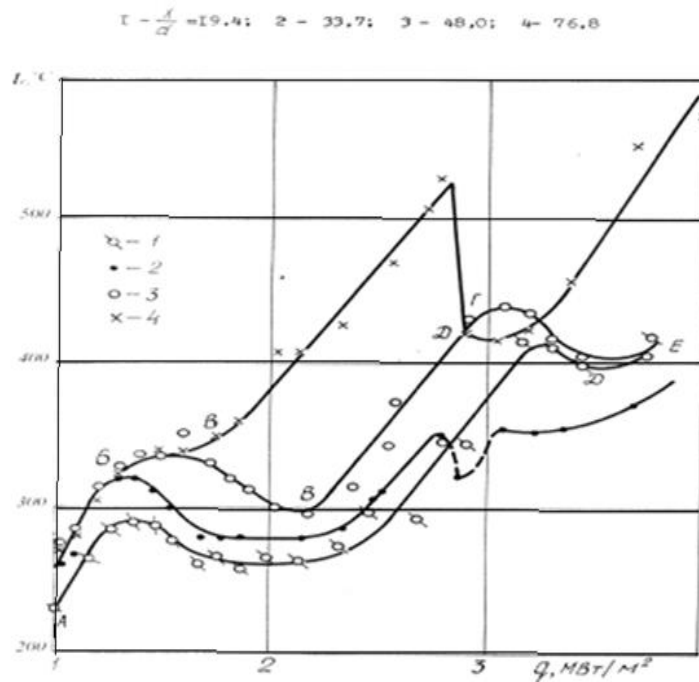


Рис. 4. Зависимость $t_c = f(q)$ для подъемного движения н-гептана при $P = 4,5 \text{ МПа}$

Из рисунка видно, что при подъёмном движении н-гептана для различных расстояний от входа трубы, характер изменения графика зависимости $t_c = f(q)$ различен, т. е. при $x/d = 76,8$ от входа в трубу характер изменения графика зависимости $t_c = f(q)$ аналогичен

зависимостям, иллюстрированным на рис. 1–3, а при $x/d = 19,4; 33,7$ и $48,0$, несмотря на увеличение плотности теплового потока на участке БВ, наблюдается заметное снижение температуры стенки. Достаточно отметить, что на этих расстояниях в интервале изменения плотности теплового потока от $\sim 1,40$ до $\sim 2,40$ МВт/м² температура стенки не возросла, а, наоборот, снизилась порядка 40 °С. Кроме того, на расстояниях $x/d = 19,4; 33,7$ и $48,0$ от входа в трубу при больших значениях плотности теплового потока и высокой температуре стенки скачкообразное падение температуры стенки не обнаружено и характер изменения кривой на участках БВ и ГДЕ идентичен.

Таким образом, анализ опытных данных, полученных для различных сечений трубы, показал, что характер изменения графика зависимости $t_c = f(q)$ в области $t_c \geq t_T$ при $x/d > 62,4$ несколько отличается от таковых, имеющих место при $x/d < 62,4$.

При $x/d < 62,4$ второй улучшенный режим теплоотдачи наступает при сравнительно меньших значениях температуры стенки.

С целью выявления влияния значения массовой скорости на характер изменения графика зависимости $t_c = f(q)$ достаточно сопоставить результаты исследований, изображённых на рис. 1 и 2, которые соответствуют различным значениям $\rho\omega$. В результате анализа графиков на указанных рисунках можно отметить, что независимо от значений массовой скорости, ход температурной кривой изменяется несколько раз и при этом дважды происходит интенсификация процесса теплообмена. Наступление первого улучшенного режима теплоотдачи при меньших значениях массовой скорости соответствует меньшему значению плотности теплового потока и при этом условие получения горизонтального участка БВ остаётся неизменным и равным псевдокритической температуре исследуемой жидкости, т.е. на этом участке $t_c/t_T \approx 1$. Однако следует подчеркнуть, что протяженность горизонтального участка БВ, характеризуемого улучшенным режимом теплоотдачи, с увеличением массовой скорости увеличивается.

Исследования показали, что начало возникновения второго улучшенного теплообмена в опытах с н-гептаном при подъёмном движении при различных массовых скоростях соответствует одному и тому же значению плотности теплового потока.

Прежде чем приступить к анализу опытных данных, полученных при опускном движении н-гептана отметим, что теплоотдачи при подъемном движении сопровождается дополнительным звуковым эффектом – колебаниями давления жидкости и температуры стенки. Появление последних в экспериментальной трубе соответствует началу изменения хода температурной кривой по графику зависимости $t_c = f(q)$, т. е. начальному моменту возникновения улучшенного теплообмена по мере повышения плотности теплового потока сила звука увеличиваясь, приобретает непрерывный пронзительный характер.

На рис. 5 изображён график зависимости $t_c = f(q)$ для турбулентного режима течения н-гептана при опускном движении его вертикальной трубе, построенный по показаниям термопары, расположенной на расстоянии $x/d = 60,8$ от входа в трубу. Из рисунка видно, что на участке АБ графика, характер изменения температуры стенки в зависимости от плотности теплового потока подчиняется приблизительно прямолинейному закону аналогично опытам при подъёмном движении жидкости рис. 1–4. В точке Б ход температурной кривой изменяется и с увеличением плотности теплового потока, наблюдается значительная интенсификация процесса теплоотдачи. В опытах значения температур стенки, соответствующих плотности теплового потока $\sim 1,20$ и $2,40$ МВт/м², практически не отличаются. После точки В с увеличением плотности теплового потока обнаружены участки ВГ и ГДЕ графика зависимости $t_c = f(q)$.

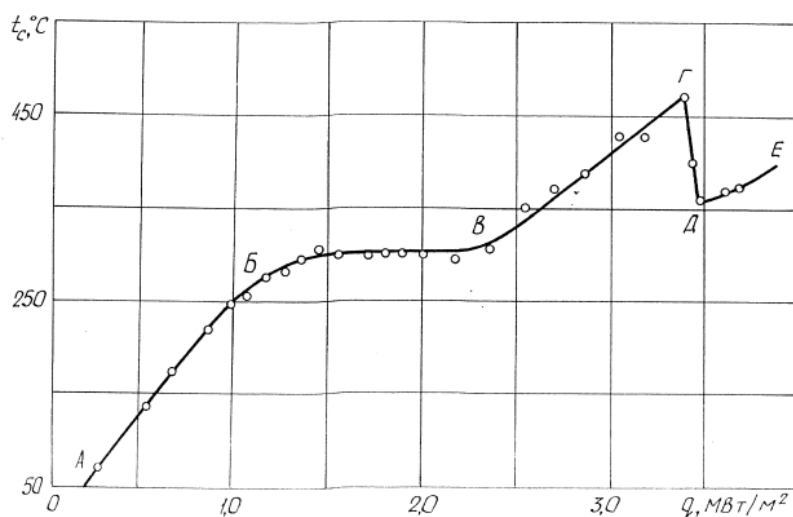


Рис. 5. Зависимость $t_c = f(q)$ для опускного н-гептана при $P = 4,5$

Графики зависимости $t_c = f(q)$ для турбулентного режима течения и опускного движения н-гептана (рис. 6) подтверждают возможность существования отдельных режимов теплоотдачи при различных

давлениях. Отметим, что при околокритическом давлении и турбулентном режиме течения н-гептана с увеличением плотности теплового потока температура стенки до второго улучшенного теплообмена изменялась плавно, а при $\sim q > 3,0 \text{ МВт/м}^2$ оставалась приблизительно постоянной (кривая 1, рис. 6).

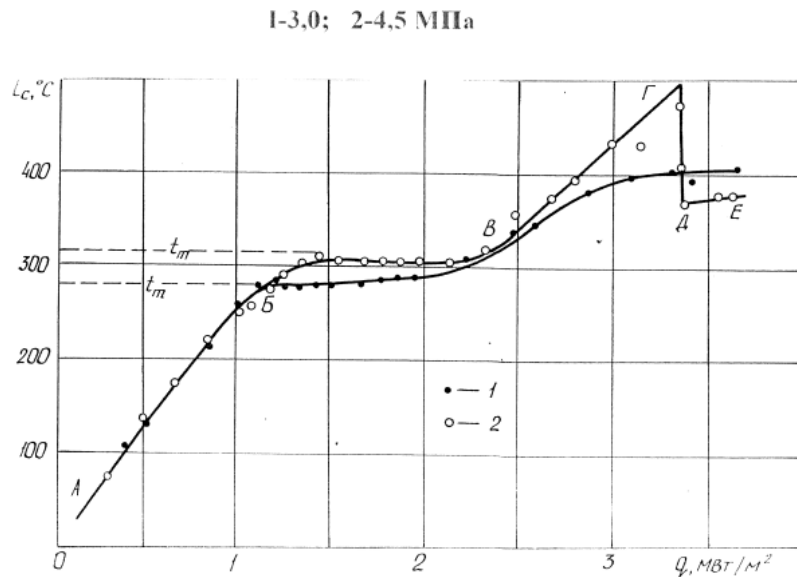


Рис. 6. Зависимость $t_c = f(q)$ для опускного движения н-гептана при различных давлениях

На рис. 7 изображены графики зависимости температуры стенки от плотности теплового потока для турбулентного режима течения при опускном движении н-гептана, построенные по показаниям термопар, расположенных на расстояниях $x/d = 17,7; 32,0; 46,4$ и $75,0$ от входа в трубу. Анализ полученных данных показал, что в сечениях при $x/d < 60,8$ после достижения температуры стенки псевдокритической температуры исследуемой жидкости с увеличением плотности теплового потока температура стенки снижается. Например, при плотности теплового потока $1,5 \text{ МВт/м}^2$ температура стенки равна $318 \text{ }^\circ\text{C}$, а при $2,3 \text{ МВт/м}^2$ она составляет $228 \text{ }^\circ\text{C}$, т. е. при увеличении плотности теплового потока на $0,8 \text{ МВт/м}^2$ температура стенки уменьшается на $90 \text{ }^\circ\text{C}$. Причём при опускном движении н-гептана на указанных расстояниях минимальные значения температуры стенки, имеющие место при $q \approx 2,25 \text{ МВт/м}^2$, соответствующем улучшенному режиму теплоотдачи, меньше чем критическая температура исследуемой жидкости.

$$1 - \frac{\lambda}{d} = 17,7; \quad 2 - 32,0; \quad 3 - 46,4; \quad 4 - 75,0.$$

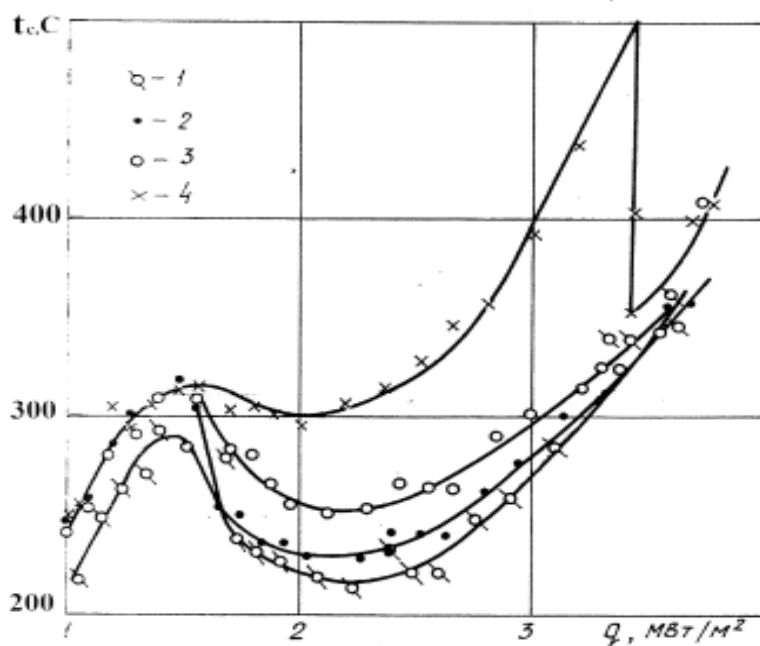


Рис. 7. Зависимость $t_c = f(q)$ для опускного движения н-гептана при $P = 4,5$ МПа

Следует подчеркнуть, что при опускном движении н-гептана с наступлением улучшенного теплообмена процесс сопровождается колебаниями давления жидкости и температуры стенки, в опытной трубе появляется звук, который с увеличением плотности теплового потока приобретает непрерывный и пронзительный характер.

Вывод

Основываясь на перечисленных фактах можно предположить, что относительно ухудшенный и вторично улучшенный режимы теплоотдачи возникают под действием различных факторов – нагароотложения на охлаждаемой поверхности, разложения исследуемой жидкости в около стеночном слое, способствующего уносу потоком нагара и изменения амплитудно – частотных характеристик процесса.

Источники

1. Валуева Е.П. Влияние частиц на турбулентность несущего потока газа // ТВТ. 2015. № 3. С. 441–466.
2. Петухов Б.С. Теплообмен в однородной среде при околоскритических параметрах состояния // ТВТ. 1968. Т. 6, вып. 4. С. 732–745.

3. Мамедов Ш.Г. Влияние направления движения и положения трубы на теплоотдачу н-гептана при турбулентном течении и сверхкритических давлениях: дисс. ... кан. тех. наук. Баку, 1989.

4. Валужева Е.П. Влияние пульсаций плотности в поле силы плавучести на теплообмен и турбулентное течение жидкости в вертикальной трубе при сверхкритических давлениях // ТВТ. 2015. Т. 53, вып. 3. С. 403–411.

УДК 621.311

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАНИЯ СХЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ АЭС

Ирина Алексеевна Ростунцова¹, Денис Александрович Шамов²

ФГБОУ «СГТУ имени Ю.А. Гагарина», г. Саратов

¹²Rostunzeva@mail.ru

Проведено сравнение трех схем оборотного водоснабжения АЭС с реакторами ВВЭР-1000 в системе технического водоснабжения: стандартной схемы охлаждения циркуляционной воды с прудом-охладителем и схем с последовательным и параллельным включением градирни и пруда охладителя в системе охлаждения циркуляционной воды. Разработана методика оценки технико-экономической эффективности при усовершенствовании системы технического водоснабжения АЭС. Проведен экономический анализ целесообразности модернизации системы технического водоснабжения.

Ключевые слова: атомная электростанция, система технического водоснабжения, пруд-охладитель, градирня, последовательная схема, параллельная схема.

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF COMBINING THE SCHEMES OF TECHNICAL WATER SUPPLY OF NPP

Irina Alekseevna Rostuntsova, Denis Aleksandrovich Shamov

A comparison of three circuits for circulating water supply of NPPs with VVER-1000 reactors in the technical water supply system: standard cooling circuit of circulating water with a pond-cooler and circuits with series and parallel connection of the cooling tower and cooling pond in the circulating water cooling system. A technique has been developed for assessing technical and economic efficiency in improving the system of technical water supply to NPPs. An economic analysis of the feasibility of upgrading the system of technical water supply.

Key words: nuclear power plant, technical water supply system, cooling pond, cooling tower, sequential circuit, parallel circuit.

В настоящее время на большинстве АЭС с реактором ВВЭР-1000 охлаждение циркуляционной воды происходит только в пруду-охладителе.

Сброс нагретых вод определяет тепловое воздействие тепловых и атомных электростанций на экологию водных объектов, используемых для охлаждения циркуляционной воды. С другой стороны при увеличении нагрузки пруда-охладителя снижается качество охлаждения циркуляционной воды, что негативно отражается на работе основного оборудования в схеме АЭС [1]. Для решения проблемы предотвращения теплового загрязнения водных объектов и соблюдения норм на температуру охлаждения в цикле тепловой схемы применяют дополнительные охладители иных типов: градирни, брызгательные установки или другие водные объекты. В большинстве случаев эти охладители используются для предварительного охлаждения части циркуляционной воды с последующим охлаждением всего количества в основном водоеме или водотоке.

Эффективность работы охлаждающего устройства определяется температурой воды на выходе из него, стремящейся к минимальному значению. Температура циркуляционной воды на выходе из пруда-охладителя определяется по формуле:

$$T_{1В}^П = T_{Н.В} + \delta t, \quad (1)$$

где $T_{Н.В}$ – температура наружного воздуха, °С; δt – поправка, определяемая по номограмме пруда-охладителя, используя исходные данные для расчетов, °С.

Температура на выходе из конденсатора:

$$T_{2В}^П = T_{1В}^П + \Delta t_{ц.в}, \quad (2)$$

где $\Delta t_{ц.в}$ – нагрев циркуляционной воды в конденсаторе, °С.

На рис. 1 приведены три схемы охлаждения циркуляционной воды: в пруду-охладителе; в пруду-охладителе и градирни при их последовательном включении; в пруду-охладителе и градирне при параллельном их включении.

Принцип работы комбинированной схемы № 2 (рис. 1, б) заключается в том, что часть циркуляционной воды в количестве $\alpha_{гр}$ на выходе из конденсатора последовательно охлаждается в градирне и в пруду-охладителе. После смешения потоков вода поступает в конденсатор турбины. При этом параметры циркуляционной воды на входе в пруд-охладитель будут ниже, тем самым уменьшая показатель Δt , который прямопропорционально влияет на поправку δt .

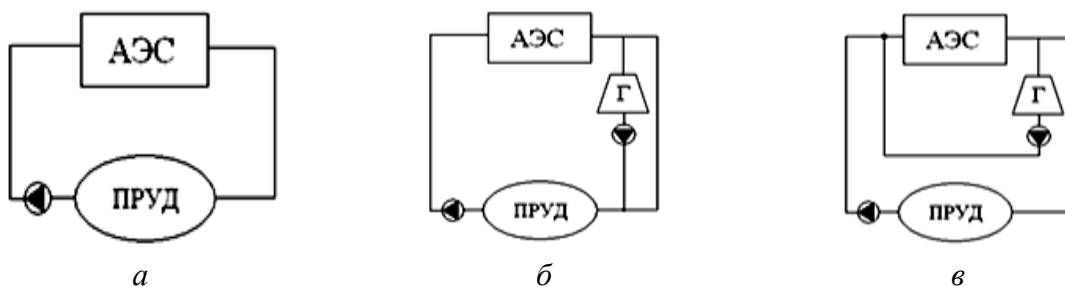


Рис. 1 – Схемы технического водоснабжения при охлаждении циркуляционной воды: *а* – в пруду-охладителе; *б* – в пруду-охладителе и градирни при последовательном их включении; *в* – в пруду-охладителе и градирне при параллельном их включении

В комбинированной схеме № 3 (рис. 1, *в*) главное отличие от предыдущей заключается в том, что точка смешения находится непосредственно перед конденсатором. Вода с градирни не проходит через пруд-охладитель, что позволяет при том же значении $f_{уд}$ существенно снизить общую площадь зеркала пруда-охладителя.

Для корректного сравнения схем, следующие значения примем постоянными:

$$q_{Г} = 10 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2/\text{сут}} \text{ – плотность орошения в градирни;}$$

$$f_{уд} = 1,6 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2/\text{сут}} \text{ – удельная плотность пруда-охладителя;}$$

$\Delta t_{цв} = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$; $\alpha_{гр} = 60 \text{ \%}$ от $G_{цв}$ – количество воды, проходящей через градирню.

Для схемы № 1 (рис. 1, *а*) по представленной выше методике определены температуры воды на входе и выходе из пруда-охладителя в зависимости от температуры наружного воздуха. Результаты расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры воды в схеме № 1

Месяц	$T_{нв}, \text{ } ^\circ\text{C}$	$\delta t, \text{ } ^\circ\text{C}$	$T_{1в}^п, \text{ } ^\circ\text{C}$	$T_{2в}^п, \text{ } ^\circ\text{C}$
Апрель	8,2	8,8	17	27
Май	15,8	6,7	22,5	32,5
Июнь	20,5	5,2	25,7	35,7
Июль	22,5	5	27,5	37,5
Август	20,3	5,1	25,4	35,4
Сентябрь	14,2	6,5	20,7	30,7
Октябрь	6,5	9,2	15,7	25,7

Оценка эффективности схем с градирней проводится по следующей методике: расчет начинается с определения параметров циркуляционной воды на выходе из градирни, затем считаются параметры в точке смешения, определяется новое значение Δt и пересчитывается температура циркуляционной воды на выходе из пруда-охладителя:

1. Определяются параметры воды на выходе из градирни:

$$t_{1B}^{ГР} = T_{1B} + 0,5V_{ветра}, \quad (3)$$

где T_{1B} – температура по номограмме градирни, находится по начальным данным для расчета; $0,5V_{ветра}$ – поправка на скорость ветра.

2. Рассчитываются параметры воды после точки смешения, на входе в пруд-охладитель. Для этого составим тепловой баланс точки смешения:

$$h_{1B}^{ГР} \alpha_{ГР} + h_{2B}^{ГР} (\alpha - \alpha_{ГР}) = \alpha h_{см} = 0,6h_{1B}^{ГР} + 0,4h_{2B}^{П} = h_{см}. \quad (4)$$

Значения энтальпии определяются по температуре и заданному давлению циркуляционной воды. Затем по $h_{см}$ и $P_{ц.в}$ определяем температуру воды $t_{см}$ на входе в пруд-охладитель.

3. Для пруда-охладителя в каждом месяце рассчитывается новое значение нагрева воды в конденсаторе: $\Delta t' = t_{см} - t_{1B}^{П}$.

4. Рассчитывается температура на выходе из пруда охладителя в каждом месяце для новых значений $\Delta t'$: $T_{1B} = t_{НВ} + \delta t'$.

Так как параметры воды на входе в градирню и сами градирни одинаковые, то значения $T_{1B}^{ГР}$ и $h_{1B}^{ГР}$ для схем № 2 и № 3 (рис. 1, б, в) будут одинаковыми.

В табл. 2 приведены параметры циркуляционной воды для схем № 2 и № 3 в зависимости от температуры наружного воздуха.

Таблица 2

Параметры воды для схем № 2 и № 3

Месяц	$T_{1B}^{П}$, °С	$T_{см}$, °С	$\Delta t'$, °С	$\delta t'$, °С	T_{1B} , °С
Апрель	17	26,4	9,4	8,5	16,7
Май	22,5	30,48	8	5,5	21,3
Июнь	25,7	33	7,3	3,1	23,6
Июль	27,5	34,2	6,7	2,8	25,3
Август	25,4	32,8	7,4	3,7	24
Сентябрь	20,7	29,6	8,9	5,8	20
Октябрь	15,7	25,65	9,9	9,1	15,6

В табл. 3 и 4 приведены параметры циркуляционной воды отдельно для схем № 2 и № 3 соответственно в зависимости от температуры наружного воздуха.

Таблица 3

Расчетные параметры схемы № 2

Месяц	$T_{1В}, ^\circ\text{C}$	$T_{1В}^{ГР}, ^\circ\text{C}$	$h_{1В}^{ГР}, \text{кДж/кг}$	$h_{2В}^П, \text{кДж/кг}$	$h_{см}, \text{кДж/кг}$	$T_{см}, ^\circ\text{C}$
Апрель	24,5	26	109,5	113,7	111,2	26,4
Май	27,7	29,1	122,5	136,7	128,2	30,48
Июнь	29,9	31,3	131,7	149,5	138,8	33
Июль	30,6	32	134,6	157,6	143,8	34,2
Август	29,9	31,1	130,9	148,8	138	32,8
Сентябрь	27,5	28,8	121,3	129,2	124,5	29,6
Октябрь	24,1	25,6	107,9	108,3	108	25,65

Таблица 4

Расчетные параметры схемы № 3

Месяц	$T_{1В}^{ГР}, ^\circ\text{C}$	$h_{1В}^{ГР}, \text{кДж/кг}$	$T_{1В}^П, ^\circ\text{C}$	$h_{1В}^П, \text{кДж/кг}$	$h_{см}, \text{кДж/кг}$	$T_{см}, ^\circ\text{C}$
Апрель	26	109,5	17	72	94,5	22,4
Май	29,1	122,5	22,5	95	111,6	26,5
Июнь	31,3	131,7	25,7	108,3	122,34	29
Июль	32	134,6	27,5	116	127,16	30,2
Август	31,1	130,9	25,4	107	121	28,8
Сентябрь	28,8	121,3	20,7	87,4	107,74	25,6
Октябрь	25,6	107,9	15,7	66,5	91,34	21,7

Определены параметры в конденсаторе для получившихся значений температуры циркуляционной воды. Для этого принят недогрев воды в конденсаторе до температуры насыщения греющего пара: $\Delta t_K = 5 ^\circ\text{C}$. Температура насыщения в конденсаторе составит:

$$t_K = t_{1В} + \Delta t_K. \quad (5)$$

Результаты расчета представлены в табл. 5 и на рис. 2.

Таблица 5

Температура насыщения пара в конденсаторе

Схема	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Схема № 1	22	27,5	30,7	32,5	30,4	25,7	20,7
Схема № 2	21,7	26,3	28,6	30,3	29	25	20,6
Схема № 3	27,4	31,5	34	35,2	33,8	30,6	26,7

Как видно из табл. 5 и рис. 2 более глубокое охлаждение воды происходит в схеме № 2. Снижение температуры охлаждающей воды увеличивает вакуум в конденсаторе паровой турбины, что способствует выработке дополнительной электрической мощности в последнем отсеке турбины.

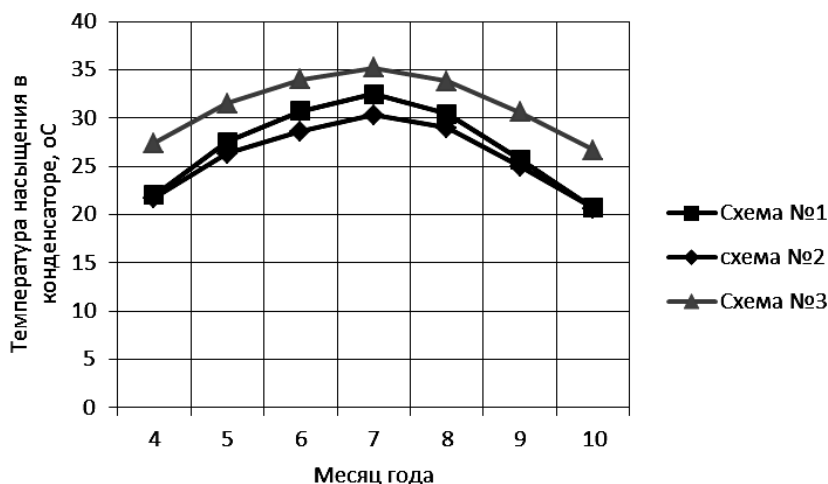


Рис. 2. Параметры насыщения пара в конденсаторе

Расчет мощности в последнем отсеке турбины проведен исходя из условия, что пар в последнем отсеке турбины влажный со степенью сухости, равной 87,55. Результаты расчета мощности в последнем отсеке турбины представлены в табл. 6.

Таблица 6

Расход пара, энтальпии и электрическая мощность в последнем отсеке турбины

Параметры	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Расход пара, D	893,5	893,5	893,5	893,5	893,5	893,5	893,5
H_7 , кДж/кг	2388	2388	2388	2388	2388	2388	2388
H_k , кДж/кг:							
схема № 1	2236	2248	2254,5	2258,3	2254	2244	2233,5
схема № 2	2235,7	2245,3	2250,1	2253,6	2251	2242,5	2233,2
схема № 3	2247,5	2256,2	2261,5	2264	2259,7	2254,3	2246,2
N , кВт:							
схема № 1	135812	125090	119282,25	115887	119729	128664	138045,8
схема № 2	136080,05	127502,5	123213,65	120086,4	122409,5	130004,2	138313,8
схема № 3	125536,75	117763,3	113027,75	110794	114636,05	119460,9	126698,3

Оценивается прирост мощности в схеме № 2, так как она является наиболее эффективной по сравнению со схемой № 1, по формуле:

$$\delta N = N_{\text{схема №2}} - N_{\text{схема №1}}$$

Результаты представлены в табл. 7.

Таблица 7

Прирост электрической мощности в схеме модернизации

Прирост мощности, кВт/ч						
268,05	2412,45	3931,4	4199,45	2680,5	1340,25	268,05
Выработка электрической энергии за месяц, кВт						
192996	1794863	2830608	3124391	1994292	964980	199429,2
Прибыль, млн руб.						
0,154397	1,43589	2,264486	2,499513	1,595434	0,771984	0,159543

Проведен экономический анализ целесообразности комбинирования системы технического водоснабжения по схеме № 2.

Для расчета используется формула для чистого дисконтированного дохода:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) a_t - K, \quad (6)$$

где K – капиталовложения, млн руб.; T – срок модернизации, три года; срок полезного использования – двенадцать лет ($E_H = 0,12$).

Дисконтированные капиталовложения определяются по формуле:

$$K = \sum_{t=0}^T K_t a_t, \quad (7)$$

где R_t – доход от реализации электроэнергии; Z_t – затраты при эксплуатации, определяются по формуле:

$$Z_t = I_t - I_{\text{ам}}, \quad (8)$$

где I_t – затраты, связанные с эксплуатацией градирни; $I_{\text{ам}} = (1/\text{СПИ}) \cdot K$ – амортизационные издержки, которые определяются.

Результаты расчета представлены в табл. 8.

Таблица 8

Технико-экономические показатели комбинирования технического водоснабжения по схеме № 2

Экономические показатели	Шаг расчета							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Капвложения,	5	5	5	–	–	–	–	–
Доход млн руб.	–	–	–	8,881	9,071	10,19	10,63	10,78
Затраты млн руб.	–	–	–	0,25	0,223	0,199	0,177	0,158
Накопленный ЧДД, млн руб.	–0,03	–13,3	–18,5	–0,26	–0,42	8,58	19,03	29,66

Экономические показатели	Шаг расчета						
	8	9	10	11	12	13	14
Капвложения,	–	–	–	–	–	–	–
Доход млн руб.	10,81	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85
Затраты млн руб.	0,141	0,126	0,113	0,101	0,090	0,080	0,071
Накопленный ЧДД, млн руб.	40,33	51,05	61,79	72,55	83,31	94,09	104,8

Графическое определение срока окупаемости представлено на рис. 2. Срок окупаемости схемы модернизации составляет 5 лет.

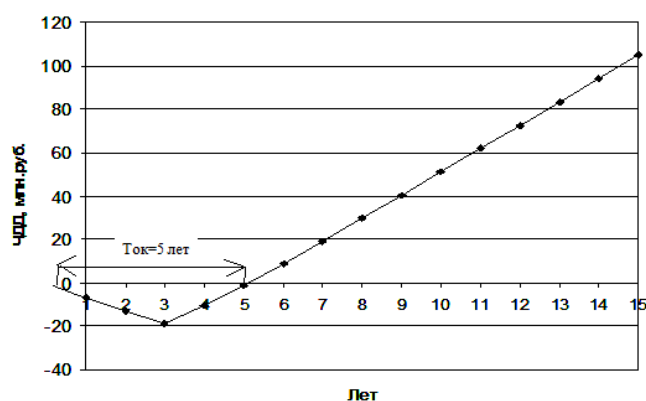


Рис. 3. Определение срока окупаемости при комбинировании по схеме № 2

Выводы

Произведена оценка эффективности схем оборотного водоснабжения АЭС с реакторами ВВЭР-1000: стандартной схемы охлаждения циркуляционной воды с прудом-охладителем и схем с последовательным и параллельным включением градирни и пруда-охладителя в системе охлаждения циркуляционной воды. Получена экономическая целесообразность комбинирования системы технического водоснабжения по схеме последовательного включения пруда охладителя и градирни.

Источники

1. АЭС с ВВЭР: режимы, характеристики, эффективность / Р.З. Аминов [и др.]. М.: Энергоатомиздат, 1990. 245 с.
2. Аркадьев В.А. Режимы работы турбоустановок АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1986. 219 с.
3. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии / пер. с англ. В.Я. Сидорова, Е.В. Сидорова. М.: Мир, 1987. 272 с.
4. Белоконова А.Ф. Водно-химический режим тепловых электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1985. 248с.

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ДОМАШНИХ ХОЗЯЙСТВ В СФЕРЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Марсель Ильшатович Сафиуллин¹, Раис Аббарович Бурганов²

¹ФГА ОУ ВО КФУ, г. Казань, ²ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹marselsaf9696@mail.ru, ²burganov-r@mail.ru

На данный момент процесс цифровизации затронул почти все сферы жизнедеятельности общества и сможет повлиять на поведение домашних хозяйств. В работе выявляются позитивные и негативные стороны влияния внедрения цифровых технологий (на примере умных электросчетчиков) в ЖКХ, рассмотрены типичные модели поведения домашних хозяйств.

Ключевые слова: цифровизация, энергосбережение, оптимизация, модель поведения.

INFLUENCE OF DIGITAL TECHNOLOGIES ON FORMATION OF BEHAVIOR MODEL OF HOUSEHOLDS IN THE SPHERE OF ENERGY SAVING

Marsel Ilshatovich Safiullin, Rais Abrarovich Burganov

At the moment process of digitalization affected almost all spheres of activity of society and as it was worth believing, will be able to affect behavior of households. In work positive and negative sides of influence of introduction of digital technologies come to light (on the example of “clever electric meters”) in housing and public utilities, typical behavior models of households are considered.

Key words: digitalization, energy saving, optimization, behavior model.

В связи с тем, что приходит эпоха цифровизации, целью работы является рассмотрение современных приборов учёта электроэнергии в больших и малых компаниях, а также их влияние на снижение трудовых и энергетических затрат в добывающих отраслях ТЭКа. Хотя сейчас во многих источниках весьма подробно описываются последствия внедрения цифровых технологий, но широкие массы не в силах понять, какие же издержки несут генерирующие электроэнергию фирмы в долгосрочном и краткосрочном периоде.

Ещё недавно электроэнергетический комплекс в Татарстане (как и в других регионах) был построен на ОЭС (объединённая энергетическая система). Однако она уже морально устарела. Дело в том, что данная система представляла из себя совокупность нескольких энергосистем, основными чертами которой являются общее диспетчерское управление, невозможность управления равномерностью графика электрических

нагрузок, большие потери энергии при передаче к потребителю и т. д. По статистике потерь электроэнергии в сетях по Татарстану за последние годы выявлена следующая динамика: самый минимальный ущерб, по отчётам Татэнерго, составил ~11,41 % потерь от перехода от производителя к потребителю, а максимальный ~17 % от общего объёма перераспределения энергии только на одном предприятии [1]. В связи с этим можно сказать, что суммарные потери Татарстана в сфере электроэнергетики превышают любые установленные нормы. И только лишь ¼ из них связана с законами физики или изношенностью линий электропередач. По данным ТатЭнерго за 2012 год, только 70 % населения платят за электроэнергию вовремя и не имеют задолженностей. Однако в 2015–2016 годах на отдельных предприятиях были установлены первые «умные счётчики», целью которых является снижение потерь на сетях за счёт коммерческого и технического воровства. По данным статистиков Сетевой компании, умные счётчики позволили сократить потери до 7,5 % [2]. Таким образом, экономия данного количества энергии за годовой период равна потреблению электроэнергии всей Калининградской области. Если абсолютно все территориальные сетевые организации смогут подключиться к умным сетям благодаря системам smartmetering, то решаться многие проблемы не только с довольно своевременным решением технических ошибок, но и будет возможность получать информацию из точек сбыта электроэнергии в режиме реального времени. Помимо этого, такая экономия сыграет роль в снижении тарифов для потребителей, что даст возможность даже бедным социальным слоям иметь в квартире свет и доступ к техническим устройствам. Таким образом, сейчас типичной моделью поведения домашних хозяйств в республике Татарстан можно назвать модернизацию и переход от макроуправления на микроуровень с помощью внедрения smart-систем, оптимизация потерь электроэнергии в распределительных сетях 10–0,4 кВ, а также работы по стимулированию граждан к выносу приборов учета на границу раздела. Переход к использованию умных электросчетчиков требует изменения поведения домашних хозяйств, так как они будут иметь при этом определенную экономическую выгоду. В то же время повышается ответственность населения за бережное отношение к установленным счетам.

Подводя итоги, можно сказать, что цифровизация в энергетике – это один из помощников в управлении такими большими объектами, как энергосистема. Кроме того, необходимо иметь в виду перспективу и тенденции развития научно-технологической базы общества [3, 4]. Прежде всего, это способ обработки большого объема данных, в том числе в онлайн режиме для оптимального распределения ресурсов, полная автоматизация с применением реклоузеров и т.д. Цифровизация – это всего лишь инструмент, направленный на оптимизацию управления функционированием энергосистемы в условиях имеющихся ограничений. Текущее состояние автоматизации технологических процессов в отрасли позволяет сделать переход на цифровые технологии эволюционным, а не революционным путем.

Источники

1. Фардиев И.Ш. ОАО «Сетевая компания»: опыт снижения потерь в электрических сетях // Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда. URL: <https://prominf.ru/article/oaо-setevayaа-kompaniya-opyt-snizheniya-poter-v-elektricheskikh-setyah> (дата обращения: 07.10.18).

2. «Умные» счетчики энергии снижают ее хищение и потери на 10–30 % // ТАСС. URL: <https://tass.ru/ekonomika/4231354> (дата обращения: 07.10.18).

3. Бурганов Р.А. «Индустрия 4.0» как оболочка стратегического развития отрасли и фирмы // Russian Journal of Management. 2017. Т. 5, № 2. С. 165–169.

4. Burganov R.A., Yudina N.A. To the question of creation of energy consumer firm theory // Journal of Entrepreneurship Education. 2018. Vol. 21. Is. 1.

УДК 66.048

ПРИМЕНЕНИЕ УСТАНОВКИ ПО ВЫПАРИВАНИЮ ВЛАГИ ИЗ НЕФТЕПРОДУКТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Алиса Николаевна Сурикова

ФГАОУ ВО «ВолГУ», г. Вологд
alisa-surikova@bk.ru

Рассмотрены основные вопросы удаления влаги из нефтешламов.

Ключевые слова: блок разделения нефтешламов, выпарная установка, нефтешлам, ресурсосбережение.

THE USE OF THE INSTALLATION FOR THE EVAPORATION OF MOISTURE FROM THE OIL TO TACKLE ISSUES OF RATIONAL USE OF NATURAL RESOURCES

Alisa Nikolaevna Surikova

The main issue of moisture removal from oil sludge is considered.

Key words: oil sludge separation unit, evaporation plant, oil sludge, resource saving.

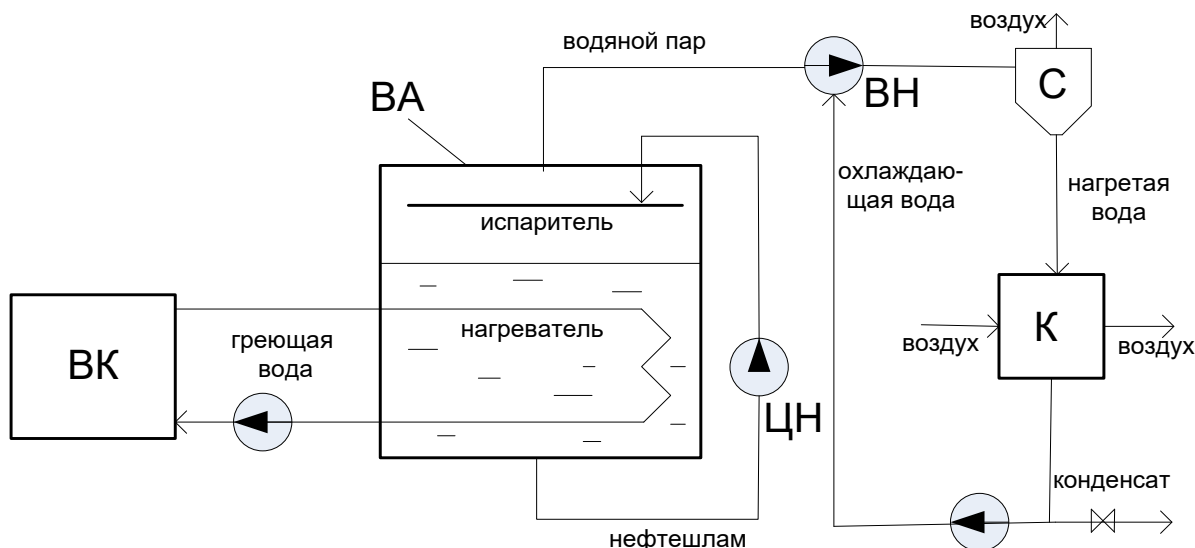
В последнее время остро встает проблема негативного воздействия на природную среду из-за деятельности нефтеперерабатывающих предприятий. Перестройка структуры предприятий нефтеперерабатывающей отрасли является одним из решений вопросов об охране окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. В настоящее время имеется большое количество различных нефтепродуктов, содержащих влагу и не пригодных к непосредственному использованию. При этом один из самых опасных загрязнителей природной среды – нефтешламы. Нефтешламом обычно является эмульсия минерального масла и воды, иногда содержащая твердые примеси.

Приоритетные для финансирования проекты решают задачу не только минимизации количества нефтеотходов, но и их переработку в полезные продукты. Известные российские и зарубежные разработки направлены на выделение и утилизацию нефти и нефтепродуктов. Поэтому при переработке отходов во вторичное сырье появляется возможность сохранения природных ресурсов в значительных объемах и снижения загрязнения окружающей среды.

Одно из направлений данного исследования – разработка и технико-экономическое обоснование применения блока разделения нефтешламов. Если ТЭО установки по выпариванию влаги из нефтеотходов не удовлетворит современные требования, а именно она не будет высокоэффективной, экологически чистой и экономически эффективной, то по результатам будут предложены мероприятия по ее модернизации.

В последнее время приобрели популярность блоки разделения нефтешламов (БРНШ-3). В установках БРНШ выпаривание влаги из масловодяной эмульсии происходит несколько иначе, чем из водного раствора в обычных выпарных установках, где, как правило, имеют место процессы кипения растворов [1].

Установка БРНШ представлена на рисунке.



Принципиальная схема существующей установки БРНШ

На данный момент в научных источниках отсутствуют результаты исследования тепловой работы установок БРНШ, а также методики их теплового расчета. Это связано с тем, что данные установки появились сравнительно недавно и работают весьма неэффективно.

В бак выпарного аппарата ВА больше, чем на половину его объема, загружается нефтешлам. В нижней части выпарного аппарата находятся горизонтальные трубы нагревателя, внутри которых циркулирует греющая вода, поступающая из водогрейного котла ВК, работающего на дизельном топливе. После охлаждения в трубах греющая вода подается насосом обратно в котел. От наружной поверхности труб теплота передается нефтешламу путем свободной конвекции.

В начале нефтешлам нагревается от начальной температуры загрузки 20–40 °С до температуры 55–75 °С, при которой начинается процесс выпаривания влаги. Выпаривание происходит в вакуумной среде, создаваемой в баке выпарного аппарата вакуумным водокольцевым насосом ВН. Нагретый нефтешлам забирается из нижней части выпарного аппарата циркуляционным насосом ЦН и подается на полки испарителя, расположенные в верхней части аппарата, служащие для увеличения тепломассообменной поверхности нефтешлама. При частичном испарении влаги на полках испарителя нефтешлам охлаждается на несколько градусов и стекает обратно в нижнюю часть аппарата.

Водяной пар, получаемый в аппарате, откачивается вакуумным насосом, в котором он смешивается с охлаждающей водой и конденсируется. Из вакуумного насоса выходит нагретая вода

и неконденсирующиеся газы (воздух), которые поступают в сепаратор С, соединенный с атмосферой. В сепараторе газы удаляются в атмосферу, а вода поступает на калорифер К, где охлаждается атмосферным воздухом и подается на вакуумный насос. Полученный конденсат пара при необходимости выводится из системы. Когда процесс выпаривания влаги из нефтешлама заканчивается, готовый нефтепродукт сливают из бака и загружают в бак новую порцию нефтешлама.

По результатам технико-экономического расчета был сделан вывод о том, что производительность установки недостаточна. Для увеличения производительности установки был собран новый выпарной аппарат с увеличенной в 4 раза поверхностью нагрева. Остальное оборудование установки оставили прежним. Таким образом, при увеличении площади поверхности нагрева в выпарном аппарате в 4 раза производительность установки возросла всего в 2 раза.

Но у установки БРНШ-3 с увеличенной поверхностью нагревателя существует ряд недостатков. Установленная тепловая мощность котла в режиме выпаривания в значительной мере не используется. Только при нагреве нефтешлама из холодного состояния, когда температурный напор между греющей водой и нефтешламом достаточно большой, тепловая мощность котла используется более эффективно. Теплота пара, выходящего из выпарного пара, не используется и теряется в окружающей среде (отводится через калорифер). Все это обуславливает низкую производительность и малую тепловую экономичность установки.

Для повышения тепловой эффективности блока разделения нефтешлама предложена схема модернизированной установки. Модернизированная установка БРНШ имеет вторую выпарную ступень, обогреваемую паром, образующимся в первой ступени. Производительность насоса для перекачки греющей воды предложено увеличить в 4 раза. Для уменьшения затрат на перекачку греющей воды вместо последовательного движения воды по трубам нагревателя предложено нагреватель выполнить из 4 параллельных секций.

Вторичный водяной пар, выходящий из второй ступени, предполагается использовать в подогревателе поверхностного типа для предварительного нагрева холодного нефтешлама, который в следующем

цикле работы установки будет загружаться в первую и вторую выпарные ступени. Это сократит длительность периода разогрева нефтешлама в первой ступени, в течение которого вторая ступень не работает, увеличит производительность и тепловую экономичность установки. Выпар, выходящий из греющих труб второй ступени и подогревателя, откачивается существующим вакуумным насосом, нагретая вода охлаждается в существующем калорифере. Конденсат, образовавшийся в греющих трубах второй ступени и подогревателя, самотеком собирается в бак, из которого периодически сливается в атмосферу.

По расчетам производительность модернизированной установки БРНШ-3 возрастет в 6–7 раз по сравнению с исходной установкой, удельный расход условного топлива в котле на выпаривание влаги снизится более, чем в два раза, при этом на удаление 1 % влаги из 1 тонны нефтешлама потребуется примерно $b \approx 0,46$ кг. у. т.

Массовое внедрение подобной установки по утилизации влаги из нефтешламов позволит решить вопрос переработки и утилизации нефтешламов, ликвидировать шламонакопители и снизить уровень загрязнения окружающей среды, обеспечит увеличение объемов топлив, получения компонентов товарных топлив, профилактических смазок, строительных материалов.

Источники

1. Казанцев Е.И. Промышленные печи. Справочное руководство для расчетов и проектирования. М.: Metallurgia, 1975. 368 с.
2. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. М.: Энергия, 1972. 319 с.
3. Лукин С.В., Сеницын Н.Н., Сурикова А.Н. Тепловой расчет установки по выпариванию влаги из нефтепродуктов // Вестник Череповецкого государственного университета. 2015. № 4(65). С. 33–37.
4. Лукин С.В., Сурикова А.Н. Оптимизация числа выпарных ступеней установки разделения нефтешлама // Вестник Череповецкого государственного университета. 2015. № 6(67). С. 14–19.
5. Лукин С.В., Сеницын Н.Н., Сурикова А.Н. Повышение тепловой эффективности блока разделения нефтешлама // Промышленная энергетика. 2016. № 2. С. 33–37.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОПОТЕРЬ

Гульназ Гумаровна Хасанова¹, Тамара Константиновна Филимонова²,
Владимир Кузьмич Ильин³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹filimonova.tamara@bk.ru, ²filimonova.tamara@bk.ru, ³ilyinvk@mail.ru

Описывается разработка программного комплекса для расчета теплопотерь здания, включающая в себя расчет приведенного сопротивления ограждающих конструкций, расчет ГСО и требуемого сопротивления теплопередачи.

Ключевые слова: программный комплекс, теплопотери, энергосбережение, энергоэффективность, тепловая защита, ограждающие конструкции.

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE COMPLEX FOR CALCULATING HEAT LOSS

Gulnaz Gumarovna Khasanova, Tamara Konstantinovna Filimonova,
Vladimir Kuzmich Ilyin

The development of a software package for calculating the heat loss of a building is described, which includes the calculation of reduced resistance of enclosing structures, the calculation of GSO and the required resistance of heat transfer.

Key words: software complex, heat loss, energy savings, energy efficiency, thermal performance of a building.

Проблема энергосбережения в различных отраслях для России является актуальной, так как большая часть ее территории является отапливаемой и в холодные месяцы потребление энергоресурсов намного возрастает. Поэтому при современном строительстве архитекторам и проектировщикам обязательно необходимо учитывать эти аспекты в работе прежде всего путем совершенствования архитектурно-планировочных решений, применения наружных ограждающих конструкций оболочки здания с необходимым уровнем теплозащиты, внедрения эффективных систем обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях, использования возобновляемых источников энергии, повышения качества проектирования зданий. Ошибки при выполнении расчетов являются частой причиной нарушения требований тепловой защиты конструкции, выпадения конденсата на внутренней поверхности сопряжений и промерзания ограждающих конструкций с частичной или полной потерей своих теплозащитных функций.

Для оценки энергоэффективности необходимо рассчитать теплопотери. При расчете вычисляется термическое сопротивление стен, полов, кровель и окон (общее название – ограждающие конструкции) при самых суровых морозах в данной местности. Зная значение теплопотерь можно приступить к подбору источника тепла по мощности.

Программный комплекс для расчета теплопотерь включит в себя следующие функции:

- расчет приведенного сопротивления теплопередачи фрагмента теплозащитной оболочки здания или любой выделенной ограждающей конструкции;
- расчет ГСОП и требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции с использованием данных СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»;
- расчет теплового потока через ограждающую конструкцию здания;
- оптимизация теплопотерь по выбранным параметрам;
- визуализация результатов расчетов.

Программа позволит автоматизировать процесс расчета теплового контура здания в соответствии с новыми требованиями к тепловой защите здания. Должны одновременно выполняться три условия:

- приведенное сопротивление теплопередачи отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);
- удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);
- температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарногигиеническое требование)

Для разработки приложения используется язык программирования Java. Данный язык программирования был выбран по нескольким причинам:

- простота языка, безопасность и переносимость кода;
- независимость от платформы, на которой выполняется программа, это становится очень важным, когда программы загружаются посредством глобальной сети Интернет и используются на различных платформах;
- большое количество готовых библиотек и фреймворков.

Достоинством разрабатываемой программы является простой и удобный для пользователей интерфейс, наглядность, возможность применения в учебных целях и возможность доработки в случае возникновения дополнительных задач. В отличие от других программ, которые используются в настоящее время, программа позволит не только рассчитать количество теплопотерь, но и сравнивать расчетные данные с требуемыми значениями и позволит подобрать требуемые материалы для строящихся помещений или реконструкции уже существующих.

Источники

1. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-1999. М., 2012. 109 с.

2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М., 2012. 96 с.

2. Ильин В.К., Гусячкин А.М. Курсовое проектирование по тепло-снабжению предприятий.: учеб. пособие. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. 150 с.

3. Ильин В.К., Ахметова И.Г. Экономическая эффективность энергосберегающих технологий: учеб. пособие. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2012. 68 с.

Секция 4. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 378.005

ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ОСНОВАМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Альфия Газизовна Баширова

ФГБОУ ВО «КГЭУ », г. Казань

bashirov_a.g@mail.ru

В статье обоснована необходимость введения в образовательные программы подготовки инженерных кадров дисциплин по основам интеллектуальной собственности, раскрыты их цели и содержание.

Ключевые слова: инновации, интеллектуальная собственность (ИС), изобретательство, конкурентоспособность, рационализация, результаты интеллектуальной деятельности.

TRAINING OF STUDENTS AND POSTGRADUATES OF TECHNICAL SPECIALTIES TO THE BASIS OF INTELLECTUAL PROPERTY

Alfia Gazizovna Bashirova

The article substantiates the need to include the discipline on the basics of intellectual property in the educational programs of engineering personnel, their goals and content are disclosed.

Key words: the invention, intellectual property, invention, competitive ability, rationalization, results of intellectual activity.

Инженерная деятельность так или иначе предполагает создание, владение, пользование или распоряжение ВС – своей или чужой. Охрана интеллектуальной деятельности имеет большое социально-экономическое значение. Она способствует развитию предпринимательства, позволяя малому и среднему бизнесу успешно конкурировать на рынке. Охрана и коммерциализация объектов ИС (ОИС) способствует развитию научно-технического творчества, обеспечивая их создателям и правообладателям достойную оплату за результаты своей интеллектуальной деятельности. Охрана ИС ускоряет научно-технический и культурный прогресс через систему информации об этих объектах. Вся информация об охраняемых объектах ИС находится в открытом доступе (за исключением секретов производства, охраняемых в режиме ноу-хау).

Современному специалисту любой области деятельности знания теории и практики по вопросам ИС необходимы для осуществления профессиональной деятельности в современных условиях инновационного

развития экономики. Тренд интеллектуализации профессий, действующие требования работодателей, развитие soft skills, развитие управленческих компетенций повышают конкурентоспособность специалистов на мировом и отечественном рынке труда.

Дисциплины по основам ИС в комплексе с другими профилирующими дисциплинами обеспечивают формирование специалиста любой отрасли экономики, владеющего терминологией и знаниями основных норм и понятий в сфере ИС, механизма правовой охраны результатов интеллектуальной творческой деятельности. Кроме общеобразовательной функции, эти дисциплины выполняют и воспитательную функцию, формируя определенный уровень технико-правовой культуры, понятие ответственности при нарушении исключительных прав третьих лиц как материальной, так и уголовной. Обучение основам ИС необходимо для подготовки инженерных кадров для работы в условиях инновационного развития экономики страны. Для реализации импортозамещения важно не просто «догонять», копируя зарубежные аналоги, а создавать более совершенные и конкурентно-способные приборы и автоматизированные системы.

В переговорах по совершению таких сделок, как купля-продажа ИС, заключение лицензионных договоров по передаче исключительных прав, лизинговых договоров на наукоемкую продукцию, разработанную и изготовленную с применением охраняемых результатов интеллектуальной деятельности, должны участвовать не только экономисты и работники патентных служб предприятия, но и технические работники – разработчики и авторы новых идей, конструкторы новых приборов и систем, технологи. Предприятие в своей деятельности может выступать как продавцом своих исключительных прав, так и покупателем (например, в случае совпадения отдельных элементов собственных разработок с существенными признаками действующих охранных документов третьих лиц).

Следует отметить, что основы ИС – более широкое понятие, чем Патентование, которое изучает объекты промышленной собственности, правовая охрана которых подтверждается охранным документом после соответствующей процедуры регистрации (правила подачи заявки на тот или иной вид промышленной собственности, правила экспертизы и регистрации). Для инновационной деятельности большое значение имеют и другие виды объектов ИС: программная продукция, секреты производства, рационализаторские предложения. Ноу-хау (секреты производства согласно ГК РФ) играют важную роль в обеспечении конкурентоспособности товаров и услуг.

Полезная для разработки новой технологии информация может быть получена из научно-технических публикаций (монографий, статей в периодической литературе, докладов на конференциях, семинарах и др.). Закон охраняет форму изложения этой информации (право на копирование), но не запрещает другим исследователям (разработчикам) в той же или смежных областях использовать изложенные в них научно-технические и иные результаты в своей научной и производственной деятельности, если авторы этих публикаций своевременно не получают правовую охрану путем регистрации своих охраноспособных результатов исследований.

Причиной недостаточной эффективности инновационной деятельности российских инженерных вузов является в том числе и отсутствие в учебных планах дисциплин по управлению ИС и инновационной деятельностью. Для сравнения, в Белоруссии еще в 2006 году утверждена типовая программа для студентов вузов по ИС как обязательная для всех вузов РБ.

Многие российские вузы уже включили дисциплины, связанные с ИС, в рабочие планы не только юридических направлений (эта тенденция наблюдается уже давно), но и для экономических и инженерных специальностей.

Охрана ИС – это оформление прав с целью получения охранного документа (патент, свидетельство), который выдает Патентное ведомство (ФИПС) на объекты промышленной собственности. Государство дает гарантии охраны и других видов ИС (ноу-хау, объекты авторского права) в соответствии с законодательством. Отбор результатов интеллектуальной деятельности, на которые необходимо получить соответствующую этим результатам правовую охрану с целью их дальнейшей коммерциализации – это первая практическая задача. Неоформление, неправильное и недостаточно полное оформление прав ведет к существенным материальным потерям.

Для технических направлений подготовки важно выработать у студентов умение анализировать объекты техники, определять тенденции их развития, технический уровень своих разработок не только на текущий момент, но и на момент их выхода на рынок. В конечном итоге это позволит повысить инновационный потенциал будущих специалистов.

Еще одним важным аспектом обучения будущих инженеров является умение отбирать перспективные объекты ИС для целей коммерциализации – ключевой элемент системы управления инновационной деятельности.

Для информационной поддержки изобретательства на базе КГЭУ совместно с ФИПС и «Татарстанским центром научно-технической информации» был создан Центр поддержки технологий и инноваций 2-го уровня (ЦПТИ 2-го уровня). Соглашение о создании ЦПТИ 2-го уровня №02/14ЦП подписано 23 июня 2014г. Как ЦПТИ, университет имеет доступ к полнотекстовой базе патентов ФИПС, а также имеет возможность участвовать в различных мероприятиях по вопросам интеллектуальной собственности. Создание в КГЭУ Центра поддержки технологий и инноваций (ЦПТИ) [2] дает возможность любому желающему студенту, аспиранту проводить патентный поиск в электронном зале библиотеки.

Деятельность ЦПТИ позволила активизировать изобретательскую активность сотрудников и аспирантов КГЭУ. Результаты этой деятельности приведены в табл. 1.

Таблица 1

Итоги изобретательской деятельности сотрудников и студентов КГЭУ
по различным объектам интеллектуальной собственности

Годы	Изобретения		Полезные модели		Программы ЭВМ		Всего	
	заявки	патенты	заявки	патенты	заявки	охранные документы	заявки	охранные документы
2012	32	41	172	141	27	22	231	204
2013	45	26	161	139	63	46	269	211
2014	79	32	263	346	124	81	466	459
2015	12	94	12	23	11	71	35	188
2016	21	19	24	20	17	22	62	61
Итого	189	212	632	663	242	242	1063	1123

За отчетный период количество авторов, подавших заявки на изобретения, полезные модели, программы для ЭВМ составило 94, из них 41 – аспиранты и молодые преподаватели до 30 лет.

Таким образом, несмотря на большое количество заявок и полученных охранных документов, вовлеченность студентов в изобретательскую деятельность явно недостаточна. Это объясняется тем, что дисциплины «Управление интеллектуальной собственностью» и «Патентование» включены в учебные планы только бакалавров и только по направлению «Менеджмент». Изобретательство среди студентов инженерных кафедр пропагандируется только на нескольких выпускающих кафедрах, где есть преподаватели-изобретатели. Планы руководства по включению этих дисциплин в учебные планы хотя бы

магистров по техническим направлениям до сих пор не воплотились. Этот вопрос поставлен автором в работе [5].

К сожалению, ЦПТИ в настоящее время активно используется ограниченным контингентом студентов и только благодаря нескольким преподавателям-энтузиастам в области интеллектуальной собственности.

На кафедре Менеджмент в учебные планы подготовки бакалавров по направлению «Менеджмент» включены дисциплины по выбору «Управление ИС» и «Патентование» и лицензионная деятельность», перечень и краткое содержание разделов приведены в табл. 2 и 3, соответственно.

Таблица 2

Краткое содержание разделов дисциплины «Управление ИС»

№	Название раздела	Краткое содержание раздела
1	2	3
1	Основные понятия собственности	Результаты интеллектуальной деятельности и их правовая охрана
2	Классификация объектов ИС (ОИС)	Виды ИС. Экономический смысл оформления прав на результаты интеллектуальной деятельности
3	Законодательство в области ИС	Гражданский кодекс РФ об охране ИС. Правовая охрана изобретений, полезных моделей и промышленных образцов. Авторы и патентовладельцы ОИС. Использование исключительных прав
4	Охрана объектов авторского права и средств индивидуализации	Правовая охрана произведений, программ для ЭВМ и базы данных, фирменных наименований, коммерческих обозначений, товарных знаков и знаков обслуживания, наименований мест происхождения товаров, доменных имен
5	Охрана ИС путем засекречивания и пресечения недобросовестной конкуренции	Критерии отнесения информации к секретам производства (ноу-хау). Использование секретов производства и критерии их нарушения. Закон РФ «О конкуренции и ограничении монополистической деятельности на товарных рынках»
6	Формы экономического оборота ОИС	Классификация форм введения ОИС в хозяйственный оборот. Использование в собственном производстве. Формирование уставного капитала. Лизинг и франшиза (договор коммерческой концессии). Продажа и передача по лицензионному договору
7	Модели коммерциализации технологий	Модели коммерциализации технологий: любительский, предпринимательский и посреднический подходы. Факторы успеха трансфера технологий
8	Управление процессом передачи прав на ОИС	Классификация лицензионных договоров. Цена лицензии и виды лицензионных платежей
9	Анализ условий лицензирования	Расчет ставок роялти и доли лицензиара в прибыли лицензиата. Расчет основных условий лицензирования. Инжиниринговые контракты

1	2	3
10	Понятие и цели оценки объектов собственности	Цели оценки объектов собственности. Виды стоимости и методы оценки ОИС
11	Доходные методы оценки объектов собственности	Метод анализа дисконтированных денежных доходов. Метод прямой капитализации годового чистого дохода. Метод освобождения от уплаты роялти
12	Затратные методы оценки ОИС	Виды затрат, включаемые в стоимость ОИС. Приведение разновременных затрат к дате оценки ОИС
13	Нематериальные активы в рыночной стоимости компании	Зависимость стоимости компании от соотношения материальных и нематериальных активов и скорости роста НМА. Стоимость НМА с точки зрения владельца, покупателя и кредитора
14	Формирование портфеля ИС	Стратегии правовой охраны результатов исследований и разработок (НИОКР и ТР). Целесообразность патентной охраны
15	ИС на различных стадиях инновационного проекта	Виды информационных исследований, факторы, определяющие принятие управленческого решения о переходе на следующую стадию инновационного проекта. Целесообразность патентования на каждой стадии инновационного проекта
16	Основные направления политики компании в области ИС	ИС в управлении компанией. Слагаемые интеллектуального капитала компании: человеческие ресурсы и результаты интеллектуальной деятельности. Роль интеллектуального капитала в деятельности наукоемких компаний
17	Использование ИС в имуществе компании	Управление ИС компании. Цели и стратегии компании в сфере ИС. Структура подразделения по управлению ИС компании
18	Процедура получения охраны ОИС	Процесс патентования изобретений, полезных моделей и промышленных образцов. Предотвращение потерь коммерчески значимых секретов производства

Таблица 3

Краткое содержание разделов дисциплины «Патентование и лицензионная деятельность»

№	Название раздела	Краткое содержание раздела
1	2	3
1	Понятия результаты интеллектуальной деятельности (РИД) ИС	Имущественные и интеллектуальные права на РИД компании. Процедуры оформления прав на РИД. Классификация объектов ИС. Ценность исключительных прав на РИД
2	Объекты промышленной собственности	Правовая охрана изобретений, полезных моделей, промышленных образцов и условия их патентоспособности. Авторы и патентообладатели. Права и обязанности патентообладателя. Действия, не признаваемые нарушением исключительного права патентообладателя
3	Средства индивидуализации продукции. Охрана ИС за рубежом	Правовая охрана товарных знаков, знаков обслуживания и наименований мест происхождения товара. Мадридское соглашение. Общеизвестные товарные знаки. Охрана ИС за рубежом

Продолжение табл. 3

1	2	3
4	Выявление охраноспособных технических решений в разработках	Объекты изобретений. Классификация признаков для всех видов изобретения. Формы новизны объектов изобретения. Методика выявления изобретений в технической разработке. Способы оценки изобретательского уровня разработок
5	Патентная документация	Понятие патентной документации и ее особенности: уникальность, оперативность, достоверность, универсальность, многоаспектность, упорядоченность. Основные виды патентной документации
6	Международный патентный классификатор	Понятие и виды патентных исследований. Разработка регламента поиска. Поиск и отбор информационных материалов. Оформление результатов патентных исследований
7	Формула изобретения (полезной модели)	Формула изобретения и ее значения. Общие правила составления первого пункта ФИ. Теория эквивалентов к формуле изобретения. Многозвенная формула изобретения
8	Патентные исследования	Понятие и виды патентных исследований. Разработка задачи на проведение патентных исследований. Разработка регламента поиска. Поиск и отбор информационных материалов.
9	Маркетинговые исследования на основе патентной документации	Выявление наиболее значимых показателей (профиля потребности) на основе анализа изобретательской активности. Использование показателя научно-технической значимости изобретения для отбора новых идей
10	Оценка тенденций развития объекта техники и анализ технико-экономических показателей продукции	Определение тенденций развития объекта техники по динамике изобретательской активности. Выбор наиболее перспективного направления при разработке новой продукции. Определение номенклатуры технико-экономических показателей (ТЭП) продукции и тенденций их изменения на базе динамики патентования
11	Оценка стоимости ОИС и НМА компании	Методы оценки ОИС. Метод анализа дисконтированных денежных доходов. Метод прямой капитализации годового чистого дохода. Метод освобождения от уплаты роялти. Виды затрат, включаемые в стоимость ОИС. Приведение разновременных затрат к дате оценки ОИС
12	Экспертиза патентной чистоты новых разработок компании	Информационное обеспечение экспертизы на патентную чистоту. Методика исследования патентной чистоты объектов техники
13	Составление и подача заявок на получение патентов	Заявка на выдачу патента на изобретение. Заявка на выдачу патента на полезную модель. Заявка на выдачу патента на промышленный образец. Определение приоритета
14	Международная заявка по процедуре РСТ и Еврозаявка	Договор о патентной кооперации (РСТ). подача международной заявки. Отчет о международном патентном поиске. Евразийская патентная кооперация. подача и рассмотрение евразийской заявки

Окончание табл. 3

1	2	3
15	Процедура получения охраны объектов промышленной собственности	Передача права на получение патента. Рассмотрение заявки с участием заявителя. Продление сроков представления документов и материалов. Отзыв заявки
16	Экспертиза заявок на патенты к объектам промышленной собственности	Формальная экспертиза заявки на изобретение. Экспертиза заявки на изобретение по существу. Решение о выдаче патента или об отказе в его выдаче. Экспертиза заявок на полезную модель и промышленный образец

Источники

1. Левкин А., Борисов С.Р., Коробец Б.Н. Инженерное образование, бизнес и управление интеллектуальной собственностью // Высшее образование в России. 2015. № 4. С. 91–97.

2. Каратаева.Е.С., Аскарлов Р.Р., Шамсутдинов Э.В. ЦПТИ как элемент системы управления и кадровой подготовки при продвижении на рынок объектов интеллектуальной собственности технических вузов на примере КГЭУ // Формирование и развитие рынка интеллектуальной собственности в регионе: матер. IV конф. и круглых столов. Казань: Академия наук РТ, 2015. С. 66–69.

УДК 378.14

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Иветта Константиновна Будникова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г Казань
ikbudnikova@yandex.ru

Рассматривается инновационно-ориентированная система подготовки инженерных кадров на основе компетенций ФГОС ВО (3++) и среды Moodle.

Ключевые слова: универсальные компетенции, системное и критическое мышление, цифровая образовательная среда.

FEATURES OF FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCE IN ENGINEERING EDUCATION

Ivetta Konstantinovna Budnikova

An innovation-oriented system for training engineering personnel based on the competencies of the GEF VO (3++) and the Moodle environment is considered.

Key words: universal competence, systemic and critical thinking, digital educational environment.

Энергоресурсосбережение является одной из самых серьезных задач XXI века. От результатов решения этой проблемы зависит место нашего общества в ряду развитых в экономическом отношении стран и уровень жизни граждан [1].

Одна из важнейших стратегических задач страны – сократить энергоемкости отечественной экономики на 40 % к 2020 году. Для ее реализации необходимо создание совершенной системы управления энергоэффективностью и энергосбережением.

Любое реформирование требует изменения мировоззрения, выработку нового мышления. Энергосбережение – ключевое слово новой экономической политики страны.

Подготовка квалифицированных специалистов, соответствующих современным требованиям, невозможна при использовании только традиционных технологий и методов обучения. Динамично изменяющиеся условия жизни нашего общества требуют поиска новых путей решения задач, которые ставятся перед высшим образованием [2].

Инновационно-ориентированная система подготовки инженерных кадров для повышения энергоэффективности выдвигает проблемы генерации специализированных образовательных компетенций, которые позволят готовить специалистов, способных реализовать самые амбициозные проекты энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

В 2017 году был запущен приоритетный государственный проект «Современная цифровая образовательная среда в РФ» (СЦОС), нацеленный на повышение доступности и качества образования благодаря использованию современных технологий.

Для цифровой экономики нужны компетентные кадры. А для их подготовки необходимо должным образом модернизировать систему образования и профессиональной подготовки, привести образовательные программы в соответствие с нуждами цифровой экономики, широко внедрять цифровые инструменты учебной деятельности.

Современный студент живет в мире интернета, социальных сетей, блогов, цифрового аудио- и видеоконтента, что дает ему возможность с одной стороны иметь неограниченный доступ к лучшим мировым учебным ресурсам, а с другой позволяет поддерживать коммуникацию с преподавателем в любое время, в любом месте.

Мы все понимаем, что сегодняшние студенты будут работать уже в цифровой экономике. Разработка и внедрение в образовательный процесс смешанного обучения является основой для формирования цифровой среды в образовании.

В ФГОС ВО (3++) отмечается, что при реализации образовательных программ бакалавриата, Организация вправе применять электронное обучение, дистанционные образовательные технологии [3]. Реализация программы бакалавриата с применением исключительно электронного, обучения, дистанционных технологий не допускается.

Система Moodle (модульная объектно-ориентированная динамическая обучающаяся среда) предлагает широкий спектр возможностей для полноценной поддержки процесса обучения, разнообразные способы представления учебного материала, проверки знаний и контроля успеваемости. Таким образом, концепция Moodle не связана с отказом от традиционных форм обучения. Напротив, возможности электронной среды используются дополнительно к уже существующим формам обучения, создавая формат смешанного обучения.

Следует отметить важные особенности создания и функционирования электронных учебных курсов в системе Moodle [4]:

- использование гиперссылок на внутренние и внешние образовательные ресурсы, связанные с изучаемой дисциплиной;
- возможности использования в образовательном процессе цифрового контента (графические, звуковые файлы, видео), позволяющего накапливать и систематизировать огромное количество информации;
- четкое планирование учебного процесса и управление курсом в соответствии с требованиями учебной программы и образовательных стандартов;
- интерактивное взаимодействие пользователей электронного курса с преподавателем, а также друг с другом, что позволяет получать высокое качество обратной связи в процессе обучения.

В ФГОС ВО (3++) по направлениям подготовки, относящимся к области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки» впервые введены категории (группы) универсальных компетенций, такие как: системное и критическое мышление, коммуникация, разработка и реализация проектов, командная работа и лидерство.

Одним из индикаторов достижения указанных компетенций на первом этапе можно предложить использование модуля «Анкета» в системе Moodle.

Модуль «Анкета» обеспечивает три типа анкет для оценивания и стимулирования обучения. Преподаватель может использовать их для сбора данных, которые помогут ему лучше узнать обучающихся и проанализировать как эффективность обучения, так и состояние психологического климата в коллективе.

Рассмотрим несколько типов анкет особенно полезных для оценки интерактивных методов обучения (рис.1).

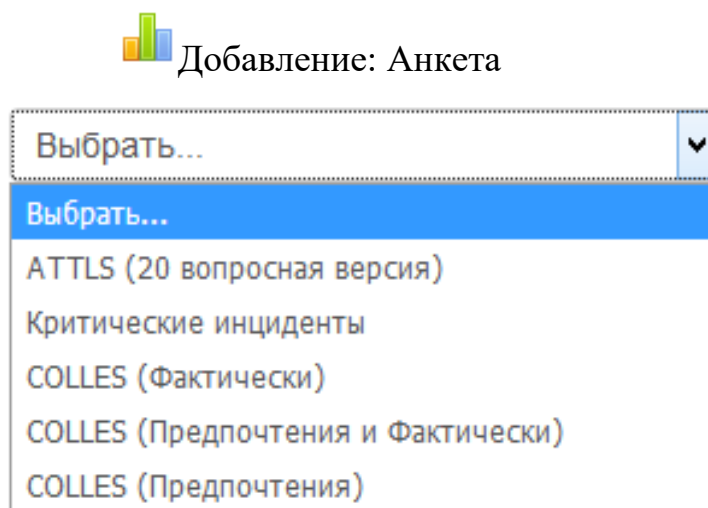


Рис. 1. Окно выбора типа анкеты

АТТЛС (Attitudes to Thinking and Learning Survey) – отношение к размышлению и изучению. Анкета на тему подхода к процессам мышления и обучения, содержит 20 типовых вопросов, на каждый из которых пять вариантов ответа. Цель анкеты – выявление отношения обучающихся к стилю мышления и обучению в курсе.

COLLES (Constructivist On-Line Learning Environment Survey) – анкета на тему интерактивной среды обучения, включает 24 простых утверждения, сгруппированных в шесть разделов, каждый из которых помогает обращаться к ключевому вопросу о качестве интерактивной среды обучения.

Анкета COLLES содержит разделы: релевантность, рефлексивное мышление, интерактивность, поддержка преподавателя, поддержка равных по положению, интерпретация. Раздел «Рефлексивное мышление» составлен из следующих вопросов:

- «Я с критикой отношусь к процессу своего обучения?»;
- «Я с критикой отношусь к своим собственным взглядам?»;
- «Я отношусь критически к взглядам других студентов?»;
- «Я с критикой отношусь к прочитанным мыслям?».

Обобщенные результаты анкетирования, опрошенных по разделу рефлексивное мышление представлены на рис. 2, 3.

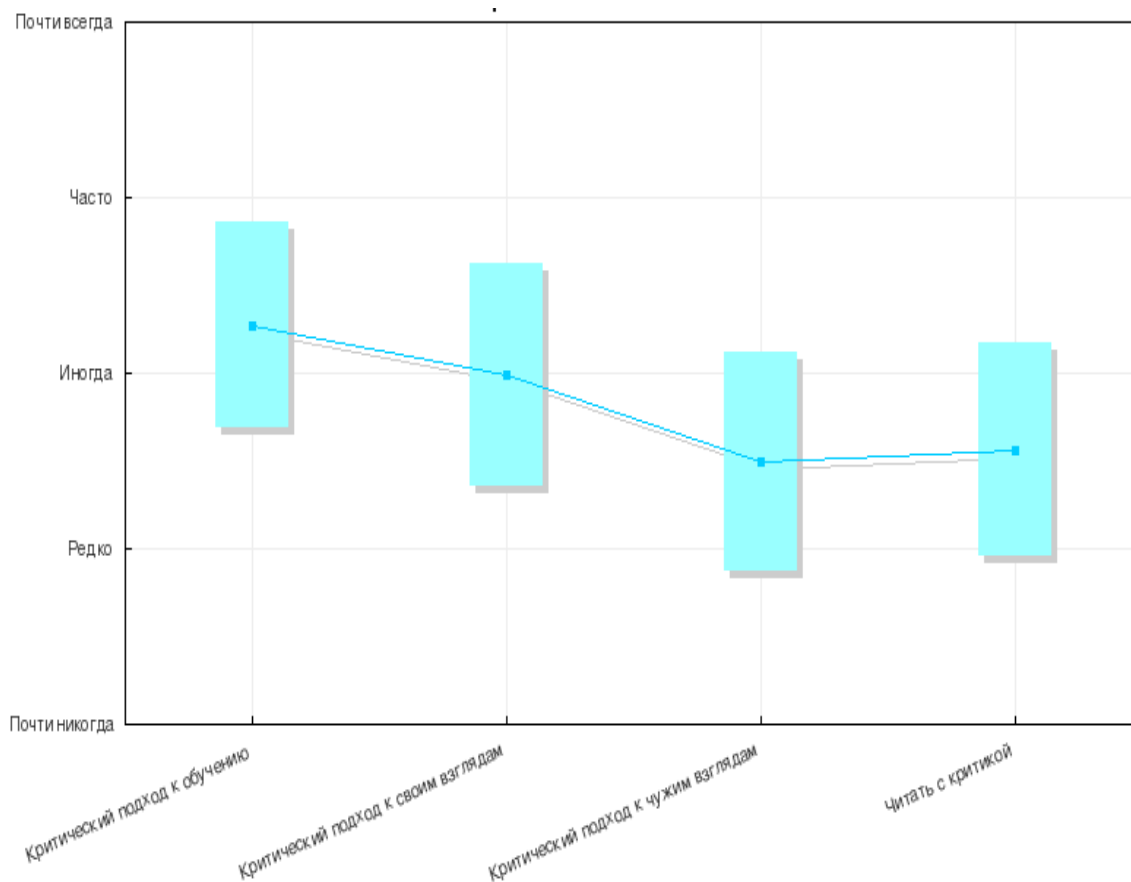


Рис. 2. Рефлексивное мышление

В словарях дается четкое определение: рефлексия это – самоанализ, самооценка, «взгляд внутрь себя». Применительно к учебным занятиям, рефлексия – это этап занятия, в ходе которого обучающиеся самостоятельно оценивают свое состояние, свои эмоции, результаты своей деятельности.

Педагогика понимает рефлексия как самоанализ деятельности и её результатов. Рефлексия помогает сформулировать получаемые результаты, переопределить цели дальнейшей работы, скорректировать свой образовательный путь. Если физические органы чувств для человека являются источником его внешнего опыта, рефлексия – это источник внутреннего опыта, способ самопознания и необходимый инструмент мышления.

На рис. 3 представлена сводная диаграмма ответов респондентов (63 человека) на вопрос «Я с критикой отношусь к процессу своего обучения?» в следующем формате: почти никогда, редко, иногда, часто, почти всегда.

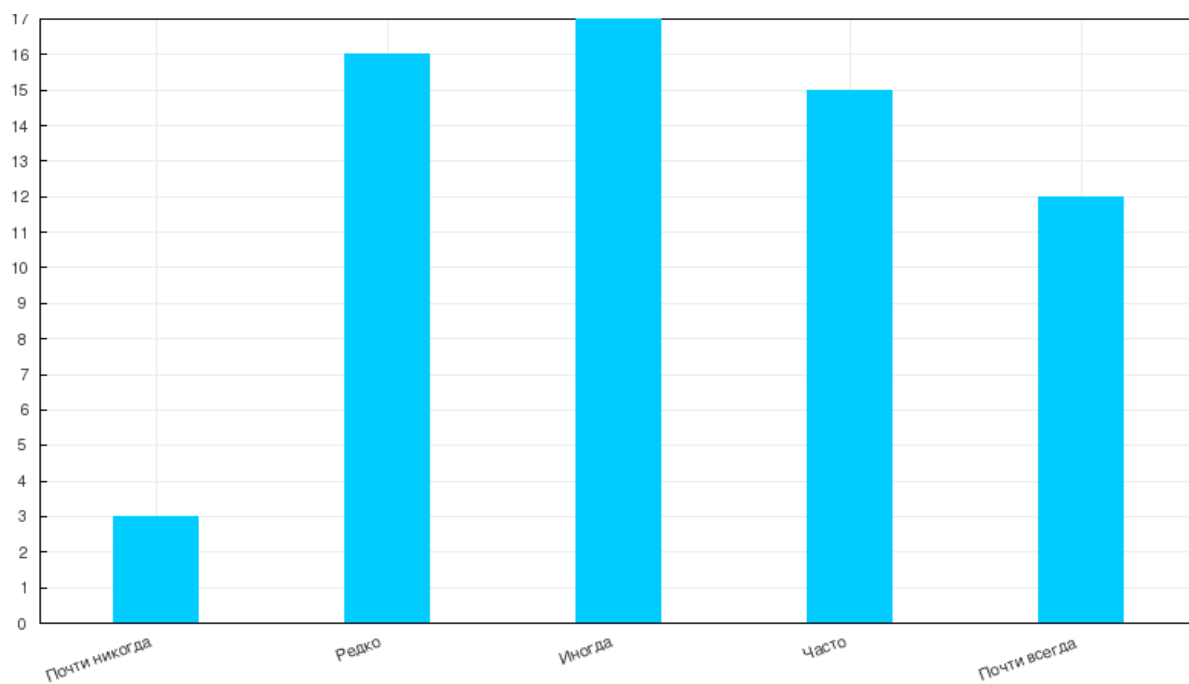


Рис. 3. Ответы на вопрос «Я с критикой отношусь к процессу своего обучения?»

Для чего нужна рефлексия? Современный мир постоянно доказывает, что успешный человек – это тот, кто понимает смысл своих действий, осознанно относится к жизни, обладает способностью эффективно планировать и проектировать. Образовательные стандарты, нормативно-правовые акты разных уровней обращают внимание на необходимость системно-деятельностного подхода в образовании. Этого невозможно добиться без развития рефлексивного взгляда, умения анализировать и оценивать свои действия, достигнутые результаты.

Для высшего технического образования рефлексивное мышление – это важнейшее качество современного инженера, которое должно формироваться последовательно и систематично с самой начальной ступени обучения в вузе.

Источники

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности: федер. закон РФ № 261-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.08.2018) // Законодательство РФ. Сборник основных федеральных законов РФ. URL: <https://fzrf.su/zakon/ob-ehnergoberezhonii-261-fz/st-9.php>.

2. Федеральная программа «Реформирование системы высшего образования в Российской Федерации на период до 2020 года»: утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 27 мая 2012 г. № 352. М., 2012.

3. ФГОС ВО (3++) по направлениям бакалавриата Электро- и теплоэнергетика // Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. URL: <http://fgosvo.ru/fgosvo/151/150/24/13>.

4. Будникова И.К. Интеграция инженерного образования и цифровых технологий // Матер. докл. III Поволжской науч.-практ. конф. Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2017. С. 291–293.

УДК 378.14:004.9

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Юлия Юрьевна Вассунова¹, Надежда Александровна Гарифуллина²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹vassynova.yy@mail.ru, ²sv_nadin@mail.ru

В данной статье рассматриваются особенности внедрения электронно-образовательных ресурсов в инженерное образование, приводится обзор интернет-площадок, позволяющих оптимизировать процесс обучения, расширить возможности подачи учебного материала.

Ключевые слова: инновационные технологии, образовательный процесс, обучение, информационные технологии, интерактивные технологии, электронные ресурсы.

THE POSSIBILITY OF USING ELECTRONIC LEARNING RESOURCES IN ENGINEERING EDUCATION

Yulia Yuryevna Vasunova, Nadezhda Aleksandrovna Garifullina

This article discusses the features of the introduction of electronic educational resources in engineering education, provides an overview of Internet sites, allowing to optimize the learning process, to expand the possibilities of presenting educational material.

Key words: innovative technologies, educational process, training, information technologies, interactive technologies, electronic resources.

Использование передовых и перспективных информационных технологий позволяет повысить эффективность и качество обучения будущих специалистов, подготовить компетентные, мобильные и социально активные кадры, успешно реализующиеся в профессиональной сфере.

При введении инновационных информационных технологий в процесс образования возникают факторы, влияющие на эффективность внедрения. Преподавателям вузов приходится перестраивать дисциплину

таким образом, чтобы возможно было использовать информационные технологии, а это требует от них новых навыков, знаний, постоянного самосовершенствования, помогает оставаться в курсе мировых тенденций не только в сфере образования, но и в сфере информатизации. Следующим фактором, необходимым для внедрения информационных технологий, является наличие современной учебно-лабораторной базы с экспериментальной, методической и информационной поддержкой учебных программ и научных исследований. Учебный процесс с использованием информационных технологий может осуществляться только при наличии доступа к информационным ресурсам в каждой аудитории. В противном случае эффективность применения информационных технологий снижается.

Для решения перечисленных проблем в вузах предлагаются следующие меры: повышение квалификации преподавателей в области информационных технологий; создание в вузах центров информационно-технологических педагогических инноваций; наличие определенной материально-технической базы, а главное, взаимодействие студента и электронного образовательного ресурса (ЭОР). В настоящее время занятия с применением интерактивных технологий, в том числе ЭОР, должны составлять до 40 % учебного процесса. Такие требования указаны в современных ФГОС [1].

ЭОР на данный момент играет важную роль в процессе обучения, позволяет повысить интеллектуальный уровень обучающихся.

В настоящее время студенты нашего вуза уже имеют возможность использования в ЭОР следующих информационных технологий [2]:

а) на лекционных занятиях и семинарах:

- идеоматериалы, демонстрирующие работу электрических схем, устройств и приборов;

- готовые сложные графики, громоздкие таблицы, наглядные пособия, рисунки;

- дистанционные лекции и вебинары;

- видеозаписи готовых лекционных курсов;

б) на практических и лабораторных занятиях:

- автоматизация сложных расчетов при решении задач;

- виртуальное моделирование технически сложных схем, которые невозможно собрать с помощью имеющегося оборудования;

- создание наглядных симуляторов для выполнения лабораторных работ;

- моделирование и расчет параметров объектов энергооборудования с использованием специальных программ.

Возможность просмотра видеолекций позволяет лучше усвоить материал за счет дополнительных возможностей: «поставить на паузу», обдумать, несколько раз повторить сложные для усвоения фрагменты лекции. Демонстрация сложных графиков и наглядных пособий позволяет преподавателю существенно экономить время, а показ видеоматериала – сделать объяснение принципов работы электротехнических устройств максимально наглядным. Промежуточное и итоговое тестирование студентов при помощи компьютерных программ повышает объективность и эффективность проверки знаний. Преподаватель не тратит время на проверку проведенного тестирования и может запустить его удаленно. Проведение лабораторных работ на базе виртуального оборудования дает возможность создавать и изучать аварийные режимы и ситуации без угрозы для реальных объектов. Компьютеризация этапов выполнения дипломной работы существенно облегчает процесс научной разработки, и сокращает время от возникновения новой идеи до внедрения готового изделия.

Использование готовых интернет-ресурсов существенно расширяет границы возможностей образовательного процесса, повышает его динамичность. Так, например, использование площадки *Moodle* (ЭОР на базе КГЭУ) позволяет студентам получать консультации преподавателя из любого доступного для интернета места с помощью чата, форума или блога. Преподаватель, в свою очередь, может наблюдать за ходом усвоения материала, проверять знания, проводя промежуточные и итоговые тестирования, выкладывать в электронной версии своего курса различный материал, давать ссылки и дополнительную информацию, организовывать обучение на основе индивидуального подхода к обучающемуся. На площадке *Moodle* также имеется возможность ограничить доступ для определенного круга студентов по времени или по степени усвоения материала.

Площадка *Moodle* получила широкое применение в инженерном образовании благодаря удобному и понятному для студентов и преподавателей интерфейсу.

Неотъемлемой частью компьютеризированного процесса обучения является оперативное общение преподавателей и студентов. В процессе такого общения студенты могут консультироваться у преподавателей,

обсуждать с ними проекты, решения, оценки. Именно в образовательных ресурсах концентрируется содержательная составляющая учебного процесса.

Применение ЭОР в учебном процессе, по сравнению с традиционным обучением, обладает рядом следующих преимуществ:

- обучающиеся имеют возможность выстраивать индивидуальные образовательные траектории, самостоятельно устанавливать темп обучения;
- между обучающимся и преподавателем появляются варианты взаимодействия в разных организационных формах обучения;
- процесс поиска информации ускоряется, а ее объем увеличивается;
- мотивации изучения дисциплин повышаются.

В наш век инноваций работа с использованием информационных технологий позволяет сделать преподавание дисциплин менее однообразным, более интересным для студентов, которые получают возможность практически неограниченного использования всевозможных ресурсов при самостоятельной работе над заданием.

Электронные учебные материалы принимают на себя обеспечение части тех компонент обучения, которые в стандартном учебном процессе обеспечиваются очным общением преподавателя и студента.

В ЭОР дисциплины можно включить текстовые файлы, мультимедийные материалы, графические изображения, причем представляемая автором ресурса информация может быть скомпонована как из собственных разработок, так и из заимствований из других источников.

Тематический модуль дисциплины можно разделить на несколько этапов: получение информации, выполнение практических или лабораторных заданий, самостоятельная работа и контроль усвоения материала.

Информационный этап может быть представлен в ЭОР по-разному. Это могут быть лекции, дополнительный теоретический материал, презентации и т.д., там же указывается список доступной для студентов литературы с точным указанием страниц.

Этап выполнения практических или лабораторных работ обычно представляет собой индивидуальные задания для студентов, виртуальные лабораторные работы, компьютерные тренажеры, имитационные модели, темы эссе, рефератов, курсовых и типовых работ, которые сопровождаются методическими рекомендациями по их выполнению.

Один из основных этапов – самостоятельная работа студентов (СРС). Внеаудиторная самостоятельная работа студентов относится к информационно-развивающим методам обучения, направленным на самостоятельное овладение знаниями. Основу этого этапа составляет работа студентов с обучающими программами, тестирующими системами, информационными базами данных. Обязательным элементом информационного обеспечения учебного процесса в вузе являются, например, электронно-библиотечные системы, которые представляют собой базу данных, содержащую учебные, учебно-методические, научные, справочные и иные издания. Основой для СРС могут стать также электронные издания, ресурсы сети Интернет – электронные базы данных, каталоги и фонды библиотек, архивов и т. д.

Последний этап – контроль усвоения материала условно можно разделить на два блока: самоконтроль и контроль со стороны преподавателя. Самой распространенной и довольно эффективной формой самоконтроля является тестирование.

Контроль является одной из основных форм организации учебного процесса, поскольку позволяет осуществить проверку результатов учебной деятельности студентов. Контроль со стороны преподавателя осуществляется посредством форумов, чатов и т. д., работа которых и является основным показателем наличия обратной связи составителя ЭОР и обучающегося. Удобно, что в ЭОР контролировать обучающихся можно отдельно на текущий момент обучения, по определенным темам, рубежам, подводя промежуточные и заключительные итоги обучения.

В образовательном процессе используются все возможные формы контроля, дополненные специально разработанными компьютерными программами, позволяющими снять часть нагрузки с преподавателя и усилить эффективность и своевременность контроля.

При описании возможностей интерактивного обучения нельзя обойти вниманием такую разновидность интернет-ресурсов, как МООК (массовые открытые онлайн курсы), получившие сейчас широкое распространение в силу ряда своих положительных особенностей:

- наличие интерактивных форумов между студентом и преподавателем;
- возможность для обучающихся изучать курс синхронно, с помощью вебинаров, и асинхронно – с помощью готовых текстовых файлов и презентаций, в любое удобное время;
- отсутствие оплаты (в большинстве случаев).

При проведении обзора российских проектов онлайн-образования хочется особо выделить особенно перспективные, которые возможно использовать в инженерном образовании (см. таблицу).

Обзор перспективных российских проектов онлайн-образования

Образовательная платформа	Описание
universarium.org	На данной платформе предложены бесплатные курсы, которые выполнены по образовательным стандартам электронного обучения. Предлагаются видеолекции, самостоятельные задания, домашние задания, тесты, итоговая аттестация
univer.tv	На этом электронно-образовательном ресурсе расположено большое количество видеолекций, видеоуроков, образовательных фильмов
intuit.ru	Сайт Национального Открытого Университета, предоставляющий услуги дистанционного образования по образовательным программам. В случае успешного прохождения курсов обучающийся получает соответствующий сертификат
moyuniver.ru	Онлайн-платформа, содержащая базу ответов на вопросы по образовательным программам вузов, тесты для проверки знаний
lektorium.tv	Сайт располагает большой коллекцией видеолекций разных тематик
eclass.cc	На сайте располагается каталог курсов MOOC с разных платформ и позволяет легко ориентироваться в имеющемся многообразии онлайн-курсов
universitetbezgraniz.ru	Сайт позиционирует себя как ориентированный на развитие навыков исследовательской работы. Широко представлен обзор теоретического материала и курсы по прикладным методам исследования
opened.ru	Национальная платформа открытого образования, содержащая большое количество курсов

Все курсы на платформе opened.ru разработаны в соответствии с требованиями ФГОС к дисциплинам. Процедура оценки результатов обучения заслуживает доверия. При успешном прохождении курса и подтверждении усвоения знаний выдается сертификат. У студентов появляется возможность сдать тот или иной предмет дистанционно. Все чаще практикуется следующий интересный подход: студент, получающий традиционное высшее образование, может пройти курс на площадке открытого образования и, получив соответствующий сертификат, перезачесть часть дисциплины или всю дисциплину целиком при полном совпадении программ курсов.

Существующее многообразие подобных площадок открытого образования повышает конкурентоспособность преподавателей и вузов и позволяет студентам в гораздо большем объеме получить интересующую их информацию, объективно оценить уровень своих знаний.

Таким образом, электронные образовательные ресурсы являются одной из самых ценных составляющих образовательной информационной интерактивной среды. Комплексное использование традиционных и электронных средств обучения помогает сформировать целостную образовательную траекторию, что благоприятствует развитию информационных компетенций и способствует формированию конкурентоспособной личности на рынке труда.

Источники

1. Ретивых М.В. Инновационные технологии обучения в вузе: концептуальные основы, педагогические средства, формы и виды // Вестник Брянского государственного университета. 2015. № 1. С. 61–65.

2. Вассунова Ю.Ю., Гарифуллина Н.А. Использование современных информационных технологий в преподавании электротехнических дисциплин // Актуальные вопросы инженерного образования: содержание, технологии, качество. 2018. В 3 т. Т. 2. С. 92–96.

УДК 622.276

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ В ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ MOODLE

Диляра Фаритовна Гайнутдинова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

gaynutdinova2018@bk.ru

Рассматривается подход к совершенствованию управления учебным процессом в вузе с использованием платформы Moodle. Также рассматриваются механизмы управления компетенциями студентов в рамках их самостоятельной работы.

Ключевые слова: управление компетенциями, организационно-технологический механизм, платформа Moodle, самостоятельная работа студентов.

FORMATION OF COMPETENCE IN THE MOODLE INFORMATION AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT

Dilyara Faritovna Gaynutdinova

The paper considers an approach to improving management the educational process at the University, using the Moodle platform. Also mechanisms of management of students competences within their independent work are considered.

Key words: competence management, organizational and technological mechanism, Moodle platform, independent work of students.

Одна из причин снижения заинтересованности студента в достижении учебных целей при освоении дисциплины – отсутствие четко видимой связи между получаемыми знаниями и будущей профессиональной деятельностью – требует управления качеством обучения. Обеспечить визуализацию связей текущей успеваемости студента и возможностями при трудоустройстве способен рейтинг успеваемости и образовательные возможности платформы Moodle. Доступ к образовательному ресурсу открыт любому пользователю постоянно, независимо от времени и места нахождения. Появляются новые образовательные возможности за счет гибкости и доступности ресурса, который будет предоставляться не только очно, но и дистанционно. Обеспечивается формирование субъектной позиции обучающегося, которое определяется его мотивацией, самостоятельностью, социальной активностью, в том числе и в освоении учебного материала. Реализуется персонализированный подход, когда обучающийся анализирует свои образовательные результаты и потребности, результаты и возможности.

Формированию общеучебных компетенций способствуют педагогические возможности: мониторинг учебного процесса; социализация обучающихся (самообразование, самореализация); создание ситуации успешности; реализация системно-деятельностного подхода; адаптивность и персонализация; возможность интенсификации процесса обучения; организация индивидуальной и коллективной деятельности; разноуровневость содержания образовательного ресурса.

Повышение мобильности всех участников образовательного процесса обязательно повлечет за собой востребованность в организации системного подхода к организации создания и использования электронных образовательных ресурсов. В свою очередь эффективность обучения зависит от педагогов, участвующих в этом процессе. Интерактивное оборудование и электронные ресурсы могут использоваться не системно.

Выделяют следующие характеристики модели эффективного обучения: детальное планирование деятельности обучающегося; интерактивность между обучаемым и преподавателем; наличие эффективной обратной связи. Качество обучения студентов на всех его этапах определяется уровнем сформированности компетенций.

Управление компетенциями – формирование у студентов установленных в образовательных стандартах профессиональных и общекультурных компетенций, контроль их приобретения и реализация

необходимой обратной связи по результатам этого контроля. Процесс формирования и контроля компетенций реализуется в рамках информационно-образовательной среды на платформе Moodle. Данная среда позволяет обеспечить не только взаимодействие студентов и преподавателей, но и, главное, поддержка такого важнейшего элемента образовательного процесса, как самостоятельная работа студентов (СРС), на которую по нормативным документам отводится до 50–70 % времени студентов в зависимости от форм обучения. Механизм управления компетенциями предполагает использование инструментария платформы Moodle. Механизм формирования ключевых компетенций – блок СРС с электронными образовательными ресурсами (ЭОР), и в частности с электронными оценочными средствами. Поскольку функции формирования и контроля компетенций неразрывно связаны, электронные оценочные средства должны быть тесно интегрированы с обучающимися ресурсами.

Если по результатам СРС с ЭОР набранные баллы отличаются от порогового результата, то рекомендуется повторное изучение ЭОР или корректируется содержание ЭОР. Внутренний контур управления осуществляется автоматически, но предусматривает корректирующие действия преподавателя, которые могут заключаться как в рекомендациях студентам как повторное изучение учебного материала, так и преподавателям для совершенствования электронного контента. На кафедре «химия» КГЭУ разработаны и используются образовательные ресурсы на площадке Moodle (<http://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=167>, <http://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=2181>).

УДК 378.1

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Халида Вазыховна Гибадуллина

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
gibadullinakhalida@rambler.ru

В статье рассматриваются актуальные вопросы химического образования бакалавров направления подготовки «Техносферная безопасность».

Ключевые слова: контроль результатов обучения, профессиональная деятельность, методика обучения, качество знаний.

THE MAIN ASPECTS OF CHEMICAL EDUCATION IN A TECHNICAL COLLEGE

Khalida Vazikhovna Gibadullina

The article deals with topical issues of chemical education for bachelors of the «Technosphere safety» training area.

Key words: control of learning outcomes, professional activity, teaching methods, quality of knowledge.

В ситуации модернизации высшего образования очевидной является мысль о том, что выпускник высшего учебного заведения должен быть готов не только реализовать на практике усвоенный набор знаний и умений, но и продолжать обогащать себя информацией, а также вырабатывать самому новые знания и способы деятельности, которые необходимы для адекватного поведения в ходе профессиональной деятельности.

Область профессиональной деятельности выпускников направления подготовки «Техносферная безопасность» включает обеспечение безопасности самого человека и минимизацию техногенного воздействия на живую природу и окружающую среду в целом. Именно знания в области химии являются частью фундамента, на котором формируются профессиональные компетенции выпускников, поскольку объектами их деятельности являются опасные технологические процессы и производства. По роду своей деятельности специалистам в области инженерной защиты и охраны труда приходится идентифицировать источники опасностей в окружающей среде и на производственных объектах, в том числе и источники антропогенных химических веществ [1].

Резкое сокращение объема содержания химических дисциплин и количества времени, отводимого на их изучение, негативно сказывается на понимании студентами сущности химических процессов и последствий воздействия химических веществ на человека и среду обитания.

Многие трудности, испытываемые студентами в процессе обучения, связаны не с отсутствием мотивации к обучению, а с дефектами базового школьного образования. Химическое мышление современного первокурсника сильно страдает от формализма. Формализм проявляется при использовании химического языка: в оперировании знаками, без проникновения в сущность химического явления, в написании бессмысленных формул и уравнений, в составлении уравнений несуществующих процессов.

В повседневной жизни люди контактируют с химическими веществами, подвергая их, часто неосознанно, различным химическим и физико-химическим превращениям. Однако при работе с теми же веществами в лаборатории студенты проявляют излишнюю осторожность, что существенно затрудняет образовательный процесс.

Выбор эффективной методики обучения, основанной на рациональном отборе содержания учебного материала и его структурировании, позволяет предотвратить формализацию знаний. При этом ведущее место отводится химическому эксперименту как важнейшему методу познания свойств веществ [2]. Химический эксперимент педагогически многофункционален, ему принадлежит ведущее место в системе средств химической наглядности. В учебном познании он является как объектом познания, так и методом овладения научными знаниями [3]. Именно в ходе экспериментальной работы формируются навыки безопасного обращения с веществами.

Диагностика качества знаний – важный этап в процессе обучения. В современной педагогической литературе определены следующие «общедидактические принципы методики контроля: планомерность, доступность, систематичность, объективность, экономичность, наглядность и гласность результатов» [4]. На основании результатов диагностики обученности и обучаемости, их сопоставления с мотивацией можно строить дифференцированное обучение.

Использование в процессе обучения дистанционных курсов «Химия» позволяет обеспечить постоянный мониторинг образовательной деятельности студентов. Наличие заданий с обратной связью преподаватель – студент дает возможность не только своевременно корректировать самостоятельную работу учебной группы (потока), но и обеспечивает индивидуальный подход к каждому студенту.

Как показывает педагогический опыт, преподаватель при анализе результатов аттестации студентов начинает рефлексировать: чему учить? Как выстроить учебный процесс, чтобы содержание обучения в сознании обучающихся преобразовалось в профессиональный опыт? Как спрогнозировать успешность обучения?

В последние годы стало нормой контролировать уровень сформированности знаний, умений и навыков у студентов, проводя тестирование.

Тестирование рассматривается как одна из наиболее технологичных форм проведения контроля с управляемыми параметрами качества. Важной особенностью тестирования является возможность организации массовых процедур оценивания результатов обучения [4, 5].

Следует подчеркнуть, что тестовые задания контролируют формальную полноту удерживаемой информации, а не осмысленное применение знаний [5]. По результатам такого контроля в число успевающих студентов попадают не только те, кто глубоко усвоил научное знание как основу своей будущей профессиональной деятельности, но и те, кто овладел лишь некоторыми приемами применения знаний и умений в простейших ситуациях. Сложные познавательные процессы не могут быть втиснуты в границы контроля в тестовой форме.

Не могут изменить подобную ситуацию и компьютерные тренажеры. Реальный опыт работы с химическими веществами невозможно приобрести, проводя лишь имитацию экспериментальной работы. Виртуальный эксперимент не требует строгого соблюдения правил техники безопасности, а перечень необходимого оборудования, химической посуды и реактивов заранее подобран, последовательность выполняемых операций также predeterminedлена авторами компьютерной программы.

Науки (математика, физика, химия, история, философия и др.) отличаются способами мышления, поэтому особенности протекания мыслительных процессов при изучении химии и достигнутый результат обучения нуждаются в комбинированной форме контроля.

Целесообразно включать тестовые задания в промежуточный контроль знаний в ходе отдельных занятий. На протяжении всего периода обучения химии необходимо использовать систему средств диагностики, включающую средства диагностики: базовых интеллектуальных операций с помощью стандартных психологических инструментов. Эффективно применение специально составленных заданий, формирующих и контролируемых навыки свободного оперирования знаниями в разных условиях.

Химические задачи с профессионально ориентированным содержанием способствуют формированию специальных знаний и умений студентов, более глубокому пониманию ими существа профессиональных проблем. Химическая задача – объект мыслительной деятельности, в котором в диалектическом единстве представлены составные элементы (условие и требование), раскрытие отношений между которыми на основе законов и методов химии приводит к познавательному результату [3].

Практическая направленность содержания задач способствует возникновению убежденности в необходимости их решения, а также развитию у студентов приемов умственной деятельности, таких как анализ, синтез, сравнение, обобщение, установление причинно-следственных связей, научное прогнозирование, то есть логических операций, необходимых для выбора целесообразного решения [6].

По содержанию проблем можно выделить задачи, в условиях которых подчеркивается двойственная роль достижений технического прогресса, несовершенство механизмов и производств, которые призваны служить человеку, но при нерациональном использовании нарушают экологический баланс в природе, приводят к излишним энерго- и ресурсозатратам. Особый интерес у студентов вызывают задачи, затрагивающие экологические проблемы регионов России.

Процесс решения химической задачи состоит из трех частей: аналитической, основной и учебно-познавательной.

Аналитическая часть содержит этапы: логический анализ, построение знаково-символической модели задачи в виде схематической записи.

Этапы основной части процесса решения: поиск способа решения, то есть запись химических уравнений и формул, нахождение общих положений химических теорий, на основе которых может быть решена задача; осуществление способа решения; химическая интерпретация полученного решения и его проверка (содержательная и по размерности), формулирование ответа задачи.

Полноценный результат обучения достигается при условии применения знаний в ходе решения практических задач. При таком подходе решение задач выступает и как цель, и как средство обучения.

Для формирования творческих качеств личности, таких как самостоятельность, независимость суждений, критичность, системность мышления, необходимо с первого курса приобщать студентов к учебно-исследовательской работе.

Результат учебно-исследовательской работы во многом определяется условиями ее осуществления, которые должны соответствовать общедидактическим принципам: ситуативность заданий, доступность обучения, системность и последовательность, наглядность, научность [7, 8].

Ситуативность исследовательских заданий связывает процесс обучения с практикой. Данное положение реализуется, если условие задания формулируется не только в форме побуждения к действию, а главным образом в виде проблемной ситуации, позволяющей осознать личную и общественную значимость выполняемой работы. Прикладной характер заданий также способствует формированию у студентов познавательного интереса к работе.

Доступность обучения обеспечивается соответствием характера заданий уровню подготовки студентов и их индивидуальным возможностям.

Системность и последовательность – принципы, которые предполагают разработку целого комплекса взаимосвязанных исследовательских заданий. Прочность приобретенных знаний и формируемых в ходе выполнения исследования умений достигается преемственностью выполнения различных заданий, что способствует закреплению и расширению сформированного ранее опыта учебно-исследовательской деятельности.

Научность работы при выполнении прикладных проектов реализуется через соответствие формируемых знаний и умений современному уровню развития науки.

Наглядность в процессе обучения может быть обеспечена при постоянном вовлечении студентов в самостоятельное осуществление химического эксперимента.

Рациональное сочетание коллективных и индивидуальных форм работы способствует развитию личной ответственности за конечный результат исследования.

В заключении хочется отметить, что глубокие и всесторонние знания в области химии способствуют успешному решению профессиональных задач бакалавров в сфере инженерной защиты окружающей среды и безопасности труда. Дисциплина «Химия» формирует практические умения и навыки исследовательской деятельности, необходимые для правильной оценки и нормирования опасностей и рисков, которые возникают в результате хозяйственной деятельности человека и антропогенного воздействия на окружающую среду. Применение заданий интеллектуального характера дает возможность обучать активным методам мышления и способам поисковой деятельности, которые позволят выпускникам адаптироваться и ориентироваться в любой профессиональной области.

Комплекс диагностических мероприятий позволяет судить о ходе овладения знаниями, навыками, практическим опытом и умениями студентами на различных этапах обучения, а также сравнивать эффективность применяемых методов и средств учебного процесса. На основе данных мониторинга успеваемости студентов осуществляется процесс управления обучением.

Источники

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность (уровень бакалавриата)»: утв. приказом Минобрнауки РФ от 21 марта 2016 г. № 246.
2. Гибадуллина Х.В. Организация лабораторных занятий по дисциплине «Химия» // Развитие образования, педагогики и психологии в современном мире: сб. тр. межд. науч.-практ. конф. Воронеж, 2017. С. 46–49.
3. Пак М.С. Дидактика химии: учебн. пособие для студ. высш. учебн. заведений. М.: ВЛАДОС, 2004. 315 с.
4. Минин М.Г., Михайлова Н.С., Жидкова Е.В. Контроль качества знаний в образовании: монография. Томск: Изд-во ТПУ, 2011. 229 с.
5. Михайлова Н.С., Муратова Е.А., Минин М.Г. Совершенствование контроля результатов обучения в техническом вузе // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина». 2009. № 37. С. 143–147.
6. Гибадуллина Х.В. Химические задачи с профессионально ориентированным содержанием // Педагогика и психология: научные приоритеты ученых: сб. тр. межд. науч.-практ. конф. Пермь, 2017. С. 20–22.
7. Гороховская В.И. Учебно-исследовательская работа в практикуме по инструментальным методам анализа. Казань: Изд-во КХТИ, 1983. 28 с.
8. Творчество учащихся на практических занятиях по химии / П.А. Оржековский [и др.]. М.: АРКТИ, 1999. 152 с.

УДК:372.862

К ВОПРОСУ О РОЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЧЕРЕЗ ПЕРЕРАБОТКУ ОТХОДОВ ЖКХ

Илона Анатольевна Дружинина¹, Марина Викторовна Ананьева²,
Тимур Сергеевич Жуков³, Лиана Дмитриевна Огнева⁴

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

^{1,2,3,4}IADruzhinina@kai.ru

Важной задачей сегодняшнего дня является оценка экологического состояния и демонстрация возможных последствий загрязнения территории ЖКХ, поиск путей улучшения экологической ситуации в решении задач инженерной защиты окружающей среды. В исследовании раскрываются вариативные и инвариативные компоненты содержания экологической обстановки в посёлке Айша Республики Татарстан. Авторами проведены эмпирические исследования, сделаны теоретические выводы, отмечены направления работы, способствующие повышению экологической культуры и возможности внедрения технологий переработки и утилизации шинных отходов в широкую экологическую практику не только в одном посёлке, но и в целом ЖКХ.

Предложена технологическая схема переработки отработанных шин с разрушением резинокордной системы на составляющие.

Ключевые слова: отходы, сбор, утилизация, экологическое сознание, экологическая культура, дробление, отработанные шины, роторная дробилка.

TO THE QUESTION OF THE ROLE OF FORMATION ECOLOGICAL CULTURE IN SOLVING PROBLEMS OF ENGINEERING PROTECTION OF THE ENVIRONMENT THROUGH THE PROCESSING OF WASTE UTILITIES

Ilova Anatolievna Druzhinina, Marina Viktorovna Ananeva,
Timur Sergeevich Zhukov, Liana Dmitrievna Ogneva

An important task of today is the assessment of the ecological state and the demonstration of the possible consequences of pollution of the territory of the housing and communal services, the search for ways to improve the ecological situation in solving the problems of engineering protection of the environment.

The study reveals the variable and invariant components of the content of the ecological situation in the village of Aisha of the Republic of Tatarstan. The authors carried out empirical studies, made theoretical conclusions, noted areas of work that contribute to the improvement of environmental culture and the possibility of introducing technologies for processing and recycling tire waste into a wide environmental practice not only in one village, but also in general utilities.

A flow chart for recycling waste tires with the destruction of the rubber-cord system into components is proposed.

Key words: waste, collection, disposal, environmental awareness, ecological culture, crushing, used tires, rotary draw bills.

На сегодняшний день вопросы экологической ситуации ставятся на мировом и Российском уровнях. Например, на состоявшемся заседании межведомственной комиссии Совета по экологической безопасности РФ были предусмотрены меры по ликвидации накопленного вреда окружающей среде [1–3].

Объект исследования: вариативные и инвариативные компоненты содержания экологической обстановки в посёлке Айша РТ. Проведённые эмпирические исследования повышают экологическую культуру, теоретические выводы работы и пример переработки изношенных шин создают возможности внедрения работы в широкую экологическую практику не только в одном посёлке, но и в целом ЖКХ Республики Татарстан.

С целью изучения мнения жителей о воздействии твердых бытовых отходов на экологическую обстановку поселка и мерах по улучшению экологического села авторами был проведён социологический опрос, в котором участвовали 280 человек в возрасте от 12 до 60 лет разных

социальных категорий – от учащихся до домохозяек, с последующим подсчётом результатов и анализом полученных данных. Согласно проведённому социологическому опросу было выяснено, что большинству жителей небезразличен эстетический облик села – 82 %. Большинство респондентов отметили, что в селе много замусоренных мест: на улицах (территории не заселённых и разрушенных домов), площади при торговых точках, зоны отдыха (берега местного пруда), территория вокруг поселка, приусадебные участки (огороды для посадки картофеля), канавы у дорог.

Выяснилось, что 100 % опрошенных занимаются благоустройством поселка, улучшая внешний вид своих дворов и приусадебных участков.

83 % респондентов считают, что главными, кто наносит вред экологии поселка, являются взрослые и только 10 % – дети. 30 % не бросят обёртку от конфеты или банку от напитка в том месте, где находятся. Но 70 % из числа опрошенных не обратят внимание, что бросили фантик.

В результате соцопроса было выявлено, что состояние окружающей среды беспокоит всех жителей села, не все считают территорию села экологически чистой. Население особенно волнуют следующие экологические проблемы: загрязнение реки, антисанитарное состояние села (мусор, свалки). Большинство семей считает, что ответственность за качество окружающей среды должны нести прежде всего сами жители, предлагают проводить больше мероприятий, направленных на охрану окружающей среды в селе.

В результате исследования экологии поселка было выяснено, что в западной части, в 1 500 м от поселка, администрацией сельского совета отведено место для «официального» полигона ТБО. Но кучи мусора разбросаны далеко за пределами «официального места». Ещё хуже обстоит дело с мусором на территории самого поселения. Среди ТБО преобладают крайне медленно разлагающиеся резиновые шины, пластмассы, стекло.

Инженерная защита окружающей среды, направленная на предотвращение загрязнения окружающей среды отходами, является важнейшей проблемой наряду с инженерной защитой гидросферы и атмосферы [4–10]. Отсутствие организованного сбора усложняет проблему утилизации такого вида отходов, как отработанные шины. Организованные и неорганизованные свалки – место накопления большинства отработанных шин. Шины обладают высокой пожароопасностью,

а продуктами их неконтролируемого сжигания являются такие токсиканты, как бифенил, антрацен, бензпирен и т. д. Между тем отработанные шины представляют собой вторичное сырье.

Технологии по переработке и утилизации отходов резины и изношенных автомобильных шин предполагают измельчение шин с целью получения резиновой крошки и порошка.

Из каучуков наиболее массовыми в применении являются: покрышки и камеры для колес самолетов, автомобилей, велосипедов и т. д.

В настоящее время химическая промышленность наряду с бутадиеновым каучуком производит много различных видов синтетических каучуков, превосходящих по некоторым свойствам натуральный каучук, например бутадиен-стирольный, бутадиен-нитрильный, винилпиридиновый, полиизопреновый, кремнийорганический или силоксановый каучук, полиуретановый, фторсодержащий, хлоропреновые каучуки. Существует и неорганический синтетический каучук – полифосфонитрилхлорид.

Многообразие видов твердых отходов, значительное различие состава одноименных отходов усложняет задачи их утилизации. В то же время различные технологии восстановления твердых отходов в своей основе базируются на методах, совокупность которых обеспечивает возможность утилизации вторичных материальных ресурсов или их переработки в полезные продукты.

На основе анализа научно-технической литературы [4–7] предложена технологическая схема переработки изношенных шин (рис. 1). Резина в бункере-накопителе 1 подается посредством порционного конвейера 2 и поступает в измельчитель 3, в котором происходит дробление кусков шины на отдельные фрагменты размером до 50 см. После этого резина отправляется по ленточному конвейеру 6 в камеру охлаждения жидким азотом 4. В хрупком состоянии она легко подвергается дроблению. Через ленточный конвейер 6 отходы попадают в роторную дробилку 5, где происходит дробление кусков шины на отдельные фрагменты размером от 5 до 2 см с разрушением резинокордной системы на составляющие.

Для разделения металлического корда и резиновой крошки, смесь перемещается ленточным конвейером 6 в электромагнитный сепаратор 7, из бункеров накопителей 8 и 9 отходы отправляются на утилизацию.

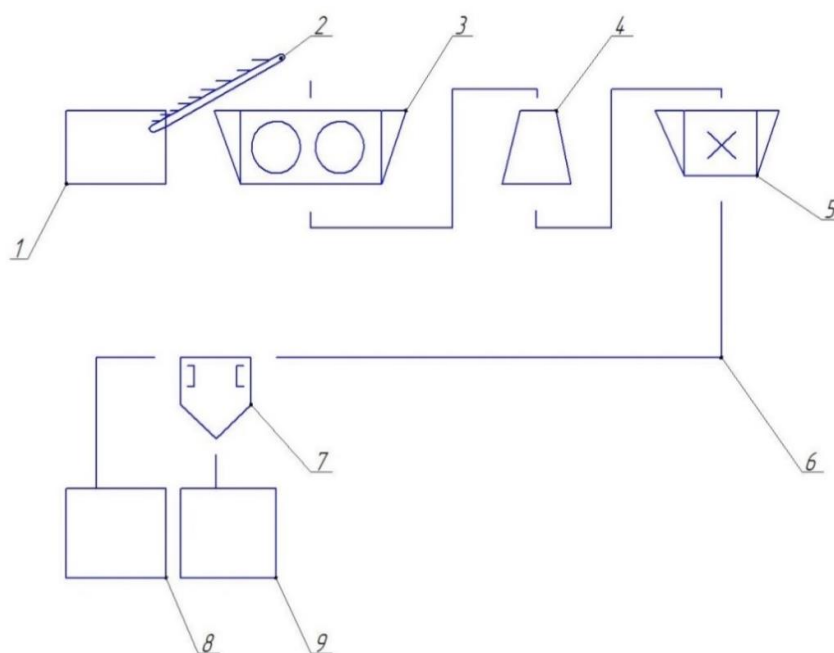


Рис. 1. Технологическая схема переработки изношенных шин: 1 – склад или бункер накопитель; 2 – порционный конвейер; 3 – измельчитель (для предварительного измельчения и подготовки резины до размеров 50 см); 4 – охлаждающая камера; 5 – роторная дробилка; 6 – ленточный транспортер; 7 – электромагнитный сепаратор; 8 – бункер накопитель металлической части отходов; 9 – бункер накопитель неметаллической части отходов

Работа дробилки основана на принципе разрушения ударными нагрузками. Вращающийся с большой скоростью ротор с билами, жестко закрепленными на его внешней поверхности, размещены в коробчатом корпусе роторной дробилки. Вращение ротору сообщаются от электродвигателя через клиноременную передачу.

Внутри корпуса подвешены отражательные плиты, нижняя часть которых опирается на пружинно-регулирующее устройство, позволяющее регулировать ширину выходной щели. Дробление материала осуществляется в результате удара по нему бил и удара кусков об отражательные плиты, благодаря чему достигается высокая степень дробления.

Согласно методике расчета роторной дробилки, критический размер куска дробимого материала, определяется по формуле:

$$d_{кр} = \frac{230 \cdot 10^{-5} \sigma_p}{\rho_o v_p^{1,5}}, \quad (1)$$

где σ_p – предел прочности материала при дроблении, Па; ρ_o – объемная насыпная плотность дробимого материала, кг/м³; v_p – скорость удара, принимаемая равной окружной скорости ротора, м/с.

Скорость удара била, обеспечивающая получение куска размером, равным критическому, называется критической скоростью $v_{кр}$, и для обеспечения значений σ_p и ρ_o исходного материала и заданной крупности продукта дробления d из выражения (1) будем иметь:

$$v_{кр} = 1,75 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{\sigma_p}{\rho_o d}\right)^2}. \quad (2)$$

Производительность Q , м³/с, дробилки определяется формулой:

$$Q = 480 \cdot \frac{L_p D_p^{1,5} k_\beta}{v_p^{0,35} z^{0,5}}, \quad (3)$$

где k_β – коэффициент, зависящий от положения отражательной плиты при работе дробилки.

Мощность электродвигателя привода дробилки, потребляемую электродвигателем, можно получить по формуле:

$$N = 9 D_p^2 L_p n. \quad (4)$$

Крупность готового продукта контролируется шириной выходной щели b , которая для дробилок среднего и мелкого дробления равна:

$$b = 2d_{\max} - d_{кр}, \quad (5)$$

где d_{\max} – максимальная крупность готового продукта, м.

Согласно расчетам при пределе прочности натурального каучука $\sigma_p = 30 \cdot 10^6$ Па, объемной плотности каучука $\rho_o = 910$ кг/м³, окружной скорости ротора 50 м/с критический размер кусков дробимого материала равен 0,003 м.

Производительность дробилки с параметрами ротора: $D_p = 1250$ мм, $L_p = 1000$ мм, числом рядов $z = 3$, $k_\beta = 1,3$ (дробилка работает с опущенной плитой) равна 182,25 м³/ч. Установочная мощность привода дробилки равна 71,58 кВт.

Резиновая крошка используется в качестве добавки (5...20 %) в резиновые смеси для изготовления новых резинотехнических изделий (автопокрышек, шин, резиновой обуви); для изготовления композиционных кровельных материалов, гидроизоляционных материалов;

в качестве добавки для модификации нефтяного битума в асфальтобетонных смесях; в качестве сорбента для сбора сырой нефти и жидких нефтепродуктов с поверхности воды и почвы; для тампонирувания нефтяных скважин; гидроизоляции зеленых пластов; спортивных площадок с удобным и безопасным покрытием; животноводческих помещений и т. д.

Проанализировав ситуацию, мы пришли к выводу, что подлинная причина ухудшения экологической обстановки кроется в сознании человека. Только воспитав экологическую культуру, мы сможем изменить ситуацию в лучшую сторону.

Экологические проблемы, выявленные на примере небольшого поселка, являются такими же актуальными и для ЖКХ больших городов всей страны, поэтому решая поставленные исследовательские задачи, мы улучшим экологическую ситуацию в городах и сельских поселениях России.

Источники

1. Фридман В.С. Глобальный экологический кризис. По материалам курса лекций «Охрана природы: Биологические основы, имитационные модели, социальные приложения». М: ЛЕНАНД, 2017. 448 с.

2. Шарапов А.Р., Гилязова А.А., Кадеева З.К. Совершенствование процессов организации управления твердыми бытовыми отходами // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 4. С. 308–313.

3. Выбор и обоснование рациональной очистки сточных вод производств синтетических полимеров и пластических масс / И.Х. Мингазетдинов [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 14. С. 131–133.

4. Стабилизатор полиолефинов фенолят никеля как вторичное сырье, получаемое при очистке гальванических стоков сернисто-щелочным отходом производства моторных масел / Н.В. Кремлева [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, № 3. С. 101–103.

5. Проектирование рациональной системы вентиляции для очистки воздуха производственных помещений от полимерной пыли / И.Х. Мингазетдинов [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 1, № 5. С. 194–197.

6. Кулаков А.А., Мальцева С.А. К вопросу о механизме осаждения ионов меди (II) в процессе гальванокоагуляционной очистки медьсодержащих сточных вод // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19, № 21. С. 17–21.

7. Анализ существующих способов утилизации и переработки отходов полимеров / Э.В. Гоголь [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 10. С. 163–169.

8. Устройство для измельчения отходов полимеров / Э.В. Гоголь [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 10. С. 223–226.

9. Хроматографический анализ с использованием полидивинилбензола на содержание анионов в питьевой воде / Ю.А. Тунакова [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16, № 1. С. 54–56.

10. Мальцева С.А., Сарыев И.К. Выбор технологической схемы переработки изношенных шин // Химия и инженерная экология: Междунар. науч. конф: сб. ст. Казань, 2016. С. 69–74.

УДК 377

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ УЧАСТНИКОВ КОНКУРСА WORLDSKILLS INTERNATIONAL ПО ЮВЕЛИРНОМУ ДЕЛУ

Татьяна Геннадьевна Забелина¹, Григорий Ушеревич Матушанский²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹²murderdolls2@mail.ru

В статье проводится сравнительный анализ стандартов спецификации Worldskills по ювелирному делу и профессиональных компетенций Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования в сфере декоративно-прикладного искусства и народных промыслов. На основании выявленных несоответствий указанных стандартов спецификации и профессиональных компетенций представлена программа дополнительной подготовки студентов Казанского техникума народных художественных промыслов по специальности «Декоративно-прикладное искусство и народные промыслы» для участия в конкурсе мастерства Worldskills.

Ключевые слова: профессиональная компетенция, стандарт спецификации, программа подготовки, образовательный стандарт, Worldskills.

IMPLEMENTATION OF A PROGRAMME OF ADDITIONAL TRAINING FOR PARTICIPATORS IN THE COMPETITION WORLDSKILLS INTERNATIONAL JEWELRY

Tatyana Gennadievna Zabelina, Gregory Usherovich Matushansky

The article presents a comparative analysis of The WorldSkills specification standards for jewelry and professional competencies of the Federal state educational standard of secondary vocational education in the field of “arts and crafts”. Based on the inconsistencies of the standards specifications and professional competencies presented a programme of additional training of students of the Kazan College of folk arts and crafts specialty “decorative and applied arts and folk crafts” to participate in the skill competition of Worldskills.

Key words: professional competence, the standard, the training programme, educational standard, Worldskills.

В предыдущих исследованиях, посвященных анализу структуры общих и профессиональных компетенций (ОК и ПК) Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (ФГОС СПО), была выработана обобщенная классификация уровней освоения компетенций: 1 – распознавание; 2 – воспроизведение; 3 – применение по известному алгоритму; 4 – применение в отсутствие алгоритма; 5 – производство нового знания. Эти уровни были обозначены буквами А, В, С, D, Е. Взяв за основание признаки проявления профессиональных компетенций среднего профессионального образования и сопоставив каждому признаку итоговый уровень освоения, проводился количественный подсчет проявления уровней [1].

Нами были получены следующие результаты: в общих компетенциях ведущими являются умения действовать как по известному алгоритму, так и в его отсутствие. Что касается профессиональных компетенций, то ведущими являются знания (уровень А и В), которые тесно связаны с будущей профессиональной деятельностью. Также на основании набора профессиональных компетенций (уровень С) выпускник должен быть готов к поиску нового актуального знания, его распространению, осознанию общественной значимости своей деятельности, готовности к ней в динамично изменяющихся экономических условиях (уровень Е) [1].

В профессиональных компетенциях по направлению «Декоративно-прикладное искусство и народные промыслы» были выделены признаки проявления, которые необходимы как для использования в учебном процессе при подготовке студентов СПО, так и те знания, умения и навыки

(ЗУН), которые могут быть использованы при подготовке студентов к конкурсу рабочего мастерства Worldskills [2]. В структуру чемпионата WorldSkills входят 45 профессиональных компетенций, разделенных на шесть магистральных направлений, в том числе «Ювелирное дело» [3].

«Стандарты спецификации Worldskills» определяют знания, понимание и навыки, которые лежат в основе наилучшего международного опыта в техническом и профессиональном плане. Стандарты спецификации по направлению «Ювелирное дело» содержат 7 групп компетенций, которые направлены на подготовку участников к конкурсу [4].

Опираясь на два предыдущих исследования, нами был проведен анализ составляющих групп компетенций, и каждому признаку проявления присвоен итоговый уровень освоения. На основании сравнительного анализа были выявлены следующие стандарты спецификации, которые не соответствуют по своему содержанию профессиональным компетенциям [5].

По результатам анализа разработана программа дополнительной подготовки студентов Казанского техникума народных художественных промыслов по специальности «Декоративно-прикладное искусство и народные промыслы» для участия в конкурсе «Worldskills». В программе представлены результаты сравнительного анализа стандартов спецификации по ювелирному делу и профессиональных компетенций ФГОС СПО по специальности «Декоративно-прикладное искусство и народные промыслы». Не совпадающие по своему содержанию стандарты спецификации и профессиональные компетенции сформированы в учебные дисциплины, представленные в таблице [6].

Для того чтобы проследить, насколько участники программы продвинулись вперед, нами были разработаны тестовые задания для входного контроля по каждой дисциплине, представленной в таблице. При входном контроле с помощью педагогических тестов надо ответить на вопрос – насколько обучаемые владеют базовыми знаниями, умениями и навыками, чтобы успешно освоить новый материал, а также определить степень владения новым материалом до начала его изучения. Проведение входного тестирования позволит выяснить уровень знаний, умений и навыков по всем указанным в таблице дисциплинам участников конкурса Worldskills International.

Программа дополнительной подготовки участников конкурса
Worldskills International по ювелирному делу

№ п/п	Наименование циклов, дисциплин, профессиональных модулей, МДК, практик	Формы промежуточной аттестации	Учебная нагрузка обучающихся				Распределение учебной нагрузки по неделям
			Общая трудоемкость	Теория	Практика	Самостоятельная работа	
1	История ювелирных методов в разных странах	Итоговый тест	4	4		4	4
2	Дизайн ювелирных изделий	Итоговый тест	8	4	4	4	4
3	Сплавы драгоценных металлов	Итоговый тест	10	6	4	4	5
3.1	Ценообразование драг. металлов						
3.2	Сплавы драг. и недраг. металлов						
3.3	Литье слитков драг. металлов						
4	Методика и приемы отделки поверхности ювелирных изделий	Итоговый тест	10	4	6	6	5
5	Инженерная графика	Итоговый тест	10	4	6	6	5
6	Психологический тренинг	Итоговый тест	10		10	10	5
7	Англоязычная подготовка	Итоговый тест	20		20	20	5
8	Итого		72	22	50		

Дополнительная подготовка содержит объем –72 часа, из них 22 часа – лекционных, 50 часов – практической и самостоятельной работы. Контрольной точкой служит проведение итогового тестирования по каждой дисциплине. По каждой из дисциплин разработано по 10 тестовых заданий открытого и закрытого типа. Первые четыре дисциплины можно объединить, так как они касаются одной области изучения. Инженерная графика и психологический тренинг можно объединить в одну группу, так как их изучение проводится в рамках ВУЗа. Участники программы будут

иметь возможность изучать дополнительный материал не только в рамках своего учебного заведения. Что касается англоязычной подготовки, то по данной дисциплине составлено 20 тестовых заданий, которые позволят выявить уровень владения участниками программы как базовых знаний, так и профессиональной терминологии.

Таким образом, представленная программа позволит студентам техникума более эффективно подготовиться к предстоящим национальным и мировым чемпионатам Worldskills по ювелирному делу.

Источники

1. Матушанский Г.У., Завада Г.В., Забелина Т.Г. Уровневый анализ освоения общих компетенций студентов средних специальных учебных заведений // Вестник Казанского Государственного Энергетического Университета. 2017. № 1. С. 86–98.

2. Забелина Т.Г., Матушанский Г.У. Соответствие содержания профессиональных компетенций и стандартов спецификации WorldSkills по направлению «Ювелирное дело» // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: сб. матер. III Поволжской науч.-практ. конф.: в 2 т. Т. 1. Казань, 2017. 275 с.

3. Стандарты спецификации Worldskills по направлению «Ювелирное дело». URL: http://old.worldskills.ru/wp-content/uploads/2017/04/YUvelirnoe-del0_WS-final2017-TO.pdf (accessed: 27.09.2018).

4. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WorldSkills> (accessed: 26.09.2018).

5. Забелина Т.Г. Структура профессиональных компетенций выпускников учреждений среднего профессионального образования в сфере «Декоративно-прикладного искусства и народных промыслов» // Вестник Казанского Государственного Энергетического Университета. 2017. № 3. С. 137–145.

6. Забелина Т.Г., Галиев М.М., Матушанский Г.У. Программа дополнительной подготовки для участия в конкурсе WorldSkills international по ювелирному делу // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании: матер. 23-й Междунар. науч.-практ. конф. / под науч. ред. Е.М. Дорожкина, В.А. Федорова. Екатеринбург, 2018. С. 42–44.

ИЗУЧЕНИЕ УРОВНЯ И ОСОБЕННОСТЕЙ САМОАКТУАЛИЗАЦИИ СТУДЕНТОВ ПЕРВОГО КУРСА

Галина Владимировна Завада¹, Людмила Михайловна Романова²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹g.zavada@mail.ru, ²l.romanova76@mail.ru

В статье представлены результаты изучения уровня самоактуализации личности студента, проведенного среди первокурсников вуза; показано, что мнение студентов о самоактуализации окружающих их людей отличается в меньшую сторону по отношению к самооценке самоактуализации.

Ключевые слова: самоактуализация, студент, самоактуализированная личность.

STUDYING THE LEVEL OF SELF-ACTUALIZATION OF FIRST-YEAR STUDENTS

Galina Vladimirovna Zavada, Lyudmila Mikhailovna Romanova

The article presents the results of the study of the level of self-actualization of the student's personality, conducted among the first-year students of the University; it is shown that a number of characteristics of self-actualized personality of students are perceived as inappropriate to the current situation.

Key words: self-actualization, student, self-actualized personality.

Актуальность изучения уровня самоактуализации личности студента во многом определяется характеристиками современного общества. Исследователи часто подчеркивают, что в нем происходит отчуждение личности, общество рассматривается как массовая и информационно-технологическая среда. В обществе такого характера на первое место выходит влияние информационно-коммуникативных технологий на все социальные институты экономику, образование, культуру и искусство. С одной стороны, в этих условиях много возможностей для определения и реализации траекторий личностного роста, но с другой – так же много и опасностей манипулятивного психологического воздействия, создания иллюзорной субъективной среды существования. Таким образом, для полноценного существования, организации деятельности студенту необходимо четко осознавать собственные характеристики, способности и качества, понимать опасности и влияние среды на становление личности формировать умения противостоять негативному влиянию среды. В качестве важнейших особенностей личности в этом может помочь уровень самоактуализации.

Самоактуализация личности как психологическое понятие впервые была изучена в работах А. Маслоу и К. Роджерса. Именно гуманистическая психология с идеей уникальности личности предложила понятие самоактуализирующейся личности. Центральным элементом концепции самоактуализации является потребность в предельной творческой самореализации личности, достижение которой соответствует истинной природе человека, позволяет ему существовать в гармонии с собственной природой. В сущность понятия самоактуализации А. Маслоу вкладывал полноценное использование человеком собственного потенциала, своих способностей и задатков; самоактуализация – это свидетельство того, что человек стремится к совершенству и делает наилучшим способом то, на что он способен [5].

Описанные характеристики отвечают потребностям современной системы образования, которая становится более ориентированной на развитие самостоятельности, конкурентоспособности, коммуникативной культуры, развитие творческой культуры обучающихся. С этой точки зрения интересным представляется изучение уровня самоактуализированности современного студента. Так, в работе [3] автор предлагает результаты комплексного исследования личности студента вуза по изучению самоактуализационных характеристик и выбранного направления личности. По данным автора, наиболее значимыми направлениями развития для студентов в целом по исследуемой выборке оказались развитие профессиональной компетентности, формирование высших духовных и нравственных качеств, укрепление психического здоровья, характера и воли; наименее же значимыми направлениями – формирование научного мировоззрения, физическое развитие и закалка.

Ряд работ подчеркивает самоактуализацию как условия психологического здоровья личности студентов [2]. А.Е. Забелина опирается на идеи А. Маслоу, заключающиеся в том, что основными показателями психологического здоровья являются показатели самоактуализации личности, отражающие всю полноту и богатство ее развития, заложенные потенции, развитие таких качеств как автономность личности, способность к личностному и профессиональному самоопределению, здоровый альтруизм, творческая направленность и др. [5].

Исследователи связывают самоактуализацию с проявлениями различных показателей, демонстрирующих корреляционную связь с сущностью самоактуализации. Универсальным качеством самоактуали-

зирующейся личности можно назвать креативность, изучению которой посвящены работы Е.А. Лариной [4]. Н.И. Петрова отмечает, что основные черты творческой личности близки набору черт самоактуализирующейся личности. В то же время она подчеркивает, что общий уровень самоактуализации студентов творческих и других, нетворческих специальностей значимо не отличается, единственное существенное отличие, которое было выявлено – это отличия по шкале «потребность в признании и самоуважении», у студентов творческих специальностей более высокая мотивация в достижении успеха [7]. О.Н. Большакова подчеркивает, что студенческий возраст имеет свои особенности проявления самоактуализации. Отсутствие психологических барьеров и профессиональная креативность являются социально-психологическими факторами самоактуализации и при этом тесно связаны между собой. Для большинства студентов самой важной является личностная направленность, затем деловая и наименее важной – направленность на общение. Можно считать деловую направленность социально-психологическим фактором самоактуализации [1].

Для изучения уровня самоактуализации первокурсников Казанского государственного энергетического университета нами использовался опросник Джоунса и Крэндалла, описанный как надежная методика в исследованиях Л. Хьелла и Д. Зиглера [8]. В исследовании приняли участие 186 студентов первого курса Казанского государственного энергетического университета. Максимальный балл по краткой шкале измерения самоактуализации не набрал ни один студент; только 14 % аудитории набрал свыше 45 баллов, а 31 % – ниже 25 баллов. Результаты исследования позволяют делать вывод о недостаточном уровне развития самоактуализации, если рассматривать эту категорию не только как некую потребность, но и умение самореализовывать себя. Возможно, низкий уровень самоактуализации связан с тем, что исследование проводилось со студентами первого курса, в начале их первого учебного года в вузе и, следовательно, для ребят была актуальна проблема адаптации к новым условиям учебы и жизнедеятельности, что повышало их общую тревожность и неуверенность в собственных силах.

Полученные данные некоторым образом коррелируют с другими исследованиями по данной теме. Так, в работе В.Е. Никоновой [6] выделены основные препятствия для самоактуализации личности студента:

- студенты не видят своего потенциала и не знают о пользе самосовершенствования (установка на пассивное социальное функционирование, гедонизм);

- социальные и культурные нормы, которые накладывают определенные рамки на развитие гармоничной личности (стремление быть как все, быть в тренде);

- негативное влияние, оказываемое потребностью в безопасности (при стремлении к новому возникает страх, что в свою очередь увеличивает возврат к поиску безопасности и защиты).

В то же время, другое исследование, проведенное с этим же контингентом, показало результаты, отличающиеся по значениям от шкалы самоактуализации. После определения индекса самоактуализации студентам было предложено ознакомиться с основными характеристиками самоактуализирующихся людей, так же предложенных А. Маслоу [5]: более адекватное восприятие действительности; принятие себя и других такими, какие они есть; спонтанность проявлений, простота и естественность; деловая направленность; склонность к одиночеству и отстранённости по отношению ко многим событиям собственной жизни; автономия и независимость от окружения; устойчивость под воздействием фрустрирующих факторов; большая свежесть восприятия и др.

Студентам был выдан бланк с подробным описанием основных 15 характеристик самоактуализированной личности и было предложено оценить по пятибалльной шкале:

- насколько характеристика соответствует современному человеку (исходя из личностных представлений и собственного опыта);

- насколько характеристика соответствует самому студенту.

Результаты обработки оценки показали следующее. Больше половины опрошенных студентов оценили уровень развития характеристик самоактуализации у себя выше, чем у современных людей (59,5 %), причем у юношей этот показатель составил 62 %, а у девушек – 52 %.

Качественный анализ оценки черт самоактуализированных людей характеризуется следующими особенностями: и юноши и девушки ниже всего оценили наличие у современного человека такой черты, как принятие себя и других такими, какие они есть, отсутствие искусственных, защитных форм поведения и неприятие такого поведения со стороны других. У девушек больше не наблюдается черт, которые они оценивают

на ноль. У юношей самые низкие баллы также получили черты склонности к одиночеству, автономии и независимости от окружения и устойчивых внутренних моральных норм. Эти оценки говорят о большем максимализме в восприятии юношами современного мира. Кроме того, в работах молодых людей отмечен большой разброс в самооценке черт самоактуализации. Несмотря на то, что общий показатель самоактуализации у них выше, чем у девушек, в ряде черт юноши оценили их также на ноль. Здесь главной является черта «позиция отстраненности по отношению ко многим событиям собственной жизни, что помогает относительно спокойно переносить неприятности». Среди черт, развитость которых у себя студенты оценили высоко, можно выделить дружбу и отсутствие проявлений враждебности в межличностных отношениях; спонтанность, простоту и естественность; чувство общности с человечеством в целом.

В заключении хотелось бы отметить, что изучение самоактуализации студентов должно быть важной задачей не только исследователей, но и в том числе кураторов групп, так как его результаты дают более адекватную картину внутреннего мира студента. Если человек ориентирован на самоактуализацию – это дает ему возможность чувствовать себя полноценной личностью и, как подчеркивают Л. Хьелл и Д. Зиглер [8], «живут полной жизнью, делая наилучшим образом то, на что они способны».

Источники

1. Большакова О.Н. Особенности развития самоактуализации студентов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2011. № 7(77). URL: <http://bmsi.ru/doc/243ac339-cd73-4c8f-992e-81bfb06395d5>. (дата обращения: 18.10.18).

2. Забелина А.В. Самоактуализация личности студентов как условие психологического здоровья // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2013. № 9. С. 11–15. URL: <http://e-koncept.ru/2013/13175.htm> (дата обращения: 20.10.18).

3. Кусраева И.М. Самоактуализация студентов в условиях высшего профессионального образования // Ученые записки университета Лесгафта. 2009. № 8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/samoaktualizatsiya-studentov-v-usloviyah-vysshego-professionalnogo-obrazovaniya> (дата обращения: 20.10.18).

4. Ларина Е.А. Творческая самоактуализация как фактор личностно-профессионального развития будущих учителей начальных классов: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Курск, 2001. 18 с.

5. Маслоу А. Самоактуализированные люди: исследования психологического здоровья. URL: <http://poznaishebya.com/psylib/books/masla01/txt11.htm> (дата обращения: 18.10.18)

6. Никонова В.Е. Особенности самоактуализации личности современного студента // Научное сообщество студентов XXI столетия. Гуманитарные науки: сб. ст. по мат. XXXVII Междунар. студ. науч.-практ. конф. № 10(37). URL: [http://sibac.info/archive/guman/10\(37\).pdf](http://sibac.info/archive/guman/10(37).pdf) (дата обращения: 18.10.18).

7. Петрова Н.И. Уровень самоактуализации студентов и их социально-психологическая адаптация // Психологический журнал. 2003. С. 131–135.

8. Хьелл Л., Зиглер Д. Теории личности. 3-е изд. СПб.: Питер Пресс. 2009. 608 с.

УДК 004.43

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ И ДИЗАЙНА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА ПРЕДПРИЯТИЯ

Сюмбель Ильнуровна Загрияева¹, Светлана Мунавировна Куценко²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань
¹zagrieva.97@mail.ru, ²s.koutsenko@mail.ru

Интернет – это начало эпохи электронной коммерции. На первое место выходит применение всемирной паутины в коммерческой деятельности предприятий. Примером онлайн-коммерции является разработка интернет-магазинов. В данной статье даются рекомендации для обучающихся разработке интернет-магазина с целью решения вопроса влияния его дизайна на увеличение аудитории сайта и на повышение число продаж.

Ключевые слова: обучение разработке интернет-магазина, web-дизайн, web-страница, привлечение покупателей.

CONCEPT DEVELOPMENT AND DESIGN OF THE ONLINE STORE OF THE ENTERPRISE

Sumbel Ilnurovna Zagrieva, Svetlana Munivirovna Kutsenko

The Internet is the beginning of the e-commerce era. In the first place goes the use of the World Wide Web in the commercial activities of enterprises. An example of online commerce is the development of online stores. This article provides recommendations for students developing an online store to address the issue of the impact of its design to increase the audience of the site and increase the number of sales.

Key words: internet shop development training, web-design, web-page, attracting customers.

Сегодня интернет-магазины завоевывают популярность и становятся неотъемлемой частью современной жизни. Причинами этого являются следующие факторы:

- в интернет-магазинах более низкие цены, чем в розничных торговых точках;
- при приобретении товара через интернет-магазин нет необходимости ехать куда-либо, можно приобрести товар в любое время и в любом месте;
- онлайн-покупатели имеют огромный ассортимент товаров и интернет-магазинов, которые конкурируют друг с другом и стараются предложить своим покупателям лучшие условия покупки.

Первичная задача web-дизайнера заключается в том, чтобы содержимое страницы была доступна для всех посетителей. Прежде всего, интерфейс интернет-магазина должен быть легко воспринимаемым и понятным. Для этого необходимо выделить ключевые пункты, на которые следует обратить внимание при разработке интерфейса интернет-магазина:

- содержательность и простота;
- быстрый и удобный поиск необходимого товара;
- наличие товаров, предлагаемых на сайте;
- удобная и легкая интернет-навигация;
- правильно подобранная цветовая гамма.

В привлечении покупателей большую роль играют дизайн и концепция интернет-магазина. Для разработки создания достойного дизайна не существуют каких-либо конкретных принципов. Чтобы получить качественный результат в разработке дизайна, нужно следовать общим принципам.

Можно выделить три главные правила создания web-страниц: простота, предсказуемость и целостность.

Простота web-страницы обладает значительным преимуществом в области web-дизайна. Рассмотрим данное преимущество на конкретном примере. Одну и ту же web-страницу клиент может рассматривать как на большом экране с высоким разрешением, так и на маленьком экране, поддерживающем только 256 цветов. Может случиться так, что страница на большом и маленьком экране будет выглядеть по-разному. Именно благодаря простоте дизайна страницы можно добиться того, чтобы на разных компьютерах дизайн страницы принимал одинаковый вид. Также можно выделить тот факт, что более простая страница, как правило, загружается быстрее.

Предсказуемость указывает на то, что клиент может без труда найти различные составные части страницы. Более конкретно предсказуемость – это прогнозируемость содержимого web-страницы, его функций, а также возможность предвидения внешнего вида данной веб-страницы в отличии от других страниц.

Также существенную роль играет целостность каждой страницы интернет-магазина. Не рекомендуется значительно менять шрифты или размер текста, кроме того, все web-страницы одного интернет-магазина должны иметь единый стиль. Это создает вспомогательное представление о предприятии и ее товарах.

Подбор удачной цветовой палитры также играет существенную роль в области web-дизайна. Нецелесообразно применять любые возможные сочетания цветов. Клиенты привыкли к черному тексту на белом фоне. Данное сочетание является наилучшим вариантом.

Прежде чем начать разрабатывать дизайн интернет-магазина необходимо определиться со стилем сайта. Стиль – это система визуальных элементов, призванная обеспечить цельность восприятия страницы или всего сайта. Опираясь на разработанную систему, подбираются шрифт, цвет фона, способ обработки картинок, коллажей, иконок и прочих элементов.

В создании стиля интернет-магазина можно выделить следующие компоненты:

- шрифт. В пределах публикации характеристика шрифта не должна отличаться;
- абзац. В пределах публикации выравнивание должен иметь одинаковый вид;
- цветовая модель. Для создания впечатления связности, сайт должен иметь единое оформление;
- логотип.

На сегодняшний день выделяют следующие виды веб-дизайна:

- текстовый дизайн: изображения в данном виде веб-дизайна отсутствуют, тем самым время загрузки страницы значительно уменьшается;
- полиграфический дизайн: web-страница принимает вид печатного издания;
- интерфейсный дизайн: в данном виде веб-дизайна преобладают изображения, что очень удобно для пользователя;

- динамический дизайн: активное использование динамических объектов – анимации, звука, видео и пр;
- смешанные типы – комбинация любых представленных типов дизайна.

Для того чтобы содержимое страницы была максимально доступно для пользователя, web-дизайнеру нужно придерживаться определенных правил оформления текста.

Существенную роль в оформлении текста играют выбор шрифта и действия над ним. Отличительной чертой работы со шрифтом является его знаковость, то есть web-дизайнер может изменять и компоновать символы до тех пор, пока не добьется того эффекта, которую задумал изначально.

При подборе шрифта нужно учесть следующие указания:

1. Следует избегать использования большого размера шрифта для текста, так как он, как правило, производит неприятное впечатление, в то время как текст со шрифтом обычного размера кажется насыщенным и заставляет прочесть данный текст более вдумчиво. Использование мелкого шрифта также считается плохим тоном.

2. Следует избегать применения таких манипуляций, как подчеркивание и перечеркивание.

3. Использование непрерывнодвигающихся элементов является плохой идеей в оформлении web-сайта. Также нужно поддерживать баланс между текстом, изображениями и свободным участком.

Основным требованием оформления текста принято считать выделение заголовков, ключевых слов, разбивка текста на абзацы и так далее. Если страница состоит только из текста, она трудноусваиваема для пользователя.

Существенную роль играет правильное оформление ссылок: слово-ссылка должно выделяться цветом и иметь подчеркивание; просмотренные ссылки обязаны выделяться иным цветом, чем те, по которым посетитель еще не переходил. Ссылки не должны открываться в новом окне (за исключением файлов PDF и т. п.); в названии ссылки не всегда может содержаться информация о том, что ждет пользователя при переходе по ссылке.

В области web-разработки существует такое понятие, как «юзабилити». Юзабилити включает в себя такие понятия, как удобство, доступность, интуитивность. Иначе говоря, юзабилити дает характеристику понятности интернет-магазина клиентам.

Существует множество ошибок, которые допускает web-дизайнер при разработке интернет-магазина. Самой распространенной, пожалуй, является отсутствие текста на главной странице. Еще одной ошибкой является непонятная структура каталога.

Огромное количество недостатков связано с поисковой системой. В некоторых интернет-магазинах результаты поиска выводятся не в виде каталога, а в виде выдачи на обычных поисковых web-страницах.

Обложкой интернет магазина является его главная страница. Поэтому крайне важно, чтобы дизайн главной страницы был максимально удобным для пользователя.

Прежде всего на главной странице интернет-магазина должен находиться логотип предприятия. При последующей разработке нужно учесть специфичность аудитории текущего интернет-магазина.

Можно выделить три класса клиентов интернет-магазина:

1. Новички – категория клиентов, которые попали на сайт в первый раз. При таком положении дел к главной странице предъявляются такие требования как возможность мгновенного понимания, куда и к кому попал пользователь. Поэтому на главной странице интернет-магазина должна находиться информация о сфере деятельности предприятия, об изготавливаемых ею товарах и предоставляемых услугах.

2. Постоянные посетители. Для данной группы клиентов краткая информация о сфере деятельности продающей компании не играет первостепенной роли. Таких клиентов больше привлекают новости. Именно поэтому на главной странице должен присутствовать новостной блок, где все желающие могли бы ознакомиться с корпоративными новостями. Также новостной блок говорит о том, что предприятие непрерывно развивается.

3. Третья категория – клиенты, которым нужны контактные данные. Это могут быть как новички, так и постоянные посетители. Эта группа является самой ценной: именно эти клиенты приносят фирме значительную часть дохода, а значит, они не должны сталкиваться с препятствиями: предприятие обязано разместить на главной странице интернет-магазина контактные данные.

Также в web-дизайне есть запреты. Нельзя применять следующие приемы:

- использовать анимацию, к примеру, бегущих строк;
- использовать слишком яркие фоновые рисунки;
- перегружать графикой;
- неточно масштабировать рисунки;
- использовать больше трех основных цветов в разработке сайта.

Сегодня разработка дизайна и концепции интернет-магазина играет большую роль. Каждый день количество интернет магазинов увеличивается. Конкуренция на онлайн-рынке растет и вместе с ним растет необходимость привлечения новых покупателей. В продвижении интернет-магазина очень важную роль играет его удобство, а также качество обслуживания. Те, кто предвидит пожелания покупателей, придумает специальные сервисы или делает так, чтобы процесс покупки был максимально практичным и быстрым, могут стать лидерами в рейтинге предпочтений клиента.

Источники

1. Акила К., Еремеевский А. Интернет-магазин с нуля. Полное пошаговое руководство. М.: Питер, 2013. 713 с.
2. Андерсон, С. Приманка для пользователей. Создаем привлекательный сайт. М.: Питер, 2013. 317 с.
3. Салбер А. Как открыть интернет-магазин. М.: SmartBook, 2014. 320 с.
4. Яковлев А. Раскрутка сайтов. Основы, секреты, трюки. М.: БХВ-Петербург, 2015. 174 с.

УДК 620.9

ПРАКТИКА МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Ирина Анатольевна Лещенко

ГАПОУ «Казанский энергетический колледж», г. Казань
leschenkoirina0710@mail.ru

В данной статье рассматриваются вопросы подготовки специалистов на базе содействия государства и внедрения инновационных методов обучения. Отмечается, что основной задачей на ближайшее будущее является осуществление государственной образовательной политики, главное требование которой – обеспечить эффективное, конкурентоспособное образование.

Ключевые слова: инновации, качество образования, компетенции, конкурентоспособность, модернизация, подготовка.

THE PRACTICE OF MODERNIZATION OF THE SYSTEM OF SECONDARY PROFESSIONAL EDUCATION

Irina Anatolievna Leshchenko

This article discusses the training of specialists on the basis of state assistance and the introduction of innovative teaching methods. It is noted that the main task for the near future is the implementation of the state educational policy, the main requirement of which is to provide effective, competitive education.

Key words: innovation, quality of education, competence, competitiveness, modernization, training.

Основополагающее конкурентное преимущество любого региона обеспечивается развитием кадрового потенциала, в частности, ростом уровня образования населения. В сфере среднего профессионального образования (СПО) находится решение проблемы обеспечения стабильного экономического роста как предприятий, так и страны в целом. Поэтому актуальной становится задача подготовки специалистов на базе активного содействия государства и внедрения инновационных методов обучения.

Ключевой задачей на ближайшее будущее является осуществление государственной образовательной политики, главное требование которой – обеспечить эффективное, конкурентоспособное образование для молодого поколения. В соответствии с ростом потребности в специалистах среднего звена государственная политика предусматривает опережающее развитие системы СПО. Но опережающее развитие – это не только увеличение объемов подготовки специалистов, но и первостепенное изменение качества образования.

На сегодняшний день отечественные образовательные учреждения направлены на опережающую подготовку специалистов и научно-педагогических кадров в соответствии с потребностями различных отраслей промышленности. Для реализации этой стратегической цели образовательные учреждения решают следующие задачи:

- согласование и удовлетворение спроса и предложения на образовательные услуги и выпускников;
- систематическое обновление содержания образования и развитие вариативности образовательных программ в духе новаторства, созидательности и профессионализма в соответствии с требованиями рынка труда;
- расширение партнерских связей с научным сообществом, образовательными, производственными, государственными и общественными организациями и объединениями на региональном, национальном и международном уровнях;

- непрерывное повышение качества предоставляемых образовательных услуг.

Вопрос повышения качества обучения студентов представляется одним из самых важных и непростых в процессе модернизации образования. Качество обучения выпускника профессионального образовательного учреждения определяется наличием знаний и опыта, необходимых для эффективной профессиональной деятельности в заданной области, а также совокупностью сформированных компетенций.

Ключевыми компетенциями будущего специалиста по специальности 13.02.06 «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» являются: проверять и настраивать элементы релейной защиты, автоматики, средств измерений и систем сигнализации; проводить наладку узлов релейной защиты, автоматики, средств измерений и систем сигнализации; проводить испытания элементов и устройств релейной защиты, автоматики и средств измерений; оформлять документацию по результатам проверок и испытаний.

Процесс формирования профессиональных компетенций длительный, сложный и целостный. Педагогическое руководство в ГАПОУ «Казанский энергетический колледж» строится как процесс организации деятельностного общения, сотрудничества и сотворчества преподавателей и студентов, педагогической поддержки обучающихся в их самореализации. С первых этапов обучения в колледже студенты активно включаются в решение исследовательских задач, студент ставится в позицию организатора собственной познавательной и исследовательской деятельности, а преподаватели – в позицию помощников, консультантов, советчиков, наставников.

В ходе учебного процесса постоянно происходит обновление и усовершенствование рабочих программ учебных дисциплин и профессиональных модулей в соответствии с требованиями ФГОС по специальностям (направлениям подготовки) соответствующего действующего учебного плана.

Важным аспектом инновационного развития СПО, выступающего как практико-ориентированное обучение, является его интеграция с производственной сферой. Социальное партнерство в учреждениях среднего профессионального образования в части соответствия потребностям обучающихся и работодателей наиболее подвержено влиянию изменений, возникающих на рынке труда, что заставляет их оперативно реагировать на эти изменения, т. е. приводит к необходимости постоянного самосовершенствования.

Партнерские связи с предприятиями-работодателями энергетической отрасли и ГАПОУ «Казанский энергетический колледж» проявляются в организации и проведении производственных практик обучающихся на энергетических предприятиях Республики Татарстан; организации и прохождении стажировок преподавателей на предприятиях-партнерах; разработке учебных программ и квалификационных требований к специалистам; участии представителей энергетических предприятий в итоговой государственной аттестации выпускников колледжа.

Студенты старших курсов колледжа проходят производственную практику на энергетических предприятиях республики, уже на этой стадии у работодателей складывается мнение о знаниях и навыках студентов. Обучающиеся за время практики знакомятся с режимом работы предприятия, с условиями, экономическими возможностями и технологическим оборудованием энергетического объекта.

Преподаватели специальных дисциплин и мастера производственного обучения регулярно проходят стажировки на предприятиях социальных партнеров, повышая уровень квалификации, что способствует освоению новых технологических возможностей и современного оборудования.

Преподавателями колледжа совместно с представителями энергетических предприятий Республики Татарстан и предприятий-партнеров разработаны и утверждены учебные программы по дисциплинам и профессиональным модулям. Ежегодно на базе колледжа и других учебных заведений проводятся различные научно-практические конференции, круглые столы, мастер-классы, конкурсы профессионального мастерства, где обучающимся предоставляются широкие возможности для самореализации, их победы на конкурсах различных уровней показывают высокий уровень образования и широкий кругозор студентов.

При выполнении выпускной квалификационной работы обучающимися колледжа прорабатываются специальные задания по темам, рекомендуемым работниками энергетической системы Республики Татарстан. Предприятия-партнеры оказывают материальную поддержку колледжу, представители предприятий задействованы в оценке качества подготовки специалистов посредством участия в итоговой государственной аттестации с присвоением квалификации по специальности.

В заключение хотелось бы сказать, что выпускник СПО должен владеть набором компетенций, обеспечивающих готовность к работе в динамичных экономических условиях, воспринимать и анализировать социально-экономические процессы, прогнозировать их развитие, адаптироваться к ним.

Качество деятельности колледжа напрямую зависит от качества каждого из аспектов этой деятельности: учебно-методического обеспечения, образовательных программ, учебной литературы, пособий; обеспечения кадрами; инфраструктуры учебного заведения: информационной, материально-технической, социально-бытовой.

В условиях модернизации российского образования, введения федерального образовательного стандарта третьего поколения имеет место значительное увеличение творческой активности преподавателей, методистов. Это ведет к совершенствованию методической работы, росту качества подготовки выпускаемых специалистов.

Развитие СПО тормозится отдельными проблемами: недостаточной результативностью управления учреждениями среднего профессионального образования; разрушением или использованием в недостаточном объеме традиционных связей образовательных учреждений с предприятиями; устареванием материально-технической базы учебных заведений; затрудненным подбором баз для прохождения производственной практики обучающихся; отсутствием пополнения учебных заведений руководителями и преподавателями, обладающими опытом профессиональной деятельности на современных предприятиях. Поэтому эффективность подготовки кадров в учебных заведениях СПО не всегда в полном объеме соответствуют требованиям работодателей.

С учетом отмеченных проблем необходимо наметить главные направления формирования эффективной системы подготовки специалистов:

- развитие сети подведомственных учреждений, цель которых – обеспечение интеграции учебных заведений разных уровней путем их укрупнения и объединения в комплексы для увеличения круга услуг при подготовке кадров, росту качества образования по разным направлениям, ступеням и формам;
- обновление материально-технической базы учебных заведений;
- совершенствование организационно-экономических механизмов деятельности образовательных учреждений;
- обеспечение образовательных учреждений кадрами;
- развитие социального партнерства с предприятиями.

Источники

1. Дубровина О.С. Использование проектных технологий в формировании общих и профессиональных компетенций обучающихся // Проблемы и перспективы развития образования: матер. Междунар. заоч. науч. конф. Пермь: Меркурий, 2012. С. 124–126.
2. Колесникова И.А. Педагогическое проектирование. М.: Академия, 2007.
3. Модернизация профессионального образования [Электронный ресурс]. URL: http://www.mos-http://www.mos-party.ru/party/party_projects/edmod.
4. Модернизация профессионального образования [Электронный ресурс]: URL: http://www.vfmgiu.ru/sovremennii_tendencii_v_visshem_obrazovanii_506/perechen_specialnostey_srednego_obrazovania_557/Modernizaciya_professionalnogo_obrazovaniya_792/index.htm.
5. Проблемы роста качества среднего профессионального образования в условиях модернизации образовательного. URL: <http://edu.rosprav.ru/tezis/450>.

УДК 378

ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ В КАЗАНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Светлана Фиаловна Малацион¹, Светлана Мунавировна Куценко²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань

¹sveta_malacion@mail.ru, ²s.koutsenko@mail.ru

Статья посвящена теории и практике проектного обучения. Рассмотрены этапы по реализации, анализу, представлению и оценке проекта. Показана эффективность проектных технологий для формирования как учебных, так и профессиональных компетенций.

Ключевые слова: проектное обучение, проектная технология, метод проектов, профессиональные проектные компетенции.

PROSPECTS FOR THE IMPLEMENTATION OF PROJECT EDUCATION IN KAZAN STATE ENERGY UNIVERSITY

Svetlana Fialovna Malatsion, Svetlana Munavirovna Kutsenko

The article is devoted to the theory and practice of project training. The stages of implementation, analysis, presentation and evaluation of the project. The effectiveness of project technologies for the formation of both training and professional competencies is shown.

Key words: project training, project technology, project method, professional project competencies.

В рамках федерального государственного стандарта одной из составляющих профессиональной компетентности будущего специалиста является проектная компетенция. Выпускник вуза должен обладать знаниями о проектной деятельности, умениями ее осуществлять на профессиональном уровне.

В связи с этим возникает необходимость в совершенствовании технологии обучения и использовании инновационных образовательных технологий. Все большую популярность в вузовской среде приобретает идея проектного обучения. Широко используются также синонимичные термины: «метод проектов», «проектные технологии» и др. Технология проектного обучения внедряется и в Казанском государственном энергетическом университете.

Реализация технологии проектного обучения в КГЭУ предполагает определенное материально-техническое и организационное обеспечение.

Так, помимо традиционных лекций, семинаров, должны иметь место такие организационные формы, как творческие мастерские, лаборатории, студенческие проектные бюро, а также должно быть пересмотрено методическое сопровождение образовательного процесса с позиций проектности [1, с. 80].

Е.С. Полат считает, что проектное обучение формирует у обучаемых:

- исследовательские умения (умение анализировать проблемную ситуацию, выявлять проблемы. Осуществлять отбор необходимой информации из литературы, проводить наблюдение практических ситуаций, фиксировать и анализировать их результаты. Строить гипотезы, осуществлять, обобщать, делать выводы;

- умение работать в команде (происходит осознание значимости коллективной работы для получения результата, роли сотрудничества, совместной деятельности);

- коммуникативные умения (способность не только высказывать свою точку зрения, но и выслушать, понять другую. В случае несогласия уметь конструктивно критиковать альтернативный подход для того, чтобы в итоге найти решение, синтезирующее, удерживающее позитивы каждого предложения) [2].

Технология проектного обучения имеет свои достоинства и недостатки. Л.А. Боков отмечает, что к числу несомненных достоинств групповой технологии проектного обучения специалисты относят: широкое и многостороннее взаимодействие участников в ходе групповой

работы над выполняемыми проектами, формирование группового стиля мышления и исполнительности на всех этапах проектной деятельности управления процессом проектирования и оказание педагогической поддержки его участникам, возможность реализации различных типов проектов и овладение формами их дальнейшего продвижения [3, с. 12].

Т.А. Зерщикова считает, что к числу ограничений метода проектов можно отнести: отсутствие преподавателей, способных реализовать метод; отсутствие индивидуализированной методики проектной деятельности у конкретного педагога; чрезмерное увлечение методом проекта в ущерб другим методикам обучения; существенные затраты времени; нечеткость критериев оценки результатов работы над проектом; низкая мотивация педагогов и студентов к реализации методов проектов; недостаточность исследовательских навыков у студентов, особенно у первых курсов университета; неравномерность освоения учебного материала, особенно по сравнению с объяснительно-иллюстративным методом обучения [4, с. 80–81].

Кроме того, по мнению Л.А. Бокова и др., к неизбежным недостаткам проектной технологии можно отнести следующие:

- распределение ролей в зависимости от индивидуальных особенностей каждого участника приводит к разной ответственности за ход и результаты работы по проекту;
- выполнение участниками разных ролей снижает вероятность получения полного опыта работы на всех этапах проекта;
- возможность того, что некоторые студенты будут решать свои задачи, возникающие в ходе выполнения проекта, за счет более инициативных участников группы;
- сложность оценки вклада каждого члена группы в коллективный результат [3, с. 62].

Таким образом, прежде, чем приступить к реализации метода проектов, преподаватель должен оценить все плюсы и минусы этой инновационной технологии. А также преподаватель должен отличать научно-исследовательскую работу (НИР) студентов от проектной деятельности.

Научно-исследовательская работа студента – это, как правило, индивидуальная работа под руководством преподавателя, в ходе которой обучающийся получает собственный теоретический или экспериментальный материал, на основании которого необходимо провести анализ

и сделать выводы об исследуемом явлении. Особенностью такой работы является то, что получаемый результат проведенных исследований не всегда соответствует планируемому, ожидаемому результату. В отличие от НИР, выполнение проекта – это всегда коллективная, творческая практическая работа, предназначенная для получения определенного продукта или научно-технического результата. Такая работа подразумевает четкое, однозначное формулирование поставленной задачи, определение сроков выполнения намеченного, определение требований (технического задания) к разрабатываемому объекту. Работа над проектом должна выполняться в рамках жизненного цикла любого проекта: обзорная работа, исследовательская, техническое задание, стадия проектирования и др.

Проектная технология предполагает следующие этапы:

1. Выбор темы исследования. Важно найти значимую в теоретическом, исследовательском, техническом плане задачу, приводящую при её решении к созданию определенного продукта. В одних случаях преподаватель определяет тематику с учетом учебной ситуации по своему предмету, своих профессиональных интересов и способностей студентов. В других – тематика проектов может быть предложена и самими студентами, которые ориентируются на собственные интересы, не только чисто познавательные, но и прикладные. Тематика проектов может касаться какого-то теоретического вопроса вузовской программы с целью углубления знаний отдельных студентов по этому вопросу.

Если темы проектов относятся к какому-то практическому вопросу, актуальному для повседневной жизни, разрабатываемый продукт и пути решения должны отличаться оригинальностью и новизной. Поскольку работа над проектом требует привлечения знаний студентов не по одному предмету, а из разных областей, творческого мышления, исследовательских навыков, то, таким образом, достигается интеграция знаний, образуются межпредметные связи.

На этом этапе определяется цель, структура и результат проекта.

2. Формирование групп. Для выполнения работы над проектом должна быть создана команда. Между студентами распределяются роли и обязанности. Здесь проявляются лидерские качества и умение работать в команде, где каждый участник может попробовать себя в одной из ролей: участник проекта – исполнитель проектных задач, разработчик проекта – «генератор идей», участник постановки проблем, целей, определения средств проектирования, докладчик и т. д.

3. Поиск решения. Участники проекта, работая в группе, ведут поиск решения выдвинутой проблемы в определенной последовательности. На этом этапе студенты осваивают навыки, необходимые для анализа и обобщения информации. Выдвигаются гипотезы оптимального решения задачи методом «мозговой атаки», обсуждаются методы исследования, выполняется работа по выполнению самого проекта, Происходит обсуждение способов представления полученных результатов. Затем участники проекта анализируют полученные результаты и делают выводы о своей работе.

4. Представление проекта. Каждая группа «защищает» свой проект, представляет результаты своей работы в виде устного сообщения, презентации или отчета, в которых должны быть отражены актуальность темы, практическая направленность и значимость работы. На этом этапе оценивается качество доклада, объем и глубина знаний докладчика, его аргументированность, культура речи, чувство времени, умение удерживать внимание слушателей и вести дискуссию. Результаты проектирования могут также представляться в виде публикаций и докладов на семинарах, конференциях и выставках.

5. Оценка проекта. Подводятся итоги работы, дается оценка деятельности каждого участника рабочей группы, в ходе которой результаты работы над проектом коллективно оцениваются и проверяются, выясняются причины удач и неудач, даются рекомендации, которые могут использоваться для развития проекта в будущем, обсуждается возможность практического применения полученных результатов с целью возможной коммерциализации результатов.

Преподаватель должен контролировать процесс выполнения проекта, чтобы помочь обучающимся успешно представить окончательный результат проекта, что является непростой задачей.

Проект с точки зрения преподавателя – это интегративное дидактическое средство развития, обучения и воспитания, которое позволяет вырабатывать и развивать специфические умения и навыки:

- целеполагания и планирования деятельности студента;
- представления результатов своей деятельности и хода работы;
- практического применения полученных знаний в различных ситуациях.

При таком подходе изменяется и роль самого преподавателя в учебно-воспитательном процессе: из носителя информации он

превращается в организатора деятельности, консультанта и коллегу по решению поставленной задачи, добыванию необходимых знаний и информации из различных источников.

Проектная деятельность для студента – это:

- возможность максимального раскрытия своего творческого потенциала;

- деятельность, позволяющая проявить себя индивидуально или в группе, попробовать свои силы, приложить знания, принести пользу, показать достигнутый результат;

- работа, направленная на решение интересной проблемы, когда результат этой деятельности, найденный способ решения проблемы носит практический характер, имеет прикладное значение [5, с. 117].

Научно-исследовательская работа на основе проектов повышает мотивацию к обучению и способствует:

- возрастанию ценности обучения;
- приобретению знаний, выходящих за рамки программы обучения;
- овладению ценными исследовательскими навыками и умениями;
- лучшему усвоению материала;
- развитию навыков сопоставления, классификации, анализа и синтеза;
- приобретению навыков переноса знаний в другой контекст;
- развитию умений искать и анализировать информацию;
- формированию навыков межличностного общения и умения работать в команде.

Реализация проектного обучения в Казанском государственном энергетическом университете, предоставив студентам реальные условия применения знаний, поможет добиться поставленных целей, сформирует проектные умения, позволяющие на старших курсах разрабатывать и реализовывать курсовые и дипломные проекты, подготовит их к будущей профессиональной деятельности. Эти профессиональные умения будут свидетельствовать о достижении одной из задач инженерного образования – формирования проектных компетенций в выбранной области знаний. Для этого необходимо создавать условия, обеспечивающие формирование проектных компетенций, такие как: организация деятельности по анализу проблем, постановка целей, определение результатов и содержания деятельности по их достижению, организация самостоятельной работы студентов при разработке проектов. Этому нужно учиться и задачей преподавателя становится выбор таких методов и форм организации своей работы, которые бы оптимально соответствовали поставленной цели.

Источники

1. Капранова В.А. Проектное обучение в ВУЗе: исторические и технологические аспекты // Известия ВГПУ. № 3(264). 2014. С. 78–80.
2. Полат Е.С. Метод проектов. Научно-методический сборник // Белорусский государственный университет: Центр проблем развития образования /под ред/ М.А. Гусаковского. Минск, 2003. С. 39–38. (Сер. «Современные технологии университетского образования»).
3. Боков Л.А. Технология группового проектного обучения в вузе как составляющая методики подготовки инновационно-активных специалистов // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 56–64.
4. Зерщикова Т.А. О способах реализации метода проектов в вузе // Проблемы и перспективы развития образования: матер. Междунар. науч. конф. Пермь, 2011. С. 79–82.
5. Зайнашева Г.Н., Малацион С.Ф. Проектные технологии в научно-исследовательской работе студентов // Вестник КГЭУ. 2017. № 4(36). С. 114–119.

УДК 620.9

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРУКТУРЕ ЖКХ: ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ УРОВЕНЬ

Анастасия Олеговна Мамонова¹, Эльвира Мусавировна Хуснутдинова²

ФГАОУ ВО КФУ, г. Казань

¹مامоноваan@mail.ru, ²rr-088@mail.ru

Рассмотрен опыт энергосбережения в структуре жилищно-коммунального хозяйства зарубежных стран, который может быть использован для поднятия России на новый уровень энергоэффективности.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, жилищно-коммунальное хозяйство, экономия, ресурсы.

ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN THE STRUCTURE OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES: DOMESTIC AND FOREIGN LEVEL

Anastasiya Olegovna Mamonova, El'vira Musavirovna Khusnutdinova

The article describes the energy-saving experience in the structure of housing and communal services of foreign countries, which can be used to lift Russia to a new level of energy efficiency.

Key words: energy efficiency, energy-saving, housing and communal services, saving, resources.

Проблема разумного использования энергии является одной из наиболее острых проблем человечества. Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) на сегодняшний день занимает ключевое место как в экономике России, так и в экономике ряда других стран, при этом оно лидирует по затратам и потреблению энергии. Нерациональное энергопотребление приводит к значительному увеличению затрат энергоресурсов.

Постоянный рост тарифов на энергоносители ставит на первый план решение вопросов не их прямой экономии, а энергоэффективного использования. Актуальность этой проблемы обусловлена такими факторами, как истощение старых энергоресурсов и их дефицит, неактивное вложение инвестиций в разработки новых технологий в области энергосбережения, а также защита окружающей среды. Для устранения этих проблем необходим более тщательный подход к энергосбережению ЖКХ [1].

Жилищно-коммунальное хозяйство считается одним из крупнейших потребителей энергии в нашей стране. На долю ЖКХ, которое потребляет более 25 % энергоресурсов, приходится около 30 % общего объема основных фондов РФ. На сегодняшний день отрасль ЖКХ в России находится в нестабильном положении, что связано как с большим износом основных производственных фондов, так и с неэффективным использованием поступающих в отрасль финансовых ресурсов. Всё это ведёт к деградации инфраструктуры ЖКХ и хроническому недофинансированию отрасли в целом [2].

Также, по прогнозу Института энергетических исследований Российской академии наук, в ближайшие десятилетия будут непреклонно расти цены на энергоносители, что делает проблему энергоресурсосбережения в ЖКХ весьма актуальной.

Подходить к решению данной проблемы лучше комплексно. Во-первых, необходимо внедрение новых технологий, которые помогут сохранять энергию в области ЖКХ. Во-вторых, стоит не только сократить потребление энергоресурсов газа и нефти, но и начать использовать альтернативные источники энергии, такие как солнце, ветер, биогаз.

На сегодняшний день одной из самых продвинутых стран в области экологии и энергосбережения является Швеция. Именно здесь широко используется биогаз в сфере жилищно-коммунального хозяйства. Подавляющая часть бытовых отходов перерабатывается во вторичное сырьё или сжигается в качестве топлива для обеспечения теплом жилых помещений и для выработки электричества.

Одной из шведских особенностей в энергетической сфере является централизованное отопление и охлаждение помещений за счет использования станций тепловых насосов. Сырьем для таких станций является потенциал воды, атмосферы и земли [4].

Большой вклад в развитие энергосберегающих технологий внесла Германия, где используются альтернативные источники энергии. В ЖКХ Германии основной принцип энергетической политики – эффективность и экономия.

С начала 90-х годов здесь происходят значительные преобразования в энергетической отрасли, направленные на снижение объема использования ископаемых энергоносителей и внедрение новых технологичных способов получения энергии из возобновляемых источников. Сегодня уже более трети всего объема электроэнергии здесь получают от ветровых установок.

Особое внимание в Германии уделяется солнечной энергетике. Несмотря на то, что Германия характеризуется низкими средними показателями солнечных дней, на крышах административных зданий планируется разместить 100000 м² солнечных батарей, что позволит подавать полученную энергию в городскую сеть.

Стоит отметить, что внедрение энергосберегающих технологий в Германии финансируется частными инвесторами, а не государством.

Вопросы энергосбережения в США решены на жесткой обязательной основе и входят в число стратегических интересов страны. Энергосбережение для американцев является способом уменьшения энергозависимости страны, сокращения количества ввозимых нефтепродуктов и перехода на альтернативные источники энергии.

Политика энергосбережения в различных ее формах стала проводиться в США примерно с середины 70-х годов. Чтобы уменьшить процент потребления мировых энергетических ресурсов, активно проводятся энергосберегающие мероприятия, используются энергия ветра и солнечные батареи, а также принимаются соответствующие законы и законодательные акты.

В последние годы эксперты, занимающиеся проблемами энергосбережения и повышения энергоэффективности в США, пришли к выводу, что главным источником потерь энергии является нерациональное энергопотребление зданий. На основе этого внедряются новые строительные технологии с применением новых сохраняющих тепло материалов, повсеместное внедрение термостатов и мониторинга зданий во избежание потерь тепла.

Стоит отметить, что изучение проблем сохранения энергии в Америке ведется, начиная с общеобразовательной школы. Затем они продолжают изучать проблемы эффективности и способы экономии в университете, которые впоследствии могут быть легко применены в собственных жилых домах и промышленных комплексах.

В Японии остро стоит вопрос о необходимости сбережения энергии, что объясняется дефицитом в стране естественных энергоносителей, в первую очередь, нефти. В настоящее время Япония вынуждена импортировать 80 % необходимых ей ресурсов. Энергосбережение стало одним из основных направлений энергетической политики японского государства.

Для решения данной проблемы было предпринято усилия по снижению энергоемкости новых жилых домов. За счет внесения изменений в конструкции зданий, которые позволяют лучше проветривать помещения в жаркий период и сохранять тепло в холодное время, предусматривалось сокращение затрат энергии на отопление и кондиционирование воздуха.

Также в Японии, как и в Германии, начались активные работы по развитию гелиоэнергетики – получению энергии от солнечного излучения. Использование солнечных батарей позволяет значительно снизить расходы на электроэнергию, а их установка на треть оплачивается правительством.

В 1979 году в Японии начал действовать закон об энергосбережении, касающийся крупных промышленных предприятий, на которые тогда приходилось 70 % потреблявшейся энергии, согласно которому должны осуществляться рационализация процесса сжигания топлива, сокращение потерь тепла при транспортировке, сведение к минимуму неиспользуемых объемов энергии. Теперь его действие распространяется и на других крупных потребителей энергии – большие офисные здания, универмаги, гостиницы и больницы.

Россия является одной из самых расточительных стран в мире по объемам потребления нефтепродуктов и других источников энергии. В современных условиях одной из актуальных проблем, является уменьшение энергопотребления и более рациональное использование энергоресурсов. Необходимо отметить, что наша страна имеет огромный запас ресурсов, который может быть использован при условии успешного повышения энергоэффективности в промышленности и бытовой сфере.

Одним из важных преимуществ применения энергосберегающих технологий является возможность снижения тарифов на жилищно-коммунальные услуги.

Основными причинами большого количества потери энергоресурсов в России, в том числе на предприятиях ЖКХ, являются следующие:

- существенный износ основных фондов;
- несовершенство строительных конструкций и материалов;
- отсутствие приборов коммерческого учёта воды, тепла, газа;
- недостаточное внедрение технологий по сбережению энергии;
- пренебрежительное отношение потребителей энергии к энергосбережению, т. е. к экономии тепла и электричества.

Европейцы стараются использовать все возможные способы снижения энергозатрат, и показатели энергосбережения у них действительно значительно превосходят показатели энергосбережения в России. Следовательно, для повышения уровня энергоэффективности в России должен использоваться успешный зарубежный опыт с адаптацией к российским условиям.

Так, для достижения желаемого результата нужно не только модернизировать предприятия, обеспечив их передовыми, наименее энергоёмкими машинами, но и применить все вероятные нетрадиционные методы для получения энергии: работу ветра, солнца и т.д.

Основными способами сбережения энергии в России можно считать следующие направления:

- усовершенствование производства с внедрением энергоэффективных технологий и оборудования;
- повышение энергоэффективности зданий и сооружений;
- стимулирование потребителей к рациональному использованию электроэнергии за счет нормативных мер и тарифной политики.

На реализацию энергосбережения в ЖКХ направлен Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ». Цель данного закона – создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности [3]. В нем рассмотрен ряд необходимых мероприятий, которые предоставят возможность эффективно и комплексно уменьшить затраты по потреблению энергии на различных уровнях.

В настоящее время эффективное энергопотребление – одна из приоритетных задач российской экономики и ключевое условие эффективного развития страны. Внедрение энергосберегающих технологий в ЖКХ позволит не только сэкономить бюджетные средства и снизить тарифы на коммунальные услуги для населения, но и поднимет жилищно-коммунальное хозяйство России на новый уровень.

Источники

1. Беляев М.К., Максимчук О.В., Першина Т.А. Управление энергозатратами на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства: учеб. пособие. Волгоград: Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2009. 144 с.

2. Першина Т.А. Развитие системы управления энергозатратами на предприятиях жилищно-коммунальной сферы: дис. ... канд. экон. наук.: Волгоград, 2006. 169 с.

3. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон №261-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. Комков В.А., Тимахова Н.С. Энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве. 2-е изд. М.: ИНФРА-М, 2014. 204 с.

УДК 372.893

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ГУМАНИТАРНЫХ НАУК В СИСТЕМЕ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Флюра Мубаракзяновна Нуриахметова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

flernur07@rambler.ru

В статье отмечается важность гуманитарной составляющей в системе обучения специалистов инженерного профиля, в частности, исторического знания, определяющего приоритет общечеловеческих духовных ценностей, созданных за тысячелетия мировой истории, необходимость терпимого отношения к иному мнению и готовности к диалогу, воспитания патриотизма и гражданской позиции. Автор анализирует вопросы теории и практики, содержания и структуры преподавания дисциплины «История» в условиях современного информационного общества.

Ключевые слова: образовательные стандарты, гуманитарные науки, история России, инновационные методы преподавания.

THE ROLE AND IMPORTANCE OF HUMANITIES IN THE ENGINEERING EDUCATION SYSTEM

Flyura Mubarakzyanovna Nuriakhmetova

The article notes the importance of the humanitarian component in the system of training engineering specialists, in particular, historical knowledge, determining the priority of universal spiritual values created over thousands of years of world history, the need for a tolerant attitude to a different opinion and readiness for dialogue, education of patriotism and citizenship. The author analyzes the issues of theory and practice, the content and structure of teaching the discipline «History» in the conditions of the modern information society.

Key words: educational standards, humanities, history of Russia, innovative teaching methods.

В современной России активизируются процессы модернизации во всех сферах деятельности общества, особенно это касается системы образования, связанной с подготовкой специалистов нового поколения, а значит повышением качества знаний и профессиональных умений и навыков обучающихся. Существенное влияние на это оказывают глобализация, широкое развитие и внедрение в повседневную жизнь людей коммуникационных и информационных технологий, расширение академической мобильности студентов и преподавателей. Определение статуса России в мире, формирование ее национальной идентичности, переоценка ценностей, привели к поиску новых образовательных траекторий и приоритетов. Безусловно, это проявляется в отношении гуманитарных наук и, прежде всего, истории. В связи с этим преподавание исторических дисциплин в вузах порождает множество вопросов, прежде всего, в определении теории и методологии изучения истории, формировании исторического мировоззрения студентов, терпимого отношения к иному мнению и готовности к диалогу, воспитания патриотизма и гражданской позиции.

В результате широкого профессионального и общественного обсуждения в рамках круглых столов, в печатных изданиях и СМИ, в которых приняли участие ученые и преподаватели, широкая общественность разработаны и приняты новая концепция и историко-культурный стандарт, выражающие основу нашей национальной идентичности, культурно-исторического кода. На данный момент ведется работа по подготовке серии новых учебников по отечественной истории, направленных на воспитание национальной гордости и патриотизма молодежи, начиная со школы и заканчивая высшими учебными заведениями. Данный процесс должен быть открытым, непредвзятым,

учитывать разные мнения относительно спорных событий и явлений истории, опираться на объективные факты и исторические источники в выработке правдивой трактовки, и в тоже время выражающей различные позиции и оценки.

Преподавательские коллективы находятся в поиске новых подходов в методологии преподавания истории, предполагающих переход к современным технологиям обучения, при которых логика истории как учебной дисциплины соответствует логике исторической науки, логике развития научных знаний в целом. Это в полной мере должно соответствовать цели высшего образования, направленной как на овладение студентом знаниями, так и способностью свободно ориентироваться в окружающем его мире. Сегодня в изучении истории не менее важно определить приоритет общечеловеческих духовных ценностей, созданных за тысячелетия мировой истории, которые должны органически сочетаться с национальными ценностями, способствовать формированию самостоятельного мышления, расширять кругозор обучающихся и упорядочивать реальное историческое пространство, а также развивать толерантность и взаимопонимание в условиях современного информационного общества.

Безусловно, такой подход к изучению истории позволяет синтезировать и прояснять отдельные события в свете общей исторической картины, тем самым открывая студентам научное восприятие общественного процесса. Необходимо рассмотрение разных мнений и толкований одного и того же факта или события, поскольку узкий и однозначный подход к изучению прошлого не характерен для исторической науки. Знание истории является ключевым в формировании личности студента, в сохранении и передаче социального и духовного опыта предшествующих поколений. Для успешной адаптации специалиста в обществе нужны знания и мировой истории, и истории отечественной науки и техники, а также истории избранной специальности, истории жизни и деятельности выдающихся ученых и инженеров, истории открытий, научных идей и их эмпирического применения. Знание этой исторической ретроспективы, отраженное в собственном практическом опыте, обеспечивает идентификацию молодого человека в сегодняшнем мире, помогает выработать свои стандарты поведения.

Образовательные стандарты третьего поколения (ФГОС 3+ и 3++) обозначили целый ряд существенных изменений как в содержании и структуре, так и в подходах к преподаванию истории в высших учебных

заведениях, в том числе в технических вузах. Анализ федеральных образовательных стандартов в части содержания дисциплины «История» показал, что предлагаемая примерная программа включает методологические и теоретические вопросы исторической науки, классификацию исторических источников и историографию, в целом рассмотрение истории России как части всемирной истории. Фактически на изучение истории России, начиная с древности и до настоящего времени, в контексте мировой истории выделяется вдвое меньше аудиторных часов, чем ранее. Это отражается на качестве преподавания, поскольку сужает перечень наиболее важных тем и вопросов, необходимых для изучения. В связи с этим перед техническими вузами стоит задача, наряду с существующей традиционной системой преподавания истории, разрабатывать и внедрять новые формы технологий обучения студентов неисторических направлений и профилей подготовки.

Данная проблема была поднята на съезде преподавателей истории вузов страны, проходившей в Москве (ноябрь 2017 г.) при поддержке Министерства науки и образования РФ. По результатам работы съезда была принята резолюция, отражающая проблемные вопросы и внесены конкретные предложения по совершенствованию преподавания истории в технических вузах с учетом реалий современности. Отрадно, что новые образовательные стандарты (3++), которые должны быть внедрены с сентября 2019 года, разработаны с учетом этих предложений – дисциплины «История России» и «Всеобщая история» представлены как два самостоятельных курса с соответствующими компетенциями, что позволяет расширить круг изучаемых теоретических вопросов за счет увеличения количества часов по историческим дисциплинам в целом.

Новые федеральные образовательные стандарты ориентированы, прежде всего, на результаты образования и основаны на компетентностном подходе. Компетентностная модель выпускника реализуется в способности применять гуманитарные знания в последующей профессиональной деятельности: обладать культурой мышления, аргументацией в построении устной и письменной речи, уважительно и бережно относиться к историческому наследию, своим и чужим культурным традициям, проявлять толерантность в восприятии этнических и расовых различий людей. Уровень овладения студентами общекультурных компетенций во многом связан с изучением блока гуманитарных дисциплин, которые

включены в базовую и элективную части учебных планов, а также в перечень дисциплин по выбору студентов. Исходя из этого, преподавателями кафедры истории и педагогики ФБГОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» для всех направлений бакалавриата, реализуемых в университете, разработаны учебно-методические комплексы по историческим дисциплинам, ведется постоянная работа по созданию электронно-образовательных ресурсов читаемых дисциплин и размещение их на электронной площадке университета для внедрения в учебный процесс.

На протяжении ряда лет наряду с традиционными методами широко внедряются в учебный процесс и инновационные – ориентированные на реализацию личностно-развивающей парадигмы образования и использование интеллектуально-творческого потенциала студента. В качестве таковой выступает интерактивная модель обучения с широким использованием информационных компьютерных технологий (ИКТ). Так, в учебном процессе практикуется проведение проблемных лекций, лекций-презентаций, конкурсы творческих работ с их последующим обсуждением, метод инсценирования ключевых событий из истории России, on-line обучение и другие современные формы с учетом технических возможностей кафедры и университета.

Интерактивные формы проведения занятий позволяют организовать и самостоятельную работу студента, способствуют развитию его коммуникативных навыков, выработки навыков активного слушания и согласованных действий, помогают конструировать и интерпретировать историческую ситуацию, способствуют активизации познавательной активности в целом. Интерактивные занятия сегодня можно отнести к эффективным технологиям обучения гуманитарным наукам, в частности, дисциплине «История» студентов, в том числе, технических вузов. Однако есть и проблемы. Опыт показывает, что при проведении проблемных лекций и семинаров-дискуссий возникают определенные сложности: не все студенты готовы воспринимать проблемную лекцию с высоким уровнем теоретических обобщений, равно как и участвовать в обсуждении, уметь аргументированно излагать и отстаивать свою позицию. Тем более это относится к студентам технических специальностей, большинство которых демонстрирует слабый уровень исторического знания и общей гуманитарной подготовки.

Среди эффективных форм индивидуальной работы студентов нужно выделить следующие – подготовку эссе, рефератов, различного рода заданий (сравнительных схем и таблиц), отражающих анализ исторических явлений и событий, презентации и другие. Безусловно, все виды письменной и творческой работы способствуют самообразованию, умению анализировать и творчески мыслить, аргументировать свои суждения и делать определенные выводы, овладевать грамотной речью, демонстрировать навыки работы с современными техническими средствами (компьютером, айпадом, электронной книгой, сайтами архивов страны и региона и т. д.). Это позволяет объективно оценить знания студентов, поскольку новые образовательные стандарты и образовательные программы ставят перед вузами задачу не только обучения, но и оценки результатов образования на основе компетентностного подхода. Кроме того, они помогают привести исторические знания в соответствие с требованиями мониторинга по данной дисциплине (например, федеральное on-line-тестирование и всесоюзные on-line-олимпиады по истории России), активно использующими фотографические, картографические и иные иллюстративные материалы.

Важным фактором успешного применения новаций и современных технологий является создание в вузах специализированных структурных подразделений – информационных центров и хорошо оснащенных интернет-классов, что способствует повышению престижа учебного заведения и позволяет в том числе и преподавательскому коллективу совершенствовать навыки работы с применением ИКТ. Все это в совокупности придает новый импульс образовательному процессу, так как именно интерактив, мультимедиа и коммуникативность предоставляют новый уровень наглядности и объема предоставляемой студентам учебной и научной информации.

В современной педагогике высшей школы накоплен определенный багаж знаний в области методов и приёмов использования мультимедийных технологий в обучающем процессе. Опираясь на ряд работ в данной сфере, автор обобщает собственный опыт применения презентаций в ходе обучения студентов технических специальностей в университете, что позволяют превратить презентацию из вспомогательной во вполне самостоятельную форму самостоятельной работы студентов, как в индивидуальном, так и коллективном порядке. Соединение текста и иллюстрации активизирует процесс запоминания, позволяет сравнить разные исторические эпохи, эффективно и оперативно проводить обсуждение, что развивает творческую активность студентов.

Сегодня новому поколению студентов важно показать, что история – это наука, позволяющая использовать новации в изучении исторических источников, прививающая навыки научного подхода к оценке исторических явлений прошлого. Такой подход при рассмотрении исторических реалий способствует индивидуальному видению и активизации самостоятельного поиска студентом информации для ответов на поставленные проблемные вопросы. Решение проблемных задач позволяет студенту усвоить новые знания, что не менее важно, чем знание фактов и хронологии, приобретенное простым запоминанием. Именно проблемное обучение утверждает характер содержательной и мотивационной специфики, способствует развитию исследовательских, аналитических и методико-практических навыков, необходимых будущему специалисту.

Использование новаций в преподавании гуманитарных наук, в первую очередь, истории, обогащает познания будущего специалиста, готовит условия для свободного самоопределения студента в широком поле мировоззрений, расширяет эмоциональный потенциал, прививает общекультурные и профессиональные компетенции в социокультурном аспекте и тем самым ускоряет процесс адаптации к рынку в период последующей профессиональной деятельности.

Источники

1. Сломинская Е.В. Методические особенности преподавания истории в технических вузах // Современные проблемы науки и образования. 2014. №6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15879> (дата обращения: 27.10.2018).

2. Быковская Г. А. Инновационные методы преподавания истории // Проблемы изучения истории XX века в высшей школе в условиях перехода на Федеральные государственные образовательные стандарты нового поколения: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. Казань, 2011. С. 61–65.

3. Суслов А.Ю., Салимгареев М.В., Хамматов Ш.С. Инновационные методы преподавания истории в современном вузе // Образование и наука. 2017. Т. 19, № 9. С. 70–85.

ИСТОРИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНА В МУЗЕЙНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ (МУЗЕЙ КАЗАНСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА)

Гузель Борисовна Сайфутдинова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

guzelsai@mail.ru

Анализируется проблема формирования музейных коллекций в контексте модернизации музейной коммуникации и массового распространения интернет-технологий. Подчеркивается, что форма и содержание музеев как социального института подвержены изменениям: современный музей создает и предоставляет необходимую информацию и массовую доступность к интеллектуальному и историко-культурному наследию. Автор делится опытом создания музейной экспозиции в эффективных формах (на примере музея Казанского государственного энергетического университета), где важное место отводится новым музейным и информационно-коммуникативным технологиям.

Ключевые слова: музей вуза, музейные инновационные технологии, виртуальные экспозиции, ИКТ, социальные сети, КГЭУ.

HISTORY OF THE REGIONAL ENERGY SYSTEM IN THE MUSEUM EXPOSITION (MUSEUM OF KAZAN ENERGY UNIVERSITY)

Guzel Borisovna Saifutdinova

The problem of the formation of museum collections in the context of the modernization of museum communication and the mass distribution of Internet technologies is analyzed. It is emphasized that the form and content of museums as a social institution are subject to change: the modern museum creates and provides the necessary information and mass accessibility to the intellectual, historical and cultural heritage. The author shares the experience of creating a museum exposition in effective forms (on the example of the Kazan State Energy University Museum), where an important place is given to new museum and information and communication technologies.

Key words: university museum, museum innovative technologies, virtual expositions, ICT, social networks, KSEU.

Появление музеев в высших учебных заведениях в России связано с развитием отечественной науки и преподавательской деятельности. Вузовский музей как социокультурное и образовательное явление имеет ряд отличий. Мы согласны с С. В. Муравской, которая объясняет, что «уникальность музеев при вузах – то, что они составляют часть системы образования и являются звеном между академическим миром и обществом. Они представляют, культивируют и олицетворяют многие университетские ценности, а их общая позиция дает возможность передавать упомянутые ценности уникальным образом» [1, с. 114–121].

Сегодня музей вуза – это средство трансляции историко-культурного наследия. Отличительной особенностью музейного собрания по истории вуза является участие в его формировании ветеранов вуза – современников эпохи. Как пишет Л.З. Боголепова: «На основе музейных предметов и сведений о нематериальном историко-культурном наследии научно-педагогической интеллигенции должна создаваться объективная картина формирования и развития высшего профессионального образования» [2, с. 12–17].

Музей истории Казанского энергетического университета, являясь структурным подразделением университета, представляет собой организацию патриотического и нравственно-эстетического воспитания студентов и абитуриентов, что обеспечивает формирование особой социокультурной среды учреждения высшего профессионального образования, ориентированного через непрерывное повышение качества образовательных услуг и научно-исследовательских разработок. Коллекция музея посвящена истории энергетической промышленности и энергетического образования в регионе, в ней нашли отражение основные вехи энергетической промышленности региона и университета: от строительства первой электростанции переменного тока в Казанской губернии и основания первого энергетического института в Казани в 1930 году до современных достижений ученых КГЭУ. Мы согласны с В.П. Арзамасцевым в том, что «хранящиеся в фондах музейные предметы и представленные в музейной экспозиции выступают знаковыми компонентами информационной системы с определенным смыслом, предполагающим понимание со стороны посетителя» [3, с. 134–135].

Концептуально экспозиция музея КГЭУ поделена на два зала, первый зал отражает историю энергетики региона и хронологически делится на три периода:

- дореволюционный период отображает тему «Исторические вехи энергетической отрасли с середины XIX века в Поволжском регионе», она представлена материалами, воссоздающими энергетику Казанской губернии через исторические предметы, фотографии, архивные документы и т. д.;

- советский период развития энергетики региона отражается через такие темы, как «Октябрьская социалистическая революция», «Гражданская война», «Образование Казанского энергетического института» (просуществовал 5 лет), «План РОЭЛРО», «Великая Отечественная война и энергетика», «Развитие хозяйства, промышленности и энергетики ТАССР»;

- современная эпоха представлена достижениями науки, образования и энергетического производства региона. К экспозиционным материалам прилагается словарь энергетических терминов, фото и архивные материалы с их подробной аннотацией.

Второй зал посвящен непосредственно истории Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ).

Музей КГЭУ в своей научно-практической деятельности приоритетное место уделяет внедрению в экспозиционную практику современных моделей коммуникации, формируя технологичное пространство, экспозиционеры стремятся к введению коллекционных материалов в виртуальное обозрение информационного пространства через web-сайты и социальные сети. Экспозиция построена через внедрение в свою деятельность достижений инновационных технологий поэтапно: от создания электронной базы данных до виртуальных экскурсий. Авторы экспозиции используют информационные интерактивные компьютерные разработки, позволяющие передать различный объем информации, адаптированный для разных категорий пользователей – от специалистов до студентов, разнообразные по концептуальной направленности – от короткой экскурсии до подробного описания исторической эпохи. Сотрудниками музея созданы описания предметов, документов и фотографий, с помощью которых посетители могут получить сведения о любом экспонате, заглянуть в музейные фонды и познакомиться с наиболее интересными на их взгляд музейными предметами и, самое главное, получить тот объем информации, в котором нуждаются посетитель [4, с. 114–127].

На этапе внедрения в деятельность вузовского музея инновационных технологий создана коммуникативная разработка, организованная в форме аудиолекций и мастер-классов. Для просмотра видео-фондов и тематических лекций в музее установлен экран и проектор.

В целях технологичности и концептуальной целостности музейной экспозиции она была дополнена синхронизированным освещением витрин – подсветка с использованием многоканального контроллера, с аудио-режимом текста экскурсии. Трансляция экскурсии ведется на трех языках: русском, татарском, английском.

Учитывая глобальную информатизацию социального пространства, происходящую во всех областях культуры и усиление коммуникативных связей в обществе посредством развития информационно-коммуника-

тивных технологий (ИКТ), их внедрение в музейное пространство – цель экспозиции. Новые музейные технологии способствуют расширению границ виртуального пространства для посетителей, что является насущной задачей модернизации, в том числе и вузовских музеев, из-за преобладания молодежной аудитории, в которой приветствуется тотальный онлайн [5, с. 300–304; 6, с. 102–107; 7, с. 123–127].

Музей – активно посещаемое студентами, преподавателями, сотрудниками университета место, его гости в любой день могут прийти в музей и найти здесь интересующие их материалы по истории энергетики Республики Татарстан и вуза.

Таким образом, музей КГЭУ – технологичный, современный, формирующий и предоставляющий в доступной форме необходимую информацию по интеллектуальному и историко-культурному наследию региона и конкретного вуза объект. На взгляд авторов экспозиции, информатизация экспозиционного пространства улучшает деятельность музея и делает экспозицию более востребованной у современной молодежи.

Источники

1. Муравская С. В. Музеи высших учебных заведений: некоторые особенности существования // Вопросы музеологии. 2012. № 2(6). С. 114-121.

2. Боголепова Л. З. Музеи истории вузов: концепция комплектования коллекций на современном этапе // Вестник КемГУ. 2011. № 4. С. 12–17.

3. Арзамасцев В.П., Грачев Е.А. Государственный музей-усадьба В.Г. Белинского. Саратов: Приволж. кн. изд-во; Пенза: Пенз. отд-ние, 1985. 127 с.

4. Сайфутдинова Г.Б. Экспозиция музея КГЭУ «Энергетическая промышленность и образование в Татарстане» // Вестник КГЭУ. 2014. № 1(20). С. 114–127.

5. Педагогические условия повышения мотивации студентов вузов к учебной и научно-исследовательской работе посредством ИКТ / Г.Б. Сайфутдинова [и др.] // Казанский педагогический журнал. 2015. № 5. Ч. 2. С. 300–304.

6. Сайфутдинова Г.Б., Усачев С.С. Становление энергетики Татарстана глазами современника эпохи // Вестник КГЭУ. 2015. № 4(28). С. 102–107.

7. Козелков О.В., Сайфутдинова Г.Б. История и развитие централизованного электротеплоснабжения в Татарстане // Вестник КГЭУ. 2015. № 4(28). С. 123–127.

УДК 621.311

ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ НЕПРИВЯЗАННОСТИ ПРИЕМНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Александр Евгеньевич Сидоров¹, Михаил Сергеевич Литвиненко²,
Елена Владимировна Трутнева³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹asidorini@rambler.ru, ²26121963@ukr.net, ³e_trutneva11@bk.ru

В работе рассматриваются методы проектирования и формирование оптимальных схем электроснабжения с целью установления общих закономерностей решения проблемы географической непривязанности электроприемников в распределительных сетях низкого напряжения.

Исходными данными в рассматриваемой задаче являются координаты и энергетические параметры потребителей электроэнергии, а также координаты мест, допустимых по генеральному плану для размещения источников питания, и принятая номенклатура самих источников.

Ключевые слова: схемы электроснабжения, радиальная схема, магистральная схема, оптимизация потерь в сетях, моделирование, методы проектирования.

THE APPROACH TO THE OPTIMIZATION OF DISTRIBUTION LOSSES IN LOW VOLTAGE NETWORKS WITH GEOGRAPHICAL ATTACHMENT NOT RECEIVERS OF ELECTRIC ENERGY

Alexander Evgenievich Sidorov, Mikhail Sergeevich Litvinenko,
Elena Vladimirovna Trutneva

The paper discusses methods of design and development of optimal schemes of power supply, with the aim of establishing General laws of solution to the problem not of geographical affection of consumers in the distribution networks of low voltage.

The initial data in the considered problem are the coordinates and energy parameters of electricity consumers, as well as the coordinates of the places allowed by the master plan for the placement of power sources, and the adopted nomenclature of the sources themselves.

Key words: power supply schemes, radial scheme, main scheme, loss optimization, modeling, design methods.

При традиционных методах проектирования принятие проектного решения осуществляется на основе технико-экономического сравнения вариантов, степень приближения которых к оптимальному определяется квалификацией и опытом специалистов, предложивших варианты.

Достаточная трудоемкость процесса обуславливает необходимость поиска и разработки методов, позволяющих находить с использованием автоматизированных систем такие проектные решения, которые не могли бы быть улучшены специалистами самой высокой квалификации.

Поэтому постановка задачи создания автоматической системы проектирования, роль специалистов в которой сводится лишь к подготовке исходных данных, очевидно, преждевременна. Однако возможно и необходимо создание системы автоматизированного проектирования, позволяющей получать проектные решения при условии, что специалистами предварительно осуществляется анализ исходных данных с точки зрения количественно не оцениваемых критериев, и на основе этого анализа производится селективный ввод данных в систему с целью исключения возможности получения нежелательных результатов. Так, например, при формировании схемы электроснабжения на напряжении 10 кВ необходимо предварительно определить тип шкафов комплектных распределительных устройств, что равносильно исключению для данного проекта шкафов всех других типов.

Использование автоматизированной системы для оптимизации проектных решений возможно только при условии, что осуществлена формализация проектной задачи и имеется ее математическое описание, отражающее наиболее существенные взаимосвязи параметров проектируемой системы между собой. В общем случае для каждого конкретного объекта можно разработать несколько математических моделей, отличающихся степенью адекватности реальной системе, и в этой связи необходимо решение вопроса об условиях корректности создания математической модели системы электроснабжения изолированно от общей задачи оптимального проектирования генерального плана города, промышленного узла или предприятия с учетом оптимизации других инженерных сетей, транспортных коммуникаций и требований архитектурной эстетики. Необходимо отметить, что даже при принципиальной возможности создания математической модели такой комплексной задачи это неизбежно значительно увеличит ее размерность и приведет к модели большой системы, оптимизация которой в целом без декомпозиции на подсистемы современными вычислительными средствами неосуществима.

Теоретические основы формирования оптимальных схем электроснабжения рассматриваются на достаточно длительном промежутке времени, причем цель исследований состояла в установлении общих закономерностей решения проблемы. Последнее обуславливало ряд

допущений, основными из которых являлись замена дискретных величин гладкими непрерывными функциями и детерминированность мощности источников питания. Сформулированный на основании методов теории подобия важный теоретический вывод о наличии области устойчивости решения задачи формирования систем электроснабжения по существу является основой для использования итерационного процесса уточнения решений локальных подзадач при декомпозиции общей задачи формирования схемы электроснабжения. Областью применения других выводов и рекомендаций являются те стадии проектирования, когда объем располагаемой исходной информации минимален – предпроектные проработки, связанные с планированием оптимальных параметров систем, и технические проекты.

В дальнейшем на стадии рабочего проектирования объективно появляется возможность создания математических моделей, обладающих большей степенью адекватности существу проблемы формирования систем электроснабжения.

Условием допустимости локальной оптимизации схемы электроснабжения, повышающим «уровень внешнего правдоподобия модели», является удовлетворение этих требований, что обуславливает необходимость размещения источников питания и трассировки электрических сетей только в местах, допустимых по генеральному плану, и рассмотрения множества потребителей электроэнергии, связанных непрерывностью технологии, как единого целого. Наличие целочисленных переменных в целевой функции модели формирования систем электроснабжения при таком подходе, наряду со значительной размерностью ее матрицы для практических задач характеризует формулируемую проблему как большую систему и диктует необходимость ее дальнейшей декомпозиции на подсистемы.

При этом целесообразно использование основных положений кибернетического моделирования, согласно которым, каждой подсистеме соответствует некоторая функциональная характеристика, причем, если функциональные характеристики подсистем математически идентичны, то в системе автоматизированного проектирования становится возможным иметь единый оптимизирующий программный модуль, решающий в зависимости от характера исходных данных ту или иную проектную задачу. В качестве функциональной характеристики подсистем принимаются параметры (тип, мощность и место размещения) источников

питания, а также список потребителей электроэнергии, снабжение которых осуществляется от каждого источника. Формирование схемы электроснабжения от каждого источника первоначально осуществляется в предположении радиальной сети, поскольку, если целесообразно снабжение некоторой группы потребителей от данного источника по радиальной схеме, то это же тем более справедливо и при использовании магистралей. Последнее является следствием меньших приведенных затрат на магистральные схемы.

Таким образом, характер внутренних взаимосвязей каждой подсистемы в рассматриваемой проблеме (схема распределения электроэнергии в подсистеме) не влияет на функциональную характеристику.

Исходными данными в рассматриваемой задаче являются координаты и энергетические параметры потребителей электроэнергии, а также координаты мест, допустимых по генеральному плану для размещения источников питания, и принятая номенклатура самих источников.

Математическая модель любой подсистемы:

$$F = \sum_i \sum_j C_{ij} x_{ij} + \sum_l \sum_j B_{lj} y_{lj} \longrightarrow \min; \quad (1)$$

$$\sum_j x_{ij} = 1, \quad \forall i \in M_n; \quad (2)$$

$$\sum_l y_{lj} \leq 1, \quad \forall j \in M_m; \quad (3)$$

$$\sum_i S_i x_{ij} - \sum_l S_l y_{lj} \leq 0, \quad \forall j \in M_m; \quad (4)$$

$$f_j(x) - \sum_l S'_l y_{lj} \leq 0, \quad \forall j \in M_m; \quad (5)$$

$$\sum_i S_{ki jt} x_{ij} + \sum_l S_{klt} y_{lj} \leq S_{gt}, \quad \forall j \in M_m. \quad (6)$$

Источники

1. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие. Ростов-н/Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. 720 с.

2. Поспелов Г.Е., Федин В.Т., Лычев П.В. Электрические системы и сети. Минск, УП «Технопринт», 2004. 710 с.

3. Бартоломей П.И., Панковская Т.Ю. Оптимизация режимов энергосистем. Екатеринбург: УГУ-УПИ, 2008. 163 с.
4. Анализ развития крупных системных аварий / А.Н. Беляев [и др.] СПб.: СПбГПУ, 2005 57 с.
5. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1989. 592с.
6. Евдокунин Г.А. Электрические системы и сети. СПб.: СПбГПУ, 2001. 592 с.

УДК 378:53

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Лилия Витальевна Сироткина
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
liliya_belyaeva@mail.ru

Рассматривается реализация современных педагогических технологий в организации учебного процесса студентов-энергетиков. Наиболее эффективными оказались информационные технологии, проблемный подход.

Ключевые слова: лекции, проблемное обучение, информационные технологии.

USING EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF TRAINING STUDENTS IN THE ELECTRIC POWER PROFILE

Lilia Vitalevna Sirotkina

We consider the realization of modern educational technologies in the organization of the educational process of energy students. The most effective were information technologies, a problem approach.

Key words: lectures, problem-based learning, information technology.

Современный этап развития экономики напрямую связан с повышением энергоэффективности технологических процессов и производств, поэтому требуется подготовка высококвалифицированных специалистов, владеющих широким спектром компетенций в области энергоэффективности и энергосбережения, необходимых для реализации задач рационального использования топливно-энергетических ресурсов во всех сферах жизнедеятельности [1].

Будущие специалисты, включаясь в производственную деятельность, должны обладать научными знаниями из разных областей. Знания, умения и навыки, полученные учащимися в области техники, технологии,

экономики производства, общетехнические и общественные знания применяются в совокупности при выполнении производственной деятельности [2].

Традиционная подготовка специалистов, ориентированная на формирование знаний, умений, навыков в предметной области оказывается малоэффективной, поэтому учебный процесс требует внедрения новых педагогических инноваций (приемов, подходов, технологий) [3–5].

При изучении естественных наук широко используются лекции, практические и лабораторные занятия с применением интерактивных методов обучения, которые позволяют вовлекать студентов в проведение учебного процесса и таким образом формировать у них знания, практические и коммуникативные навыки, аналитические и экспериментальные умения [6].

Дисциплина «Химия» относится к модулю «Естественно-научные дисциплины» образовательной программы подготовки бакалавров в КГЭУ, ее освоение способствует формированию целостного естественнонаучного мировоззрения.

Для формирования общекультурных и профессиональных компетенций в процессе преподавания химии используются различные современные образовательные технологии, такие, как информационные технологии, проблемная лекция, работа в малых группах.

На кафедре «Химия» разработан курс лекций с использованием презентаций. Для подготовки лекции-презентации используются основные литературные источники, а также материал научных статей и монографий. Проведение лекции-презентации способствует более прочному запоминанию материала, позволяет повысить доступность и восприятие информации. При необходимости преподаватель может повторно остановиться на наиболее важных и сложных моментах лекции или повторить материал предшествующей лекции.

При проведении лекции с использованием презентаций повышается эффективность результатов обучения, оптимизируются затраты времени на усвоение знаний. По объему выдаваемого материала лекция-визуализация с использованием мультимедийных средств значительно превосходит традиционную лекцию, давая преподавателю возможность выдать логически заверченный материал; грамотное использование слайдов призывает слушателей к диалогу, делает позицию педагога доказательной [7].

Неотъемлемой составной частью учебного процесса при изучении дисциплины «Химия» являются лабораторные работы, задачей которых является формирование у студентов практических навыков работы с оборудованием, умений планировать эксперимент и анализировать полученные результаты. Работа проводится в малых группах, при этом используются интерактивные задания и тесты различного уровня сложности.

Для обработки данных химического эксперимента используется компьютер, который прививает навыки исследовательской деятельности, формирует познавательный интерес, повышает мотивацию, развивает научное мышление. Для решения многих практических задач по химии используется MS Excel, например, для построения калориметрической кривой по экспериментальным данным. На практическом занятии эта программа используется для построения фазовых диаграмм двухкомпонентных систем (системы с эвтектикой, твердые растворы) по кривым охлаждения.

Используя интернет-ресурсы и различные компьютерные программы, можно осуществлять поиск необходимой информации, моделировать различные процессы, которые трудно осуществить в лабораторных условиях.

При изучении отдельных тем дисциплины «Химия» используются виртуальные лабораторные работы, которые знакомят студентов с техникой выполнения экспериментов. Студентам предоставляется возможность собирать химические установки из стандартных элементов и проводить шаг за шагом виртуальные эксперименты. Кроме того, они могут производить необходимые измерения, используя модели измерительных инструментов.

Программное обеспечение для создания виртуальных лабораторных работ основано на моделировании и использовании насыщенного мультимедиа-контента [7].

Контроль знаний по дисциплине «Химия» осуществляется с помощью разработанных компьютерных тестов.

Информационные технологии [8] формируют умение работать с информацией, прививают исследовательские навыки, развивают коммуникативные способности.

Для студентов, изучающих химию, был создан дидактический комплекс информационного обеспечения дисциплины. В его состав входят рабочая программа дисциплины, конспект лекционного курса, задания по всем разделам курса, электронные версии методических указаний и учебных пособий, банк тестовых заданий.

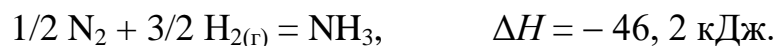
Дистанционное обучение занимает все большую роль в модернизации образования. Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников [5]. В системе *Moodle* доступны учебные материалы по химическим дисциплинам.

Решение задач в химическом образовании – один из приёмов обучения, позволяющий активизировать мыслительную деятельность студентов, формировать умения целенаправленного использования приобретённых знаний. Типовые задачи решаются с помощью определенных алгоритмов. Сложные творческие задачи заставляют студентов отказываться от шаблонного мышления, нацеливают на поиск необходимой информации и принципиально новых способов их решения.

Стратегия проблемного обучения позволяет педагогу результативно научить способам решения подобных задач на учебных занятиях.

Во время проведения проблемной лекции преподаватель создает проблемную ситуацию и вовлекает студентов в ее анализ. Разрешая противоречия, заложенные в проблемных ситуациях, студенты самостоятельно делают выводы и творчески усваивают новые знания.

Проблемные ситуации делят на ситуации конфликта и ситуации затруднения. В основе ситуаций конфликта лежат противоречия между ранее изученным материалом и знаниями, получаемыми в ходе занятия, например, между предсказанным теоретически ходом работы и реальными экспериментальными данными. Например, при изучении темы «Химическое равновесие» студентам предлагается решить задание, в котором необходимо подобрать оптимальные условия синтеза аммиака:



В соответствии с ранее изученным в курсе «Химия» принципом Ле Шателье студенты делают предположение, что реакцию необходимо проводить при низких температурах и высоком давлении. Однако синтез аммиака осуществляется при высоких температурах. В данном примере существует противоречие результатов приложения знаний из термодинамики и кинетики [9, 10]. С термодинамической точки зрения, данный процесс необходимо вести при более низкой температуре, однако для увеличения скорости реакции необходимы высокие температуры (3000–4000 °С), несмотря на смещение равновесия в сторону исходных веществ.

Проблемная ситуация возникает также при обсуждении вопроса об ограничении давления в данном процессе. Повышение давления смещает равновесие вправо, ускоряя процесс, но ограничивается прочностью колонны синтеза аммиака [9].

Для ситуаций затруднения характерны недостаточность знаний или их отсутствие, необходимые для объяснения результатов химического эксперимента или теоретического обоснования сущности изучаемых явлений [10]. При изучении темы «Электролиз» необходимо объяснить причину выделения водорода на катоде, а кислорода на аноде при электролизе водного раствора сульфата натрия. Для объяснения этого факта, необходимы справочные таблицы (ряд напряжений металлов; ряд анионов, расположенных в порядке убывания способности к окислению) и теоретический материал по этой теме.

В процессе выдвижения гипотез студенты размышляют, пытаются найти ответ, опираясь на имеющиеся знания из ранее изученных дисциплин, критически оценивают свои предположения. В результате поиска ответа студенты осознают тот факт, что их знания недостаточны. В результате возрастает мотивация к обучению, повышается интерес к предмету.

Проблемное обучение позволяет интегрировать теоретические знания и практический опыт, полученный при прохождении производственной практики.

В настоящее время широкую распространенность получил исследовательский метод, который рассматривается как организация поисковой и познавательной деятельности [10] с помощью практических задач, требующих самостоятельного решения. Учебные исследовательские работы делятся на теоретические и экспериментальные. Теоретические работы оформляются в виде доклада или реферата. Темы выбираются самостоятельно студентами из предложенного преподавателем списка. Как правило, темы носят междисциплинарный характер. Результаты исследовательских работ студенты докладывают на научно-практических конференциях, что способствует повышению внутренней мотивации к решению проблем.

Исследовательское обучение не создает новых объективных научных данных, но моделирует научный поиск и приводит к субъективно новым научным знаниям у студентов.

Сочетание современных технологий с традиционными методами обучения (чтение лекций, проведение лабораторных и практических работ) позволяет оптимизировать образовательный процесс, открывает принципиально новые педагогические возможности, что способствует улучшению качества профессиональной подготовки будущих специалистов-энергетиков.

Источники

1. Лепеш Г.В. Подготовка специалистов в области энергоэффективности как приоритетная задача образования // ТТПС. 2014. № 2(28). С. 3–5.

2. Степанов А.П., Золотонос Я.Д. Организация дифференцированного подхода в графической подготовке студентов-энергетиков // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2004. С. 107–113.

3. Андреев В.И. Педагогика высшей школы. Инновационно-прогностический курс: учеб. пособие. Казань: Центр инновационных технологий, 2008. 500 с.

4. Шумакова Н.В. Инновационные технологии в системе профессиональной подготовки студентов // Молодой ученый. 2013. № 5(52). С. 787–789.

4. Шепелев М.В. Основные подходы к организации проблемного обучения одаренных школьников на пропедевтическом этапе изучения химии // Проблемы и перспективы развития образования в России. 2014. С.169–174.

5. Герасимова Л.В., Ларина Е.Ю., Онохина Н.А. Использование информационных компьютерных технологий при изучении дисциплины «Химия» // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. 2014. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-informatsionnyh-kompyuternyh-tehnologiy-pri-izuchenii-distipliny-himiya>.

6. Алмабекова А.А., Кусаинова А.К., Алмабеков О.А. Формирование познавательной деятельности студентов на занятиях по химии // Вестник КазНМУ. 2015. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-roznavatelnoy-deyatelnosti-studentov-na-zanyatiyah-po-himii>.

7. Мельченко Г.Г., Иванова Л.А., Голубева Н.С. ИКТ в преподавании курса «Аналитическая химия» // Высшее образование в России. 2013. № 3. С. 155–157.

8. Современные технологии в процессе преподавания химии / сост.: С.В. Дендебер, О.В. Ключникова. М.: 5 за знания, 2007. 112 с.

9. Сироткина Л.В. Современные технологии в процессе преподавания физической химии // Актуальные вопросы инженерного образования: содержание, технологии, качество: матер. VII Межвуз. науч.-метод. конф. Т. 2. Казань: Бриг, 2016. С. 270–276.

10. Зайцев О.С. Методика обучения химии: Теоретический и прикладной аспекты. М.: Владос, 1999. 382 с.

УДК 372.893

СПЕЦИФИКА МЕЖКУЛЬТУРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Зарина Ринатовна Слесаренко

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

RZarina78@mail.ru

Статья посвящена вопросу межкультурной коммуникации в инженерном образовании. Описаны основные формы коммуникации, особенности и специфика межкультурной коммуникации в преподавании истории. Анализ процесса межкультурного общения показывает, что взаимопонимание людей, невзирая на культурные различия, обеспечивает единство всего человечества.

Ключевые слова: межкультурная коммуникация, межличностные и групповые отношения, эмпатия, эмпатийный подход.

SPECIFICITY OF INTERCULTURAL COMMUNICATIONS IN ENGINEERING EDUCATION

Zarina Rinatovna Slesarenko

The article is devoted to the issue of intercultural communication in engineering education. The basic forms of communication, features and specificity of intercultural communication in the teaching of history are described. Analysis of the process of intercultural communication shows that mutual understanding of people regardless of cultural differences ensures the unity of all mankind.

Key words: intercultural communication, interpersonal and group relations, empathy, empathic approach.

Проблема межкультурной коммуникации сегодня приобретает особую актуальность. Это связано, в первую очередь, с процессом глобализации, охватывающим все стороны социокультурной жизни, в том числе и высшее образование. Так процесс преподавания в высшей школе может быть представлен как сеть межличностных и групповых отношений представителей различных национальностей, социально-культурных общностей и групп, носителей основных типов научного знания.

Межкультурные коммуникации могут быть рассмотрены как коммуникации социального уровня (цивилизационные межкультурные коммуникации, национальные, этнические), так и интересубъективные коммуникации – взаимодействия индивидуальных носителей культуры. Межкультурные коммуникации протекают не только в едином (наличном) пространственно-временном интервале, но и между культурами различных исторических эпох (К. Ясперс). В аспекте научного знания коммуникации осуществляются между гуманитарной и естественнонаучной формами культуры (Ч. Сноу).

Понятие межкультурной коммуникации принадлежит американским культурным антропологам (Э. Холл, Д. Трагер), которые в 1954 г. издали книгу «Культура и коммуникация: модель и анализ», где данное понятие охарактеризовали как особую область человеческих отношений [1]. По мнению исследователей, каждый человек должен стремиться к тому, чтобы как можно лучше и эффективнее адаптироваться к окружающему миру [2]. Позже Э. Холл продолжил развивать идеи о взаимосвязи культуры и коммуникации. Автор отметил, что для описания межкультурной коммуникации использовалось классическое понимание культуры, как системы осознанных и бессознательных правил, ценностей, норм и структур, что считалось национальной или этнической культурой [2]. Т.Б. Фрик пишет, что межкультурная коммуникация представляет собой общение людей разных культур [4].

Таким образом, понятие межкультурная коммуникация следует трактовать как связь и общение между представителями различных культур.

На наш взгляд, преподавание гуманитарных предметов, в том числе истории, в современном высшем учебном заведении технической специализации, реализуясь на межличностном уровне, связано с основными формами межкультурных коммуникаций. Перечень возможных уровней коммуникаций можно продолжить: коммуникации между морально-этической, эмоциональной и рациональной культурой и т. д.

Изучение законов и механизмов социокультурного и исторического процессов базируется на анализе национальной и этнической культуры. В ходе лекций и семинарских занятий по истории изучаются основные этапы, периоды развития человека, его деятельность, мировоззрение, культура, социальные связи в прошлом. Отдельное внимание уделяется изучению различных источников о прошлом с целью установления причинно-следственных связей и последовательности событий, объективности описанных фактов, а также выявлению существенных выводов о причинах событий.

Следует отметить, что традиционное ведение лекций и семинарских занятий для студентов с техническим складом мышления не всегда эффективно. Для повышения познавательного интереса методом погружения в историческую «действительность» необходимо использовать видеолекции, презентации, применять дистанционные формы обучения, поскольку современных студентов больше увлекает медиасреда, нежели чтение обычного текстового вузовского учебника, в котором нет иллюстративного материала.

Специфика межкультурной коммуникации в инженерном образовании заключается в том, что в ней определяющими становятся эмпатия и эмпатический подход.

Термин эмпатия введен Э. Титченером для обозначения внутренней активности человека. Т. Липс в своей теории эстетического воспитания охарактеризовал эмпатию как процесс понимания человека, а К. Роджерс указывал на то, что эмпатия осуществляется тогда, когда возникает коммуникация, когда ваш собеседник осознаёт, что вы его понимаете. Такое заключение он может сделать по вашей позе, мимике, словам и поступкам.

На наш взгляд, эмпатичность педагога является необходимым условием при преподавании различных дисциплин, в том числе и истории, так как она (эмпатия), воздействуя на эмоционально-духовную сторону личности, раскрывает её творческий и рационально-духовный потенциал, а следовательно, способствует воспитанию культуры личности студента, восприятию другой культуры и, соответственно, пониманию самобытной культуры эпох и народов, осмыслению творчества отдельных субъектов культурно-исторического процесса.

Многообразие межкультурной коммуникации зависит от способности понимать друг друга и достигать полного согласия, которое определяется культурой взаимодействующих сторон. Определяющим в этом случае является эмпатический подход, то есть эмоционально-чувственное проникновение в другой мир другого человека. Так возникает способность человека принять и понять поступки другого человека, его чувства и мировоззрение [3].

В процессе межкультурной коммуникации уместно указать золотое правило этической нравственности, которое выражает сущность эмпатического подхода: относись к людям так, как хочешь, чтобы они относились к тебе.

Для того чтобы между людьми возникло взаимопонимание, эмпатия, необходимо придерживаться основных правил:

- внимательно слушать собеседника;
- уметь ставить себя на место собеседника, чтобы понять то, что и как он чувствует себя;
- проявлять сочувствие, сопереживание к другому человеку;
- обладать способностью понимать точку зрения другого человека.

Таким образом, проблема межкультурной коммуникации сегодня приобретает особую значимость. Способность понимать другого человека и общаться с ним, невзирая на культурные различия, становится важной как на личностном, так и на профессиональном уровне. Взаимопонимание различных народов и культур обеспечивает единство всего человечества.

Источники

1. Грушевицкая Т.Г., Попков В.Д., Садохин А.П. Основы межкультурной коммуникации. М., 2002.
2. Гришаева Л.И., Попова К. Культура взаимопонимания и взаимопонимание культур. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2014. Ч. 1. 219 с.
3. Слесаренко З.Р. Эмпатия как атрибутивное свойство культуры // автореферат дис. ... канд. филос. наук. Казань, 2013.
4. Фрик Т.Б. Основы теории межкультурной коммуникации: учеб. пособие. Томск: Томский политехнический университет, 2013. 100 с.

УДК 378.048.2

МЕСТО ФИЛОСОФИИ В СИСТЕМЕ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ РАЦИОНАЛЬНОСТИ

Жанна Викторовна Федорова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

fedorova_zhanna_v@mail.ru

В статье анализируется вопрос о соотношении философии и мировоззрения. Автор обосновывает положение о том, что сформированная в результате изучения философии «культура ума» – рационально-теоретический, понятийный тип восприятия мира – поможет будущему инженеру решать не только профессиональные задачи, но и ориентироваться в проблемах и тенденциях общественного развития. Доказывается необходимость философской рефлексии в области технических и естественных наук.

Ключевые слова: инженерное образование, гуманизация, мировоззрение, функции философии, личностный подход.

PLACE OF PHILOSOPHY IN THE SYSTEM OF ENGINEERING-TECHNICAL RATIONALITY

Jeanne Victorovna Fedorova

The article analyzes the question of the relationship between philosophy and worldview, the author substantiates the proposition that the «culture of mind» formed as a result of studying philosophy – a rational-theoretical, conceptual type of world perception – will help the future engineer to solve not only professional problems social trends. The necessity of philosophical reflection in the field of technical and natural sciences is proved.

Key words: engineering education, humanization, worldview, functions of philosophy, personal approach.

Тенденция гуманизации стала в последние годы одной из основных в образовательной системе РФ. Основная задача гуманизации состоит в том, чтобы не противопоставлять гуманитарное и инженерно-техническое образование, а искать пути их улучшения в единстве и взаимопроникновении. Философия в данном случае может играть объединяющую роль, поскольку представляет собой фундаментальную науку именно обобщающего характера и служит формированию рефлексивно-критического мышления.

В современном мире существует потребность во взаимодействии инженерно-технического и социально-гуманитарного типов рациональности. Это обусловлено тем, что представления человека о мире формируются на базе естественнонаучной и технической рациональности, а осмысление происходит в гуманитарной. Между ними нет противоречий, естественнонаучные и технические знания всегда оперируют философскими категориями: пространство; время; материя; взаимодействие и движение; причинность и закономерность; возникновение и эволюция Вселенной; место человека в мире; мышление и разум [1, с. 22–23].

Возросла необходимость взаимодействия между преподавателями гуманитарных и технических дисциплин, развиваемого по нескольким направлениям: проведение совместных научно-методических конференций, подготовка аспирантов технических специальностей, разработка междисциплинарных курсов и т. д.

Один из путей гуманизации образования – это развитие гуманистического мировоззрения у студентов технического вуза. А мировоззренческая функция является одной из основных функций философии.

Философия, в отличие от любой другой науки, начинается с человека, с попытки ответить на вопросы: «Что такое человек?», «Что для него есть мир?», «Каково его место в нем?». Философия представляет

собой не только сумму определённых знаний, но и особое состояние ума, особую умонастроенность – тягу к свободомыслию. Философия формирует научное мировоззрение, ценностные ориентации и жизненные позиции. В этом смысле она играет важную роль в процессе гуманизации всей системы высшего технического образования, поскольку среди ее задач – формирование научной картины мира, философско-мировоззренческая ориентация студентов в понимании смысла жизни, своей уникальности и ценности.

Одним из направлений гуманизации образования является реализация творческого потенциала. Давно признано, что в общекультурном развитии человека исключительную роль играют два компонента духовной культуры общества – это философия и искусство. И если искусство воспитывает чувства, развивает эстетическое восприятие мира, облагораживает человека, то философия, в первую очередь, воздействует на интеллектуальную сторону: развивает мышление, мировоззрение, методологию познания.

Изучение философии помогает студентам избежать однобокости узкоспециального образования, овладеть духовной культурой, общечеловеческими ценностями. Философия формирует и развивает научно-теоретическое мировоззрение человека, вооружает его общей методологией познания – диалектикой, чего не дает никакая другая наука. Она развивает также теоретическое мышление, культуру мышления, эрудированность. Поэтому следует шире использовать образовательный потенциал философии [2].

Польза философии в том, что она есть еще и ничем не заменяемая часть культуры. Она помогает понять человеческий смысл его профессиональной деятельности, ориентироваться в пространстве всеобщих культурных ценностей, даёт возможность самопознания, саморефлексии. Наконец, философия иммунизирует сознание против манипуляций [3, с. 114-120].

Кроме того, философия – это ценностное знание, не безразличное к ценностям и интересам человека, то есть знание о месте и роли человека в мире. Философия формирует мировоззрение, основанное на доводах разума: всякая «философия есть рациональное построение человеческого духа» [4, с. 11]. Таким образом, философия призвана формировать рациональное мировоззрение современного человека, который ответы на мировоззренческие вопросы ищет не в преданиях предков (миф), и не в вере в авторитет (религия), а в умозакключениях разума. Все эти представления являются принципами гуманистической парадигмы образования.

Педагогическая цель курса философии – заставить человека задуматься о себе, сформировать своё суждение. И философская проблематика здесь в привилегированном положении: в иных типах рациональности личная точка зрения человека никого не интересует. Ни одна из специальных наук не развивает личностные качества, такие, как гибкость, широкая компетентность, сомнение в догмах, творчество, которые необходимы для выживаемости и адаптации в современном мире [5, с. 69–77].

Важную роль в гуманизации инженерно-технической рациональности играет теория познания и методология науки. Именно в методологии науки можно увидеть основные принципы гуманизации, которые следовало бы перенести в учебный процесс. К примеру, познание всегда предполагает творческое креативное начало, придумывание различных приёмов экспериментирования и наблюдения. При этом следует избегать прямого навязывания представлений о системе мироздания (догматизм), не только всегда подчёркивая их относительный характер, но и отмечая определённые устойчивость и преемственность [6, с. 32]. Высший уровень философской методологии – диалектика – помогает смотреть на мир как на вечное развитие и становление, а корень развития искать во внутренних противоречиях явлений. Наконец, философия, осуществляя синтез всего наличного знания и совокупной человеческой культуры, помогает осознать и наметить как смысл и содержание выдвигаемых задач, так и пути и способы их достижения.

Особую роль в формировании инженерно-технической рациональности играет критическая функция философии. Обладая антидогматическим, антиавторитарным характером, философия нацелена на все сферы человеческой деятельности. Давая возможность свободно высказывать разные мнения, философия учит критически относиться к окружающему, и, прежде всего, к технической и социальной действительности.

Кроме того, философия помогает выработать консенсус, согласие в процессе конструктивного взаимодействия различных духовно-культурных позиций и творческого общения их носителей. Так происходит диалог, сотрудничество, взаимное дополнение и обогащение различных точек зрения.

Таким образом, цель современной высшей школы – культивировать не только профессиональные компетенции, но и отношение к человеку, а не к механизму как к высшей ценности. Назначение философии

во многом совпадает с задачами технического образования. Поэтому философия играет особую роль в этом процессе: формирует у студента научно-теоретическое мировоззрение; приобщает его к общечеловеческим ценностям; вырабатывает определённые принципы мышления и поведения, которые человек использует в обыденной жизни и профессиональной деятельности.

Актуализируем использование ряда методов и подходов в преподавании философии.

Во-первых, студентам демонстрируется многообразие подходов к решению рассматриваемых философских проблем. С этим подходом коррелирует использование в качестве домашнего задания или самостоятельной работы проблемных вопросов, которые стимулируют развитие творческого мышления, например, «На ваш взгляд, что такое философия – наука или мировоззрение? Обоснуйте свой ответ» или «В чём сходство и различие религиозного и философского подходов к решению мировоззренческих проблем?». При этом студентам разрешается пользоваться учебниками, тетрадями, но выдвигается требование сформулировать свою точку зрения на основе прочитанного. Осваивая техническое, естественное знания, студенты часто не имеют иммунитета от иррационального. Многие абсолютизируют религиозные убеждения, сводят духовное к религиозному. Философия в этой связи, во-первых, способствует формированию научного, рационального миропонимания. Во-вторых, она показывает относительность любых моральных, политических и религиозных убеждений, воспитывает критичность мышления.

Очень важна культура полемики. Необходимо проявлять уважение к студенту, подчеркивать его значимость, возможность высказаться до конца, выслушивать возможные точки зрения. Как правило, из большинства ответов можно выделить полезное положительное содержание.

На наш взгляд, рейтинговая система контроля знаний (система накопления баллов) дает возможность индивидуального подхода. Этот более формализованный подход в оценке знаний, но в то же время он стимулирует активность, помогает усилить внешнюю мотивацию, которая заключается в возможности подойти к зачёту/экзамену с хорошими результатами. Этот метод контроля знаний сводит

к минимуму субъективность в отношениях и в оценке. Кроме того, повышается эффективность самостоятельной работы, обеспечивается ее ритмичность и регулярность в течение семестра в отличие от традиционного обучения, где учащийся может быть пассивным в течение семестра и «просыпаться» только при подготовке к экзамену или зачету [7].

Итак, можно утверждать, что философия способствует формированию инженерно-технической рациональности, поскольку обладает особыми признаками: рефлексивностью, критичностью и антидогматизмом, ориентацией на общечеловеческие ценности, плюрализмом. Содержание философского знания включает в себе большие возможности для воспитания личностных качеств, таких, как терпимость, гражданственность, самостоятельность и др. Конечно, одной только информации о ценностях, о человеке, его месте в мире и в обществе, самопознании и самосовершенствовании недостаточно. Поэтому внимание необходимо уделять отношениям между преподавателем и студентами и личному примеру «культуры ума».

Источники

1. Власова С. Взаимодействие естественнонаучного и гуманитарного знания // *Alma mater*. 2001. № 12.
2. Полякова Я.С. Социокультурное развитие личности – главное направление гуманизации и гуманитаризации образования. URL: http://nostalgia.ncstu.ru/content/_docs/pdf/conf/past/2002/human/03/14.pdf.
3. Порус В. О кризисе вузовской философии // *Высшее образование в России*. 2003. № 2.
4. Философия: учебное пособие / под ред. В.Н. Кохановского. Ростов н/Д: Феникс, 2004.
5. Кожеурова Н. Научить философии нельзя! (Из опыта преподавания) // *Высшее образование в России*. 2002. № 4.
6. Идиатулин В. Гуманистическая парадигма в естественнонаучном образовании // *Alma mater*. 2005. № 8.
7. Хасанова Е.В. Методика формирования рейтинговой системы оценки знаний для повышения качества обучения школьников с использованием сетевых методов обработки информации. URL: <http://ito.edu.ru/2003/VI/VI-0-2312.html>.

**ФОРМИРОВАНИЕ ПАТРИОТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК
ЛИЧНОСТИ СТУДЕНТОВ В ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ
ПРОГРАММЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИСТОРИЯ»
В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

Людмила Михайловна Хуторова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
hutorovalyd@mail.ru

Статья раскрывает потенциальные возможности рабочей программы по дисциплине «История» в процессе формирования патриотических установок личности студентов в техническом вузе. Автор приходит к выводу, что наряду с традиционными темами героического прошлого Отечества, гражданская и краеведческая тематика позволяют студентам идентифицировать свою гражданскую позицию.

Ключевые слова: история, государственный образовательный стандарт, компетенция, патриотизм, гражданственность.

**FORMATION OF PATRIOT ATTITUDE OF STUDENTS'
PERSONALITY DURING FULFILMENT OF WORKING PROGRAMME
OF «HISTORY» SUBJECT IN THE TECHNICAL INSTITUTE**

Lyudmila Mikhailovna Khutorova

The article explores potential opportunities of working programme of «History» subject for patriot attitude formation process of students' personality in the technical institute. The author concludes that students can identify their civil position not only by traditional study of homeland heroic past, but by learning civil and ethnography topics as well.

Key words: history, state educational standard, competence, patriotism, civicism.

В основу современной профессиональной подготовки инженерных кадров положен компетентностный подход, который включает в себя как профессиональные, так и общекультурные компетенции и способности. Дисциплина «История» относится к базовым предметам, и получаемые в ходе её освоения знания и навыки способствуют формированию общекультурных компетенций, осознанию места и роли будущей деятельности в общественном развитии, умению аналитически мыслить, вести научную дискуссию. В результате изучения курса студенты должны анализировать этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции [1, с. 219]. Таким образом, в государственном стандарте высшего образования объективно заложена общегосударственная задача формирования национальной идентичности, неотъемлемой категорией которой выступает патриотизм, а также патриотические ценности и установки.

Научное педагогическое сообщество осознает значимость проблемы формирования патриотических установок в системе дисциплин высшей школы. Об этом свидетельствуют конференции разного уровня, посвященные данной теме, а также монографические и отдельные исследования, проекты на соискание грантов, защиты диссертаций и пр. Государство со своей стороны также формирует цели и ставит перед обществом и образовательными институтами определенные задачи в данной области. Об этом свидетельствуют государственная программа «Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации в 2016–2020 гг.», публичные выступления первых лиц государства. Так в феврале 2016 г., выступая на заседании «Клуба лидеров», Президент Российской Федерации В.В. Путин, провозгласил, что «у нас нет никакой и не может быть никакой другой объединяющей идеи, кроме патриотизма» [2].

Настоящая работа представляет собой рассуждения о возможностях существующей рабочей программы по дисциплине «История» для студентов-бакалавров инженерного профиля в процессе формирования патриотических установок личности в ходе реализации данной программы в ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

В связи с этим необходимо уточнить ряд моментов понятийного и методического характера. Во-первых, остановимся на ключевой дефиниции – патриотические установки. Категория «патриотизм» включает в себя нравственные и политические принципы, социальное чувство, выраженное в любви к Родине. Понятие «патриотические установки» представляет собой «самоидентификацию личности, связанную с принятием базовых патриотических ценностей и понятий, определяющих когнитивную и поведенческую форму развития человека в условиях готовности личности на принятие патриотических идеалов общества и реализацию на этой основе социальной активности» [3, с. 15]. Таким образом, формирование патриотических установок – это часть процесса формирования патриота и гражданина. Во-вторых, необходимо учитывать потенциальные возможности, которые заложены объемом и содержанием рабочей программы дисциплины «История». Общая трудоёмкость освоения дисциплины составляет 3 зачётных единицы, всего 108 часов, из них – 38 академических часов отведено под лекционный курс, 19 часов – практические занятия. В-третьих, в вуз поступают молодые люди с уже воспринятыми в семье, школе установками и императивами различного рода (религия, атеизм, активная или сознательно пассивная гражданская позиция и роли и пр.). Этот факт

необходимо учесть, и в процессе обучения стараться предложить порассуждать на те или иные темы, а не просто фиксировать некие аргументы как данность.

Существующая на настоящий момент программа по дисциплине «История» нацелена на то, чтобы сформировать комплексное представление о культурно-историческом своеобразии России, её месте в европейской и мировой цивилизации [4, с. 113-114]. Цивилизационный подход позволяет сфокусировать внимание студентов на различиях формирования гражданского общества в зарубежных странах и России, ментальных стереотипах, наполнениях понятий «гражданин», «патриот». Студенту предоставляется возможность попытаться смоделировать исторические реалии применительно к собственной позиции, поставить себя на место исторических персонажей. Например, освещая в период 1964-1985 гг. диссидентское движение, особо остановиться на фигуре академика-физика А.Д. Сахарова, возглавившего правозащитное движение. За свои гражданские взгляды он был «отлучен» от большой науки и отправлен в ссылку в Горький – закрытый для посещения иностранными туристами город. Тема российской, советской науки изобилует примерами служения на благо Отечества, созидательного подвига учёных. Отметим, что у студентов она вызывает неподдельный интерес.

В научной литературе можно встретить мнение, что цивилизационный подход снижает патриотическую направленность курса дисциплины, так как акцент смещается в сторону глобализации, которая в данном ракурсе расценивается как антипод патриотизму. Большинство преподавателей высшей школы не согласны с этим утверждением, рассматривая готовность государства и общества к модернизации как активную гражданскую позицию, способствующую общему благу, процветанию родной страны. Таким образом, любовь к Родине, патриотизм можно отнести к общечеловеческим ценностям, к дефиниции объединяющей, а не разъединяющей представителей мирового сообщества. Например, характеризуя российскую цивилизацию, следует обратить внимание на эмоциональный характер, присущий патриотизму в России, это находит выражение в привязанности к родным местам, болезненном расставании с Родиной (ностальгия). Особый характер российского патриотизма связан с культом власти и государства. Общеизвестный факт, что солдаты и офицеры царской армии воевали «за Веру, Царя и Отечество». Эти понятия были неразрывно связаны

между собой и являлись проекцией государственной доктрины – теории официальной народности. Ещё один общеизвестный тезис – это рассуждения о своеобразном пути развития России, он также имеет в своем основании культурологические, мировоззренческие корни и связан с осознанием россиянами своеобразного «исторического одиночества», особом отношении с мировыми цивилизациями. В ходе лекций уместно и нужно обращать внимание студентов на такие понятия, как память, долг, патриотизм, присяга, Отечество. Характеризуя выдающихся исторических личностей, можно обратить внимание на проблему сохранения памяти об их вкладе в развитие страны, способах сохранения потомками памяти о них в виде сооружения им памятников, присвоении различным объектам имён знаменитых людей. Общеизвестный факт из местной истории, что памятник знаменитому поэту, государственному деятелю, уроженцу Казанского края Г.Р. Державину был сооружен на общественные деньги. После утверждения проекта памятника в 1831 г. была открыта подписка по всей России для добровольного сбора денежных средств. В Государственном архиве Республики Татарстан хранится хозяйственная документация с фиксацией всех жертвователей и сумм, которые они добровольно внесли.

Современные педагогические технологии требуют от преподавателя дисциплины «История» в высшей школе использовать проблемный подход в лекционном курсе и проводить семинары в форме диспутов, мозговых штурмов и пр., призывая студентов использовать имеющиеся знания в качестве аргументов для доказательства собственной точки зрения. Например, практическое занятие, посвященное проблемам модернизации России в XIX веке, предлагается организовать в форме деловой игры «Каким путем должна пойти Россия?». Участники представляют точки зрения консерваторов, славянофилов, западников, социалистов-утопистов, народников по поводу методов и путей развития страны. Тему «Общенациональный кризис в России в начале XX века» предлагается развернуть в форме групповой дискуссии «Почему в октябре 1917 года победили большевики?», привлекая мнения современников событий и современные взгляды и оценки.

В ракурсе трансляции патриотических установок плодотворной темой является изучение истории Второй мировой и Великой Отечественной войн. На практическом занятии предлагается провести ещё одну групповую дискуссию и обсудить источники победы СССР в Великой Отечественной войне – «Героизм или смерть?».

Большой потенциал таит в себе краеведческая тематика. История родного края близка и понятна студентам, особенно выходцам из сельской местности, небольших городов и посёлков. Хорошо зарекомендовала себя на практике такая форма творческого задания как эссе – небольших по объёму сочинений-рассуждений на оригинальную тему с использованием имеющихся исторических знаний. Студенты получают возможность осмыслить находящийся в их распоряжении краеведческий материал по истории села, семьи и пр. и оформить его как небольшую работу. Так, например, в 2018 г. студентка 1-го курса направления «Электроснабжение промышленных предприятий» Г.И. Ахметзянова представила опыт выявления и историко-культурной характеристики «мест памяти» деревни Нижний Казаклар Кукморского района Республики Татарстан. Основной идеей исследования стала мысль, что малая родина Нижний Казаклар обладает небольшим разнохарактерным комплексом «мест памяти», которые формируют историко-культурную идентичность жителей, определяют роль деревни в жизни региона. Данная работа была заявлена на Всероссийский конкурс «Лучшая молодёжная научная статья – 2018» (организатор АНО ДПО «МЦИТО», г. Киров) и позже опубликована [5].

Таким образом, в процессе освоения студентами инженерного профиля обучения курса дисциплины «История» создаются возможности для интегрирования приобретенных знаний и мнений с историческим опытом, формирования активной гражданской позиции.

Источники

1. Барсукова Н.В., Смоленцева А.А., Елисеева С.А. Компетентный подход в преподавании «Истории в техническом вузе (на примере ИГЭУ) // Профессиональные компетенции в высшей школе: коллективная монография / отв. ред.: А.Ю. Нагорнова, Т.Б. Михеева. Ульяновск: Зебра, 2018. С. 216–228.

2. Путин: «Патриотизм – это и есть национальная идея». URL: <https://tass.ru/politika/2636647> (дата обращения: 18.10.18).

3. Кашуркина С.С., Лукишина Т.А. Эмпирические индикаторы формирования патриотических ценностей и установок личности // Потенциал традиционной культуры и образовательного пространства в патриотическом воспитании детей и молодежи: сб. мат. Межрегион. науч.-практич. конф. Казань, 2018. С. 15–18.

4. Ситникова О.И., Наумов И.Н. О задачах преподавания истории в техническом вузе // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2012. Т. 11. № 8(95). С. 113–114. (Сер. «Проблемы социально-гуманитарного знания»).

5. Хуторова Л.М., Ахметзянова Г.И. Нижний Казаклар: «места памяти» и «память места» в представлении жителей деревни [Электронный ресурс] // Современные научные исследования. Вып. 9: сборник статей участников Всероссийского конкурса «Лучшая молодёжная научная статья – 2018», проведённого АНО ДПО «МЦИТО», г. Киров (август 2017 – май 2018 года). Киров: Изд-во МЦИТО, 2018. 1 эл. оп. диск (CD-R).

УДК 338.242

К ВОПРОСУ О РАЗВИТИИ АГЛОМЕРАЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Ирина Валерьевна Юсупова

ФГАОУ ВО КФУ, г. Казань
selez2009.li@yandex.ru

В российском праве пока нет нормативного закрепления понятия «городская агломерация» и порядка ее формирования. В Конституции Российской Федерации закрепляется статус городов как публично-правовых образований: городов федерального значения – субъектов Российской Федерации (ст. 5 и др.), а также городских и сельских поселений – территорий осуществления местного самоуправления (ст. 131). Но в градостроительстве и урбанистике (разделе экономической географии) агломерация (от лат. *agglomerare* – присоединять, накапливать) рассматривается как компактная и относительно развитая совокупность дополняющих друг друга городских и сельских поселений, группирующихся вокруг одного или нескольких мощных городов – ядер и объединенных многообразными и интенсивными связями в сложное и динамическое единство. Также и в Федеральном законе от 28 июня 2014 года № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» отсутствует понятие агломерация.

Ключевые слова: агломерация, регион, концепция, планирование, межмуниципальные образования.

TO THE QUESTION OF THE DEVELOPMENT OF GAS PLAYERS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Irina Valerievna Yusupova

In Russian law, there is no regulatory consolidation of the concept of “urban agglomeration” and the procedure for its formation. The Constitution of the Russian Federation establishes the status of cities as public legal entities: cities of federal importance – subjects of the Russian Federation (Art. 5, etc.), as well as urban and rural settlements –

territories of local government (Art. 131). But in urban planning and urbanism (economic geography section), agglomeration (from the Latin *agglomerare* – to join, accumulate) is considered as a compact and relatively developed set of complementary urban and rural settlements grouped around one or several powerful cities - cores and united by diverse and intensive ties into a complex and dynamic unity. Also in the Federal Law of June 28, 2014 No. 172-FZ “On Strategic Planning in the Russian Federation” there is no concept of agglomeration.

Key words: agglomeration, region, concept, planning, inter-municipal formations.

Согласно прогнозу долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года, разработанному Министерством экономического развития Российской Федерации (далее – Минэкономразвития России), базовой тенденцией пространственного развития России является усиление концентрации человеческого капитала, инфраструктуры, ресурсов будущего в крупных городах и формирование 20 агломераций с численностью населения более одного миллиона человек. Данные агломерации будут способны выполнять специализированные интернациональные функции в мировом разделении труда, стать локомотивами роста, развивая новые инновационные кластеры. В связи с этим еще в 2013 г. Министерством регионального развития Российской Федерации (далее – Минрегион РФ) был принят План мероприятий («дорожная карта») «Развитие агломераций в Российской Федерации». Приказами Минрегиона РФ от 18 марта 2014 г. № 74 и № 75, утверждены новая редакция Положения о Межведомственной рабочей группе по социально-экономическому развитию городских агломераций и организован отбор пилотных проектов по апробации и совершенствованию механизмов управления развитием городских агломераций в Российской Федерации. Также в соответствии с Планом деятельности Минэкономразвития России на период с 2016 по 2021 год (утв. Минэкономразвития России 26.05.2016 № АУ-3) в IV квартале 2016 года должен был быть утвержденный Правительством Российской Федерации План мероприятий («дорожная карта») «Развитие городских агломераций в Российской Федерации», содержащий меры организационного, нормативного правового и институционального характера, как часть реализации антикризисного плана Правительства Российской Федерации.

Вместе с тем, несмотря на наличие концепций, стратегий, прогнозов, планов, а также отдельных экономических и пространственных проектов, касающихся развития крупных городов в России, а также попыток их реализации на практике, следует констатировать отсутствие системного

подхода к решению данного вопроса. Существует разноречивость в наименованиях городских агломерационных объединений в концепциях, прогнозах и стратегиях социально-экономического развития территорий. Наряду с наиболее часто употребляемым понятием городской агломерации в указанных документах фигурируют понятия «мегаполисы», «регионы агломераций». Отсутствует и единообразие в критериях отнесения территории к агломерационному объединению. Один из базовых критериев минимальной численности населения агломерации не является единым и варьируется от 3 млн до 250 тыс. жителей. Так, если в 2010 г. проекты агломерирования исходили из численности агломерации в 3 млн человек, то прогноз социально-экономического развития России до 2030 г. уже берет за основу минимальную численность населения агломерации – 1 миллион человек.

Также открытыми остаются вопросы правовой регламентации агломераций, а именно: юридическая природа агломераций (относятся ли они к государственным, муниципальным, смешанным объединениям); принципы установления границ агломераций (в пределах одного, двух и более муниципальных образований, в границах субъекта России, в границах двух и более субъектов России); механизм агломеративных взаимоотношений входящих в его состав органов местного самоуправления и органов государственной власти.

На отсутствие формального определения агломерации в российском законодательстве, ее места в территориальной организации российского государства обращают внимание многие специалисты. Если обратиться к зарубежной практике создания агломераций, то, в отличие от российского опыта, она базируется на системном подходе, который характеризуется прежде всего обширной нормативной регламентацией. Так, во Франции в соответствии с Законом от 12 июля 1999 г. межгородские сообщества (сообщества городов – *communautes des villes*) заменены сообществами агломераций. Они объединяют несколько городских коммун на едином пространстве без анклавов, в которых проживает более 50 000 жителей, вокруг одной или нескольких коммун с населением более 15 000 жителей. На 1 января 2006 г. во Франции насчитывалось 164 сообщества агломераций, которым переданы полномочия по решению вопросов экономического развития, благоустройства территории сообщества, социального равновесия жизненной среды, осуществления городской политики в сообществе.

Они также реализуют по крайней мере три вида законодательных полномочий из пяти: создание или благоустройство и поддержание дорог и автостоянок сообщества; ассенизация; вода; защита и благоустройство природной и жизненной среды; строительство, благоустройство, поддержание и управление культурно-спортивными сооружениями подчинения сообщества.

Федеральный закон от 6 октября 2003 года №131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» не предусматривает возможности создания межмуниципальных образований, в которых действуют органы, обладающие полномочиями по решению вопросов местного значения на территории двух и более муниципальных образований. Более того, часть 4 статьи 8 указанного Закона запрещает наделять межмуниципальные объединения полномочиями органов местного самоуправления. Правом заключения соглашений о передаче части полномочий за счет субвенций, предоставляемых соответственно из бюджета района или поселения, обладают лишь органы местного самоуправления муниципальных районов и входящих в его состав отдельных поселений (часть 4 статьи 15). То есть установлены достаточно жесткие законодательные ограничения, не позволяющие создавать дееспособные городские агломерации (межмуниципальные образования). Имеется правовой пробел, который требует законодотворческого разрешения.

Учреждение городской агломерации допустимо в рамках межмуниципального сотрудничества в качестве одной из его перспективных организационно-правовых форм при условии внесения ряда изменений и дополнений в Федеральный закон от 6 октября 2003 года № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации». В частности, необходимо закрепить понятие «межмуниципальное образование (городская агломерация)», под которым понимается добровольное объединение городского округа с другим городским округом (или с другими городскими округами) и (или) с иными муниципальными образованиями для совместного решения вопросов местного значения и переданных государственных полномочий. Городские агломерации могут создаваться на территории федерального округа, в границах одного, двух и более субъектов России, в границах двух и более муниципальных образований. Межмуниципальным образованиям

(городским агломерациям) следует предоставить право решения вопросов местного значения в границах межмуниципального образования (городской агломерации), например, совместного территориального планирования; организации в границах агломерации электро-, тепло-, газо- и водоснабжения населения, водоотведения; дорожной деятельности в отношении автомобильных дорог местного значения в границах агломерации; создания условий для предоставления транспортных услуг населению и организации транспортного обслуживания населения в границах агломерации и тому подобных вопросов совместного ведения. Необходимо также предоставить возможность принятия учредительных актов агломерации и иных правовых документов, регулирующих создание и функционирование агломеративных объединений. Создание любого межмуниципального образования (городской агломерации) столкнется с массой проблем правового, экономического и организационного порядка, начиная с определения границ агломераций и кончая организацией ее управления. Поэтому желательно перед внесением предлагаемых изменений и дополнений в Федеральный закон «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» провести государственный эксперимент о создании и деятельности агломеративных межмуниципальных образований.

Также необходимыми мерами на уровне Республики Татарстан являются:

1. Принятие Закона Республики Татарстан «Об агломерациях» с включением понятийного аппарата и механизмов регулирования развития агломераций;

2. Принятие подзаконных нормативных актов, которые будут регулировать следующие механизмы реализации агломерационных мероприятий:

- разработка методики по управлению агломерациями;
- разработка механизмов стимулирования межмуниципального взаимодействия (меры экономического стимулирования межмуниципального взаимодействия);
- разработка подходов к оценке экономической эффективности коопераций муниципальных образований;
- формирование карты технологических цепочек в агломерациях и за ее пределами;

- разработка порядка формирования программы капитальных вложений с учетом агломерационного развития;
- разработка регламента методического сопровождения агломерационных процессов;
- разработка методики оценки миграционных процессов и оценке их влияния на социально-экономическое положение агломерации.

3. Внесение изменения в Закон Республики Татарстан от 17 июня 2015 года № 40-ЗРТ «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года» в соответствии с результатами отчета по научно-исследовательской работе «Исследование миграционных процессов, подвижности населения и трудовых ресурсов в разрезе муниципальных образований Республики Татарстан с целью рационального размещения производительных сил на основе построения сценариев эффективного использования трудовых ресурсов».

УДК 338.242

ВОПРОСЫ СГЛАЖИВАНИЯ ДИСПРОПОРЦИЙ В РАЗВИТИИ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ МЕРАМИ СЕЛЕКТИВНОГО ПОДХОДА К РЕАЛИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ

Ирина Валерьевна Юсупова

ФГАОУ ВО КФУ, г. Казань
selez2009.li@yandex.ru

Регионы все чаще выступают в роли центров экономического роста и социального развития для большинства стран мира, но при этом различия между развитыми и отстающими регионами увеличиваются. В такой ситуации многие страны предопределяют цели и приоритеты пространственного развития, и все больше сосредотачиваются на поддержке конкурентноспособности и экономического роста, а регионы получают все более высокую самостоятельность в определении стратегии развития. Значительный потенциал экономического роста, который можно стимулировать за счет более активной, системной и сбалансированной поддержки регионов, а также масштаб и распространенность социальных и экономических проблем определяют важность новой федеральной политики в сфере развития регионов, а в итоге – для общей стратегии развития Российской Федерации. Действенным инструментом поддержки регионов служит региональная политика, базирующаяся на селективном подходе, а также на принципиально новых возможностях развития регионов, основывающихся на миграционной мобильности, развитии городских агломераций, повышении качества жизни, использования возможностей внутреннего рынка и новых технологических решений в отраслях экономики.

Ключевые слова: региональное развитие, диспропорции развития, региональная политика, селективный подход, развитие территорий.

PROBLEMS OF SMOOTHING DISPROPORTIONS IN THE DEVELOPMENT OF THE REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION BY MEANS OF A SELECTIVE APPROACH TO THE IMPLEMENTATION OF REGIONAL POLICY

Irina Valerievna Yusupova

Regions are increasingly acting as centers of economic growth and social development for most countries of the world, but at the same time, the differences between developed and lagging regions are increasing. In such a situation, many countries predetermine the goals and priorities of spatial development, and increasingly focus on supporting competitiveness and economic growth, and the regions are becoming more and more independent in determining development strategies. The significant potential for economic growth, which can be stimulated through more active, systemic and balanced support for the regions, as well as the scale and prevalence of social and economic problems, determine an important new federal policy in the development of regions, and, as a result, for the overall development strategy of the Russian Federation. An effective tool for supporting regions is a regional policy based on a selective approach, as well as fundamentally new opportunities for the development of regions based on migration mobility, development of urban agglomerations, improving the quality of life, using the opportunities of the domestic market and new technological solutions in economic sectors.

Key words: regional development, developmental imbalances, regional policy, selective approach, development of territories.

Селективный подход является одним из основных принципов разработки и реализации государственной политики регионального развития Российской Федерации.

Суть этого подхода состоит в определении (селекции) территорий, в отношении которых федеральный центр принимает адресные (индивидуальные) решения.

С точки зрения экономической политики селективным подходом в региональной политике можно считать рациональное размещение экономической деятельности по территории страны с целью повышения уровня социально-экономического развития регионов в зависимости от особенностей их развития, географического положения, природно-климатических условий.

При этом очевидно, что селективный подход в Российской Федерации в значительной степени должен определяться такими региональными особенностями, как:

- большой размер территории страны и территориальная удаленность многих субъектов Российской Федерации как друг от друга, так и от федерального центра;
- разнообразие природно-климатических, экономических, социокультурных и иных условий различных территорий;

- неравномерность расселения на территории страны, освоенности территорий, низкая инфраструктурная и транспортная обеспеченность в различных регионах страны;
- неравномерность размещения природных ресурсов и созданного в прошлые годы промышленного потенциала;
- резкая дифференциация в уровне и темпах социально-экономического развития, бюджетной обеспеченности между отдельными регионами.

Следует отметить, что ранее селективный подход в региональной политике осуществлялся в основном через федеральные целевые программы социально-экономического развития отдельных регионов. В девяностые и двухтысячные годы органы государственной власти многих субъектов Российской Федерации добились принятия и утверждения Правительством Российской Федерации федеральных целевых программ социально-экономического развития своих территорий.

Вместе с тем большинство таких программ не были согласованы между собой и программными федеральными документами и у государства не было достаточных финансовых и организационных возможностей для их реализации, поэтому эффективными оказались только федеральные целевые программы социально-экономического развития таких регионов, как Татарстан, Башкортостан, Чеченская Республика и Республика Ингушетия, на реализацию которых выделялись достаточные объемы средств.

Примерно в таком же положении оказались территориальные особые экономические зоны, которые, не получив должного ожидаемого развития, были позднее упразднены на территориях большинства регионов, за исключением Калининградской и Магаданской областей [1]. Федеральный закон от 10.01.2006 № 16-ФЗ (ред. от 11.03.2016) «Об Особой экономической зоне в Калининградской области и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации».

В настоящее время примерами использования селективного подхода в региональной политике являются меры, направленные на социально-экономическое развитие мегарегионов – Дальнего Востока, Арктической зоны Российской Федерации, Южного федерального округа, Республики Крым, города федерального значения Севастополя. Приняты стратегии, государственные и федеральные целевые программы социально-экономического развития этих территорий, приняты и разрабатываются новые законодательные акты, направленные на создание правовых условий для реализации этих программных документов.

В последние годы в региональной экономической политике Российской Федерации применяются также такие меры селективного подхода как:

- государственное инвестирование в строительство объектов промышленной и социальной инфраструктуры, в том числе на условиях софинансирования с бюджетами субъектов Российской Федерации;
- государственное субсидирование программ и проектов регионального развития;
- создание на территории селективно выбранных регионов особых экономических зон, индустриальных парков, технопарков, территорий опережающего развития (ТОРов) и т.п [2]. За год, после вступления в силу Федерального закона, создано 12 ТОРов, поступило 110 заявок от инвесторов, необходимые бюджетные вложения в создание инфраструктуры ТОР составили 35,4 млрд руб.

Одним из самых существенных недостатков современной государственной региональной политики является то, что она не учитывает качественных различий в условиях и возможностях социально-экономического развития регионов и муниципалитетов. Это во многом стало следствием ориентации федерального центра на политику «выравнивания» субъектов Федерации, которое было оправдано после кризиса 1998 года, когда требовалось избежать социального взрыва в ряде регионов. Вместе с тем очевидно, что субъекты Федерации образуют группы (типы), характеризующиеся различной «реакцией» на рыночные преобразования и различной готовностью к модернизации своих экономик. В 1996 году 59 субъектов Федерации имели положительное сальдо во взаимоотношениях с федеральным бюджетом. Сегодня число таких регионов существенно сократилось. По одним расчетам, таких регионов 13, по другим – 35, на них приходится более 52 % ВРП.

Селективный подход будет оправдан также при типизации субъектов Российской Федерации, каждому типу регионов будет предложен собственный набор экономико-правовых механизмов решения задачи их социально-экономического развития.

Реализуемая в настоящее время схема разграничения полномочий между Российской Федерацией и субъектами не может быть успешна при выраженной дифференциации социально-экономического развития территорий, поскольку она игнорирует факт предельно высокой указанной дифференциации.

При сохранении за всеми субъектами Федерации их сложившегося конституционно-правового статуса целесообразно наделить различные по уровню экономической самостоятельности регионы различным комплексом прав и обязанностей в социально-экономической сфере.

При этом необходимо соблюдать общий для всех принцип: если регион готов расширить объем собственных полномочий, это расширение должно обеспечиваться неполучением трансфертов и субсидий из федерального центра (их объем должен, напротив, сокращаться), а развитием собственной экономики и социальной сферы, экономической интеграцией с другими субъектами Федерации. Еще одним общим условием должно стать внедрение в практику действенной системы мониторинга деятельности региональных органов исполнительной власти.

С переходом к инновационной модели развития экономики страна получила шанс отойти от формальной децентрализации полномочий. Перераспределение полномочий должно стать селективным, ориентированным на использование механизмов и форм реализации своих базовых задач в регионах разных типов, каждый из которых нуждается в специфических формах взаимодействия с федеральным центром. «Слабым» регионам целесообразно делегировать полномочия с обеспечением их осуществления за счет трансфертов из федерального бюджета, в то время, как «сильным» регионам можно передавать полномочия как собственные, с закреплением налогов и сборов (их долей) за региональными бюджетами на постоянной основе.

Кроме того, были бы своевременными и действенными следующие меры:

- разработка проекта Федерального закона «Об общих принципах управления городскими и сельскими агломерациями»;
- разработка методических рекомендаций по проектированию «точек роста» городских и сельских агломераций;
- разработка и реализация, наряду с оперативными антикризисными мерами, направленные на долгосрочные стратегические решения: структурные реформы и проекты;
- внедрение механизмов стимулирования использования инструментов государственно-частного и муниципально-частного партнерства, проектного финансирования, специального инвестиционного контракта при реализации крупных государственных, в том числе инфраструктурных, инвестиционных проектов;

- опережающее внедрение системы стратегического планирования регионального развития в подготовленных субъектах Российской Федерации в рамках пилотного проекта, что позволит соотнести положения Федерального закона «О стратегическом планировании в Российской Федерации» с условиями различных регионов и внести элементы «гибкого регулирования» в государственную политику регионального развития;

- разрабатывать и реализовывать наряду с оперативными антикризисными мерами меры, направленные на долгосрочные стратегические решения: структурные реформы, масштабные мегапроекты, крупные государственные инвестиции;

- разработать для органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления методические рекомендации по практическому использованию в их деятельности инструментов стратегического планирования (аудит в инновационной сфере, бенчмаркинг, форсайт, оценка технологического развития и др.);

- осуществить корректировку государственных программ, отраслевых стратегий и схем территориального планирования, обеспечив взаимосвязанность приоритетов отраслевого и регионального развития;

- ориентировать программы импортозамещения, поддержки экспорта, технологического обновления производств подготовки профессиональных кадров на развитие несырьевых отраслей промышленности;

- обеспечить своевременное утверждение Стратегии пространственного развития Российской Федерации;

- ориентировать институты развития на научное развитие, технологическое обновление экономики, поддержку импортозамещения и экспорта несырьевых товаров, а также жилищное строительство;

- обеспечить разработку и реализацию программ технологического импортозамещения, в частности, в сфере энергетики, станкостроения и транспортного машиностроения;

- обеспечить разработку методологической базы управления инновационным развитием экономики на основе восстановления полного научно-производственного цикла: от фундаментальных научных исследований до внедрения достижений прикладной науки в производство в соответствии с приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации;

- разработать и внедрить комплекс мер для стимулирования саморазвития субъектов Российской Федерации, сформированный на основе выделения разных типов субъектов Российской Федерации, к которым применяются специфичные меры государственного регулирования и поддержки.

Таким образом, политика регионального развития должна носить дифференцированный характер. Кризисные, депрессивные субъекты Федерации необходимо поддерживать прямыми мерами государственной поддержки-дотациями, субсидиями. Регионам-лидерам необходимо создавать условия для ускоренного развития с преобладанием стимулирующих мер поддержки: налоговых, таможенных, кредитных и других. Дополнительные полномочия необходимо предоставлять, прежде всего тем регионам, которые смогут реально осуществлять их. Селективный подход позволит сделать политику регионального развития гибкой.

Для сглаживания диспропорций в развитии регионов в настоящее время создан ряд институциональных механизмов рационального размещения производительных сил (создание особых экономических зон, территорий опережающего социально-экономического развития).

Источники

1. Об Особой экономической зоне в Калининградской области и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации: федер. закон от 10 января 2006 г. № 16-ФЗ (ред. от 11.03.2016).

2. О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации: федер. закон от 29 декабря 2014 г. № 473-ФЗ (ред. от 03.07.2016) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017).

Секция 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И СВЕТОТЕХНИКА

УДК 681.3:378.1

СОЗДАНИЕ ОТЛАДОЧНЫХ ПЛАТ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫХ УСТРОЙСТВ

Ляля Вахитовна Ахметвалеева¹, Галимджан Завдатович Галимов²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹alvkgeu@mail.ru, ²galgalimov@gmail.com

В работе представлены отладочные средства, применяемые при проектировании управляющих устройств на микроконтроллере. Разработанные отладочные платы являются модернизацией учебного оборудования Starter Kit по исследованию и проектированию устройств на универсальных микроконтроллерах MC68HC908GP32 и Atmega128.

Ключевые слова: микроконтроллер, проектирование микропроцессорных устройств, технологии отладки, Starter Kit, плата развития, отладочная плата, программные средства отладки, аппаратные средства отладки.

CREATION OF DEBUG BOARDS FOR THE DESIGN AND RESEARCH OF MICROCONTROLLER DEVICES

Lyalya Vakhitovna of Akhmetvaleeva, Galimdzhan Zavdatovich Galimov

The paper presents debugging tools used in the design of control devices on the microcontroller. The developed debug boards are the modernization of the training equipment Starter Kit for research and design of microcontroller devices based on universal MC68HC908GP32 and Atmega128.

Key words: microcontroller, design of microprocessor devices, debugging technologies, Starter Kit, development board, debug board, software, hardware debugging.

Процесс проектирования микроконтроллерных устройств предполагает совместное проектирование и отладку как аппаратных, так и программных средств. Анализ режимов функционирования аппаратуры, в разрабатываемых устройствах, сводится к анализу и оценке состояния многоразрядных шин с целью проверки правильности их работы [1].

При проектировании и программировании систем управления на основе современных микроконтроллеров применяются различные технологии и средства отладки. Они различаются используемыми в процессе отладки аппаратными средствами. При наличии значительного задела практической работы с микроконтроллерами конкретного

семейства используется технология отладки в системе, когда работоспособность разрабатываемого устройства проверяется на конечном аппаратном решении.

Популярен другой подход к процессу проектирования и отладки микроконтроллерных устройств – технология макетирования аппаратных средств. Эта технология особенно эффективна при освоении нового семейства микроконтроллеров. Преимущества ее заключаются в использовании отлаженных производителем плат, которые позволяют сразу приобретать новые знания и навыки, не сомневаясь в случае непонятных ситуаций в работоспособности аппаратуры. К ним относятся специальные платы, которые принято называть платами развития (*EVB*) или стартовым набором разработчика (*Starter Kit*)[2].

Starter Kit наглядно демонстрирует возможности функционирования и режимов работы исследуемого микроконтроллера и используется для проведения лабораторных практикумов по изучению микропроцессорной техники, практического освоения их программирования, средств и методов отладки микропроцессорных систем на базе однокристальных микроконтроллеров. Как показывает опыт, не все режимы работы и возможности данного микроконтроллера реализуются и можно исследовать на данном отладочном комплексе[3].

Наша разработка представляет собой модернизацию аппаратных и программных средств отладочного комплекса по проектированию управляющих устройств на микроконтроллерах *MC68HC908GP32* семейства *Motorola* и *Atmega128* семейства *Atmel*. Нами созданы платы схемных решений – отдельные отладочные платы, представляющие различные аппаратные решения, которые подключаются через внешний контактный разъем лабораторного стенда *Starter Kit*.

Например, плата отображения цифровой информации состоит из устройств светодиодной индикации, многоразрядного семисегментного индикатора и графического жидкокристаллического индикатора *MT-12232D-2FLW*. В состав решений, реализующих ввод-вывод информации, входит генератор тестовых воздействий, предназначенный для тестирования режимов работы встроенных периферийных модулей.

Программное обеспечение представляет собой комплекс программ, отлаженных и оформленных в виде подпрограмм, реализующих ресурсы микроконтроллера.

Созданный отладочный комплекс является актуальным и востребованным при изучении особенностей архитектуры, режимов работы внутренних модулей данного микроконтроллера, основных приемов, методов и способов программирования на языке ассемблера. Он применим как для формирования начальных навыков проектирования и программирования микроконтроллерных устройств, так и при разработке и исследовании более сложных встраиваемых систем управления на основе стандартных отладочных аппаратных платформ [4].

Процедуры отладки, тестирования и диагностики микропроцессорных устройств являются, несомненно, важными этапами на пути выхода конечного изделия, поэтому проектирование и разработка прибора, который бы обеспечил требуемую функциональность, является актуальной задачей.

Источники

1. Бородин В. Технологии и средства разработки встраиваемых систем на основе микроконтроллеров с архитектурой ARM // Chip News. 2009. № 1. С. 14–16.

2. Работа с микроконтроллерами семейства HC(S)08 / Крейдл Х. [и др.]; под ред. Д.И. Панфилова. М.: Изд-во МЭИ, 2005. 444с.

3. Васильев А.В., Карпов А.П. Измерительно-тестирующий комплекс на основе лабораторного стенда для микроконтроллеров HC08// Восемнадцатая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов. Радиоэлектроника электроника и энергетика: тез. докл.: в 4 т. М.: Изд-во МЭИ, 2012. Т. I. С. 231.

4. Ахметвалеева Л.В., Еникеева Г.Р., Кулагина Л.Г. Компьютерные технологии в формировании исследовательских навыков при подготовке специалистов электронной техники // Актуальные вопросы инженерного образования: содержание, технологии, качество: матер. VII межвуз. науч.-метод. конф., посв.й 70-летию Ю.Г. Назмеева: в 3 т. Казань, 2016. Т. 2. С. 31–35.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ S-МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ MATLAB ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Рамис Рамильевич Ахметов¹, Алёна Игоревна Рыбакова²,
Вячеслав Григорьевич Новосельский³

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань
¹²³slava43n@inbox.ru

Представлен подход к использованию имитационных S-моделей в среде MATLAB в учебном процессе и научных исследованиях систем электроснабжения летательных аппаратов.

Ключевые слова: модель, стенд, летательный аппарат, система электроснабжения.

USING IMITATIVE S-MODELS IN THE MATLAB ENVIRONMENT FOR THE STUDY AND RESEARCH OF THE ELECTRICAL SYSTEM OF AIRCRAFT

Ramis Ramilievich Akhmetov, Alyona Igorevna Rybakova, Vyacheslav Novoselsky

The approach to the use of simulation S-models in the MATLAB environment in the educational process and research of aircraft power supply systems is presented.

Key words: model, stand, aircraft, power supply system.

Обучающие стенды систем электрооборудования летательных аппаратов являются наглядными средствами обучения. Как правило, такие стенды имитируют реальную работу какой-либо системы или ее часть и позволяют наглядно представить устройство и принцип работы системы.

Примером является стенд, который показывает устройство и работу системы электроснабжения (СЭС) конкретного летательного аппарата. Он позволяет имитировать работу СЭС и выдавать данные о значениях некоторых параметров в целом и на разных участках СЭС [1].

Такие стенды имеют ряд существенных недостатков:

- большие размеры и массу;
- невысокую надежность;
- ограниченную функциональность;
- высокую стоимость.

Главным недостатком таких стендов является то, что они имеют ограниченную функциональность и привязанную к определенному летательному аппарату структуру.

Альтернативой данному стенду является программное средство MATLAB-Simulink.

Simulink – это графическая среда имитационного моделирования, позволяющая при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов, строить динамические модели, включая дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и разрывные системы [2].

Simulink позволяет с требуемыми подробностями и глубиной разработать компьютерную S-модель СЭС любого летательного аппарата.

Данная программная среда позволяет:

1. Задавать различные параметры элементов СЭС такие как: параметры проводов (длина, сечение, тип и т. д.), тип источников электроэнергии (количество источников, род вырабатываемого тока, мощность, КПД и т.д.), основной род тока и т.д., а также подключать потребителей электроэнергии с различными параметрами. При этом модель СЭС можно легко адаптировать к любому типу летательного аппарата.

2. Исследовать и изучать поведение СЭС в различных режимах полета.

3. Выдавать не только данные о значениях параметров СЭС, но и генерировать график их изменений по времени.

В сравнении с обучающим стендом программная среда Simulink не имеет возможности прямого взаимодействия (переключения тумблеров, нажатия кнопок) с изучаемой системой – все переключения выполняются щелчком мыши.

В итоге MATLAB-SIMULINK в сравнении со стендом имеет ряд значительных преимуществ:

1. Наглядность. В результате моделирования можно отследить, что происходит с каждым элементом системы или частью системы в любое время или его промежуток (в виде графика).

2. Высокая функциональность. Позволяет отработать различные ситуации при изменении параметров элементов.

3. Доступность. Можно установить на домашний ПК.

4. С помощью вероятностных моделей можно оценить эффективность СЭС.

Таким образом, для изучения и исследования СЭС летательного аппарата рекомендуется использовать программную среду MATLAB-SIMULINK ввиду её явных преимуществ.

Источники

1. Системы электрооборудования летательных аппаратов. учеб. пособие / В.С. Терещук [и др.]. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2017. 376 с.

2. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств и систем в Simulink. И.В.Черных. М.: ДМК Пресс, СПб: Питер, 2008. 288 с.

УДК 621.32

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ РАСТЕНИЙ

Валерий Васильевич Белов¹, Артемий Григорьевич Свешников²

ФГБОУ ВО «ЧГСА», г. Чебоксары

¹belovdtn@gmail.com, ²artemachaki@mail.ru

Для гармоничного развития растений им нужно организовать оптимальное освещение. Проведенные экспериментальные исследования позволяют задавать алгоритмы управления систем автоматического управления уровнем освещения для растений в условиях закрытого грунта, в котором наиболее эффективно используется естественное освещение.

Ключевые слова: источник искусственного света, фотосинтетически активная радиация, система автоматического управления.

STUDY OF NATURAL LIGHTING FOR PLANTS

Valery Vasilievich Belov, Artemy G. Sveshnikov

For the harmonious development of plants they need to organize optimal lighting. The conducted experimental studies allow us to set algorithms for controlling the automatic control of the lighting level for plants in closed ground conditions, in which the most effective use of natural light.

Key words: artificial light source, photosynthetically active radiation, automatic control system.

Основным и важнейшим свойством растений является фотосинтез. Сущность фотосинтеза заключается в том, что растения используют солнечный свет для преобразования воды и углекислого газа в кислород и сахар (органическое вещество) [1, 2]. Это свойство используется людьми при выращивании различных культур. Для оптимального безступенчатого управления осветительными установками или самой системой искусственного освещения необходимо знать дневную освещенность. Проблема в том, что не все имеют возможность постоянно мониторить уровень естественной освещенности для дальнейшего автоматического управления осветительными приборами. Нам было проведено исследование уровня естественной освещенности. Исследовался уровень

освещенности в течение дня. До восхода солнца и после замеры проводили с шагом 15 мин и далее по одному часу и до захода солнца и после с шагом по 15 мин. Шаг в 15 мин был выбран по причине того, что при переходном состоянии резко меняется освещенность, и мы хотели это выявить. Экспериментальные исследования проводились в городе Чебоксары на открытой местности, условия эксперимента относительно идеальные. Сводный график изменения уровня освещенности (ФАР) за 3 эксперимента позволил выявить, что ее уровень изменяется в большую сторону по мере приближения к летним месяцам.

С помощью графиков изменения уровня освещенности (ФАР) можно задать алгоритмы работы системы автоматического управления. Необходимый уровень для некоторых растений 280–300 Вт/м² – это верхний разумный предел применения искусственного освещения, то есть при превышении данного уровня световые приборы должны быть уменьшены световой поток для плавного перехода к естественному освещению, пока уровень естественного освещения еще не достиг необходимого уровня.

Источники

1. Исследование светодиодных ламп в условиях теплиц / Свешников А.Г. [и др.] // Актуальные проблемы энергетики АПК: матер. VII Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В.А. Трушкина. 2016. С. 200–202.

2. Свешников А.Г., Степанова А.В., Белов В.В. Искусственное освещение теплиц // Студенческая наука – первый шаг в академическую науку: тез. докл. Всерос. студ. науч.-практ. конф. с участием школьников 10–11 классов. Чебоксары, 2018. Ч. 2. С. 118–121.

УДК 621.32

О СПОСОБЕ ПОВЫШЕНИЯ СВЕТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВЕТОДИОДНОГО ИСТОЧНИКА СВЕТА

Андрей Николаевич Борисов¹, Равиль Рафисович Шириев²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹dokbore@yandex.ru, ²shrr@list.ru²

В работе представлена конструкция светодиодного светильника, световыводящий элемент которого имеет оригинальную форму, что позволит на практике свести к минимуму пассивные потери видимого излучения кристалла и повысить тем самым эффективность излучателя.

Ключевые слова: светодиод, источник света, фокальная плоскость, коэффициент отражения, интерференционное диэлектрическое покрытие, показатель преломления, просветляющее покрытие.

ABOUT THE METHOD OF INCREASING THE LIGHT EFFICIENCY OF LED LIGHT SOURCE

Andrey Nikolaevich Borisov, Ravil Rafisovich Shiriev

The paper presents the design of the LED luminaire, the light-emitting element of which has an original shape, which will allow in practice to minimize the passive loss of visible radiation of the crystal and thereby increase the efficiency of the emitter.

Key words: LED, light source, focal plane, reflection coefficient, interference dielectric coating, refractive index, anti-reflective coating.

Разработчики пытаются повысить эффективность работы светодиодов, то есть максимально использовать излучение кристалла, с момента их создания. Как правило, этот источник света схематично можно представить в виде полупроводникового кристаллоизлучателя и прозрачного пластмассового световыводящего элемента, выполненного в виде полусферы. Излучатель установлен в центре полусферы и технологически склеен в единый излучающий элемент [1]. Исходя из этого, главным недостатком такого схематического решения является неполное использование потока излучения, испускаемого кристаллом, который направлен в верхнюю полусферу.

Попытки повышения эффективности излучения светодиодов ведутся в мире постоянно. Например, проводятся исследования по совершенствованию геометрии, формы поверхности и показателей преломления непосредственно излучающих кристаллов [2–4]. Это вполне объяснимо, поскольку материалы кристаллов имеют высокий показатель преломления, и исходя из закона Снеллиуса, угол полного внутреннего отражения от вещества, например, с показателем преломления 3,3 будет равен лишь 17° . Поэтому большая часть испускаемого полупроводником излучения, оказывается локализованной внутри кристалла и вновь поглощается толстой подложкой. Как правило, вернувшиеся в кристалл электроны не участвуют во вторичной рекомбинации электронно-дырочных пар. Для уменьшения этих эффектов предлагают различные варианты изготовления кристаллов, в частности, использован синтез кристалла на прозрачную подложку; кристалл в форме усеченной призмы; кристалл конической формы; кристалл со структурированной поверхностью специальных форм. Эти методы совершенствования светоизлучающего кристалла позволяют снизить пассивные потери излучения светодиода, но между кристаллом

и воздухом остается граница, выполненная из материала с низким показателем преломления. Поэтому нами предлагается увеличить светоотдачу за счет усовершенствования формы световыводящего элемента.

Предложена оригинальная конструкция источника света с оптической системой имеющей форму поверхности вращения второго порядка с двумя фокальными плоскостями, в одной из которых установлен светодиод-излучатель, а через другую фокальную плоскость выводится полезный световой поток. В качестве такой поверхности использован полуэллипсоид. Выбор такой формы элемента обусловлен фокальным свойством эллипса [5]. Реализована конструкция оригинального светодиодного светильника [6]. Светильник представлен как устройство, содержащее полуэллипсоид с отражающим покрытием, излучающий кристалл. Принцип действия светильника состоит в следующем. Световые лучи, исходящие от светодиода, установленного в первой фокальной плоскости, достигают поверхности полуэллипсоида и, претерпев многократные отражения за счет основного свойства эллипсоида, соберутся во второй фокальной плоскости, из которой выходят расходящимся пучком, освещая рабочую поверхность.

Экспериментальный образец был выполнен из органического стекла. В качестве источника использован светодиод типа АЛ-107. На поверхности светодиода в областях фокальных плоскостей, химическим способом, нанесено однослойное просветляющее покрытие фторида магния ($n_{\text{П}} = 1,38$), оптической толщиной $d_0 = 0,25$ мкм. Оптическая толщина слоя оптимизирована с целью получения максимального коэффициента пропускания в центре видимой области спектра. Просветление выполнено для светодиода белого свечения. Для цветных светодиодов удобнее использовать пленки с узкими областями просветления.

Таким образом, создан принципиально новый светильник, который может найти эффективное применение в различных светотехнических приложениях, осветительного прибора, ночного светильника и других видов осветительных изделий и устройств.

Источники

1. Шуберт Ф. Светодиоды / пер. с англ.; под ред. А.Э. Юновича. 2-е изд. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 496 с.

2. Гибридное просветляющее покрытие с алмазоподобным слоем / И.С. Гайнутдинов [и др.] // Оптический журнал. 2015. Т. 82. № 1. С. 70–73.

3. Schmid W., Scherer M., Karnutsch C et al. High-efficiency red and infrared light-emitting diodes using radial outcoupling taper // IEEE J.Sel.Top. Quantum Electron. 2002. Is. 8. P. 256.

4. Wafer bonding of 50-mm diameter GaP to AlGaP-GaP light-emitting diode wafers / G.E. Hoefler [et al.] // Applied Physics Letters. 1996. Is. 9. P. 803.

5. Жузен Салес, Франсеск Баньюлс. Таинственные кривые. Эллипсы, гиперболы и другие математические чудеса / пер. с исп. М.: Де Агостини, 2014. 160 с.

6. Способ изготовления оптического модуля светодиодного светильника: пат. 2580178 Рос. Федерация № 2014154320/28; заявл. 30.12.14; опубл. 10.04.16, Бюл. № 4.

УДК 621.3.048

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Вадим Алексеевич Голенищев-Кутузов¹,
Александр Вадимович Голенищев-Кутузов², Дмитрий Алексеевич Иванов³,
Антон Владимирович Семенников⁴, Георгий Дамирович Марданов⁵

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
^{1,2,3,4,5}camrosebe@gmail.com

Разработан комплексный двухканальный метод дистанционной диагностики рабочего состояния высоковольтных фарфоровых и полимерных изоляторов, основанный на одновременной регистрации и компьютерной обработке сигналов частичных разрядов, детектированных электромагнитным и акустическим датчиками.

Ключевые слова: дистанционная диагностика, частичные разряды, высоковольтные изоляторы, электромагнитные методы, акустические методы.

COMBINED METHOD OF DISTANCE DIAGNOSTICS OF THE CONDITION OF HIGH-VOLTAGE INSULATORS

Vadim Alekseevich Golenishchev-Kutuzov, Alexander Vadimovich Golenishchev-Kutuzov,
Dmitry Alekseevich Ivanov, Anton Vladimirovich Semennikov,
Georgiy Damirovich Mardanov

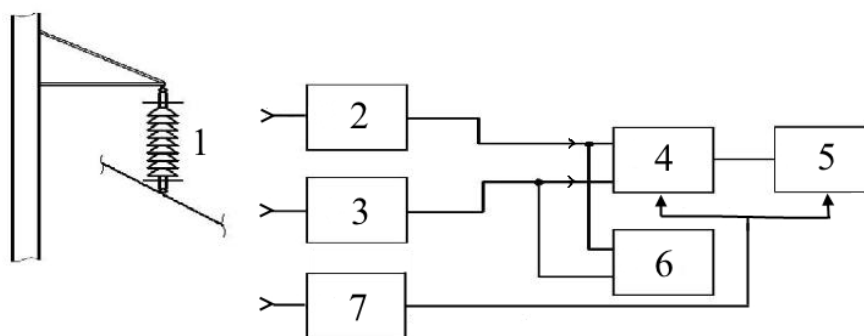
A complex two-channel method for remote diagnostics of the operating state of high-voltage porcelain and polymer insulators was developed, based on the simultaneous recording and computer processing of partial discharge signals detected by electromagnetic and acoustic sensors.

Key words: remote diagnostics, partial discharges, high-voltage insulators, electromagnetic methods, acoustic methods.

Устойчивость работы современного энергетического оборудования высокого напряжения во многом определяется надежностью его изолирующих элементов. Наиболее уязвимыми в этом плане являются высоковольтные изоляторы (ВИ). Согласно последнему ГОСТ Р191-2012 [1] и Международному стандарту IEC 60060-1.2010 [2], в настоящее время предусматриваются только периодические испытания высоковольтного энергетического оборудования с предварительным выводом их из рабочего состояния. В основу определения параметров дефектов положен электрический контактный метод измерения характеристик частичных разрядов (ЧР). Становится все более очевидной необходимость дистанционного бесконтактного контроля рабочего состояния ВИ.

Нами был разработан комплексный метод оперативного контроля рабочего состояния ВИ, сочетающего одновременную дистанционную регистрацию ЧР с помощью электромагнитного и акустического датчиков и созданной компьютерной программы. Как показали предварительные исследования [3, 4], разработанный метод способен определять необходимые характеристики ЧР и отображать их в виде распределения амплитуды и числа ЧР, в зависимости от фазы рабочего напряжения и распределения их числа по интенсивности.

Регистрация электромагнитных импульсов ЧР (рис.) осуществляется направленной антенной DCA-711, соединенной с широкополосным перестраиваемым приемником AOR AR 5000A, позволяющим определять импульсы в интервале частот 0,5-600 МГц.



Блок-схема измерительного устройства: 1 – высоковольтный изолятор; 2 – приемник электромагнитных сигналов; 3 – приемник акустических сигналов; 4 – аналого-цифровой преобразователь; 5 – персональный компьютер; 6 – двухканальный осциллограф; 7 – приемник опорного сигнала для регистрации фазы

Регистрация акустических импульсов осуществляется на частоте 40 кГц активной параболической антенной, соединенной с приемником

SDT-270. Выбор частоты измерений был обоснован такими факторами, как частотная зависимость затухания волн, производственные шумы и электромагнитные помехи окружающего электрического оборудования. Так, акустические шумы доминируют в низкочастотной области (от 20 Гц до 20 кГц), верхний частотный предел ограничен частотной зависимостью затухания, ($f \geq 100$ кГц). В интервале 35–45 кГц, как показали эксперименты, при отношении сигнал / шум ≈ 2 , акустические импульсы от ЧР регистрируются на расстоянии 15–25 м. С учетом низкочастотных производственных электромагнитных помех в диапазоне 50–200 МГц и выше 600 МГц наиболее предпочтительными для электромагнитной регистрации ЧР являются полосы 20–50 МГц и 400–550 МГц, причем интенсивность сигналов ЧР значительно выше во второй полосе, чем в первой.

Далее усиленные сигналы от приемников поступают на двухканальный цифровой осциллограф DSO3062A, выполняющий функцию непосредственного отображения сигналов с электромагнитного и акустического датчиков в виде амплитудно-фазовых характеристик импульсов ЧР. Затем синхронизированные с фазой переменного напряжения сети сигналы ЧР поступают на плату сбора данных АЦП NIUSB 6341. Оцифрованные сигналы от электромагнитного и акустического приемников поступают в компьютер, в котором с помощью разработанной программы [5] происходит сбор, запись и обработка информации об амплитуде, частоте повторения и фазе сигналов.

Процесс обработки сигналов ЧР заканчивается построением следующих характеристик: амплитуд и числа импульсов в каждом фазовом интервале и распределения числа импульсов по амплитудам. Полученное фазовое распределение параметров импульсов сравнивается с ранее записанным распределением параметров импульсных сигналов для бездефектного ВИ того же типа.

Таким образом, разработанная система позволяет проводить дистанционную диагностику состояния ВИ в условиях эксплуатации.

Источники

1. ГОСТ Р 55191-2012. Методы испытаний высоким напряжением. Измерение частичных разрядов. М.: Стандартинформ, 2014. 47 с.
2. Международный стандарт IEC 60060-1:2010 (NEQ). Методы испытаний высоким напряжением. Часть 1: Общие определения и требования к испытаниям. М.: Стандартинформ, 2010. 154 с.

3. Дистанционная диагностика высоковольтных изоляторов / В.А. Голенищев-Кутузов [и др.] // Дефектоскопия. 2016. № 8. С. 75–82.

4. Способ бесконтактной диагностики высоковольтных полимерных изоляторов: пат. 2483315 Рос. Федерация № 2011153348/28; заявл. 26.12.11; опубл. 27.05.13, Бюл. № 15.

5. Программа записи, обработки и распределения сигналов ЧР по амплитуде и фазе: свид. о гос. рег. программы для ЭВМ 2014612238 Рос. Федерация № 2013661998; заявл. 23.12.13; опубл. 20.03.14.

УДК 004.054

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ЗДАНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ САПР

Наталья Вячеславовна Денисова¹, Альбина Руслановна Гиниятуллина²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹natali.denisova@bk.ru, ²a.giniyatullina@list.ru

В данной работе были рассмотрены возможности проектирования внутренней осветительной установки с помощью современных программ с 3D-визуализацией: Dialux ver.4.13, Dialux EV, Relux Professional и nanoCADЭлектро. Отмечены особенности каждого программного продукта и проведено сравнение программ по нескольким показателям.

Ключевые слова: осветительная установка, программа для расчета освещения, 3D-моделирование, светотехнический расчет.

FEATURES OF MODELING LIGHTING INSTALLATION OF BUILDINGS IN DIFFERENT CAD SYSTEMS

Natalia Vyacheslavovna Denisova, Albina Ruslanovna Giniyatullina

In this paper, we considered the possibilities of designing an internal lighting installation using modern programs with 3D visualization: Dialuxver.4.13, DialuxEV, ReluxProfessional and nanoCADElectro. The features of each software product are noted and the programs are compared by several indicators.

Key words: lighting installation, software for calculating lighting, 3D modeling, lighting engineering calculation.

В состав проектной документации и по электроснабжению зданий входит проект осветительной установки (ОУ). Светотехнический расчет ОУ должен быть выполнен с учетом требований действующих норм и правил по всем показателям, таким как: уровень освещенности, равномерность освещения, а также отвечать требованиям заказчика.

Поэтому требуется определить САПР, в котором можно сделать наглядный светотехнический проект в кратчайший срок, используя при этом светильники российских производителей.

Цель работы состояла в анализе и сравнении возможностей современных светотехнических программ. Для сравнения были выбраны четыре программных продукта, позволяющих проводить светотехнический расчет и визуализацию освещенности на проектируемой 3D-модели: Dialux ver.4.13, Dialux EVO, Relux Professional и nanoCADЭлектро. В качестве сцены для освещения была принята аудитория В-303 КГЭУ. Уровень и равномерность освещенности были взяты из [1].

Особенность лекционной аудитории в том, что она выполнена с подъемом ступенями в виде амфитеатра. Три программы Dialux ver.4.13, Dialux EVO, Relux Professional позволяют легко воссоздать лекционную аудиторию и учесть специфику каждой сцены, определить коэффициенты естественного освещения, эксплуатации и отражения поверхностей.

Из трех программных продуктов наиболее универсальной для наших целей оказалась Dialux ver.4.13 с понятным, эргономичным и «дружелюбным» к пользователю интерфейсом.

Dialux EVO имеет сложный интерфейс, запутанную систему распределения объектов и светильников и высокую требовательность к параметрам ПК. Dialux EVO можно рекомендовать для проектирования комплекса объектов. Обе программы Dialux позволяют наполнять проекты российскими светильниками, тогда как Relux Professional, имеет очень ограниченную базу светильников и не поддерживает плагины российских производителей [2].

Программный продукт nanoCADЭлектро не является чисто светотехнической программой, не позволяет учесть вклад естественного света и отдельные качественные характеристики, однако имеет ряд преимуществ за счет возможности проведения необходимых электротехнических расчетов, прокладки кабельных трасс, выбора уставок защитных аппаратов и сечений кабелей.

Отдельно отметим, что nanoCADЭлектро создан по российским нормам, которые основываются на минимальной освещенности, а Dialux ориентируется на европейские нормы, отталкивающиеся от средней освещенности, что приводит к 10 % разнице в результатах.

Источники

1. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
2. Гаврилов Д.С., Денисова Н.В. Сравнение программ для расчета освещенности с возможностью 3D моделирования // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21, № 5. С. 191–194.

УДК 681.326

К ВОПРОСУ ВЫБОРА АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЛАБОРАТОРИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

Владимир Николаевич Елизаров

ФГАОУ ВО «ГУАП», г. Санкт-Петербург
elizarvlad@yandex.ru

В статье анализируется 10 летний опыт развития учебной лаборатории промышленных микропроцессорных технологий. Рассматриваются проблемы изучения программируемых логических контроллеров и интеллектуальных устройств ввода/вывода в системах промышленной автоматизации, вопросы организации рабочих мест студентов и предлагается база индивидуальных заданий технологических процессов.

Ключевые слова: программируемые логические контроллеры, интеллектуальные модули ввода/вывода, панели оператора, системы управления технологическими процессами.

TO THE QUESTION OF CHOICE OF HARDWARE FOR THE LABORATORY OF INDUSTRIAL AUTOMATION

Vladimir Nikolaevich Elizarov

The article analyzes the 10-year experience in the development of the educational laboratory of industrial microprocessor technologies. The problems of studying programmable logic controllers and intelligent input / output devices in industrial automation systems, the organization of students' workplaces and a database of individual tasks of technological processes are considered.

Key words: programmable logic controllers, intelligent input / output modules, operator panels, process control systems.

В настоящее время в промышленной электронике при создании автоматизированных систем управления технологическими процессами доминируют программируемые логические контроллеры (ПЛК) и интеллектуальные устройства ввода/вывода (устройства связи с объектами/устройства сбора данных) [1, 2].

В отличие от микропроцессоров, встраиваемых контроллеров и промышленных компьютеров для ПЛК характерны графические средства проектирования, наличие международного стандарта IEC 61131-3, который описывает языки программирования ПЛК, и совместная работа в связке с сенсорными панелями оператора.

Сенсорные панели оператора являются своеобразной альтернативой SCADA-систем [3], которые обеспечивают легкую навигацию по экранам проекта, более мобильны с точки зрения размещения в пространстве, не привязаны к компьютеру, оснащены более простым с точки зрения освоения и применения программным обеспечением (ПО). Например, широко применяемые в промышленности панели Weintek интегрируются с ПЛК различных производителей и оснащены бесплатным ПО [4].

Аппаратные средства промышленной электроники. В лаборатории представлены ПЛК MicroLogix 1200 компании Rockwell Automation США (ab.com) и семейства ПЛК фирм Siemens, Kooyo и Mitsubishi Electric, которые выполнены в модульном и в каркасном исполнениях. Семейство ПЛК Siemens представлено модулями LOGO, включая 7-ю версию, S7-200 и S7-1200 с различными процессорами и модули I/O, S7-300 с коммутационными и модули I/O. Семейство Kooyo – DL-05, DL-06 и DL-205. Более подробно процесс выбора представленного выше набора ПЛК описан в работе [5].

В дополнении к ПЛК в лаборатории представлены промышленные интеллектуальные устройства ввода/вывода (I/O) серии I-7000 с интерфейсом RS485 фирмы ICP DAS (Тайвань). Интерфейс RS485 наиболее распространен в промышленной автоматизации. Его используют промышленные сети Modbus, Profibus DP, ARCNET, Bitbus, WorldFip, LON Interbus и множество нестандартных сетей [6]. Отметим его преимущества:

- большая длина линии связи, по стандарту 1200 м и с ресивером 2400 м:
- двусторонний обмен данными по витой паре проводов;
- возможность организации сети и работа с 256 трансиверами (для серии I-7000), которые подключены к витой паре проводов;
- скорость передачи данных – до 115200 бод.

На базе серии I-7000 можно проектировать промышленные сети управления технологическим оборудованием (ТО) без ПЛК и сети с ПЛК. В сетях без ПЛК программа управления ТО создается на универсальных языках программирования и хранится в персональном компьютере. Другой

альтернативой создания сети без ПЛК является использование графической среды и платформы LabVIEW – среды разработки виртуальных приборов компании National Instruments (США), в которой для работы с модулями серии I-7000 разработано специальное программное приложение NAR7000V.

ПЛК и модули I/O серии I-7000 размещены в лаборатории на DIN-рейках и провода уложены в пластиковые короба так, как это делается в промышленных шкафах размещения оборудования с ПЛК. Работа студентов с ПЛК, модулями I-7000 и сенсорными панелями представлена на рис. 1.



Рис. 1. Размещение ПЛК и модулей I-7000 в лаборатории

Такое решение было продиктовано опытом разработки в лаборатории систем управления [7, 8]. Этап отладки и тестирования подсистемы управления загрузки и выгрузки расстойного шкафа на ПЛК Siemens S7-200 с CPU 224XP для ОАО «Каравай» изображен на рис. 2.

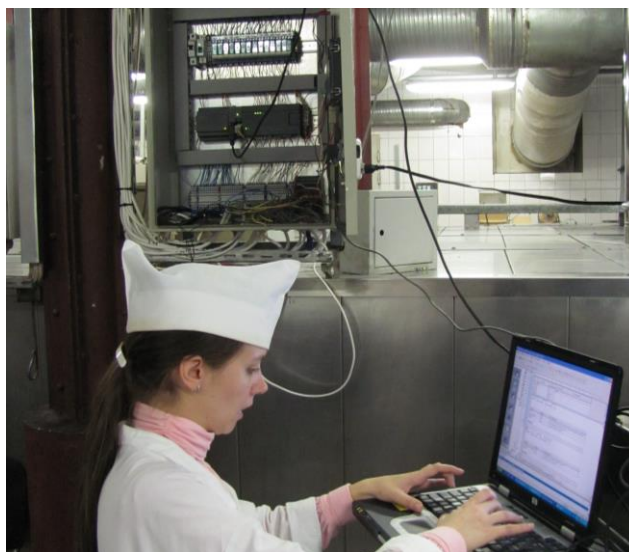


Рис. 2. Отладку подсистемы выполняет студентка И.С. Егорова

Технологическое оборудование. При создании автоматизированных систем управления на базе ПЛК и интеллектуальных модулей I/O студенты в своих работах знакомятся с промышленным оборудованием, которое представлено в лаборатории и подключено к ПЛК и модулям I/O. Исходя из заданного состава ТО, студенты в своих работах при проектировании системы управления технологическим процессом разрабатывают таблицу I/O сигналов. Для имитации входных сигналов в лаборатории используются аппаратные устройства: кнопки, тумблеры, датчики, энкодеры и виртуальные сигналы с объектов ЧМИ. Для отображения управляющих сигналов студенты в своих работах применяют следующие устройства: реле, магнитные пускатели, двух и трех фазные двигатели, сигнальные индикаторы, лампочки, частотные преобразователи, однооборотные электроприводы (МЭО) Чебоксарского завода электроники и механики [9] и элементы премавтоматики.

На рис. 3 представлен интерфейс управления пневмооборудованием лаборатории, который реализован на сенсорной панели Weintek MT8070iE.

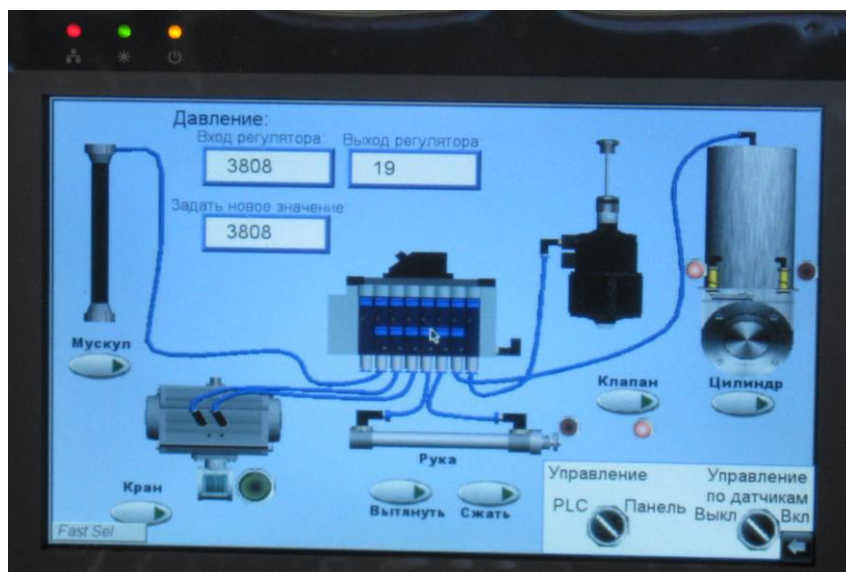


Рис. 3. Интерфейс управления пневмооборудованием

В лаборатории применяются следующие пневмоустройства: бесшумный компрессор, устройство подготовки воздуха, пропорциональный регулятор давления MPPES-3-1, пневмоостров FESTO MAS-20-N-500-AA, пневмоцилиндр с поворотным механизмом AWH, пневмомускул FESTO MAS-20-N-500-AA, пневмоцилиндр Camozzi 24N2A20A080, клапан пневматический Buschjost.

Стенд с пневмоустройствами представлен на рис. 4.

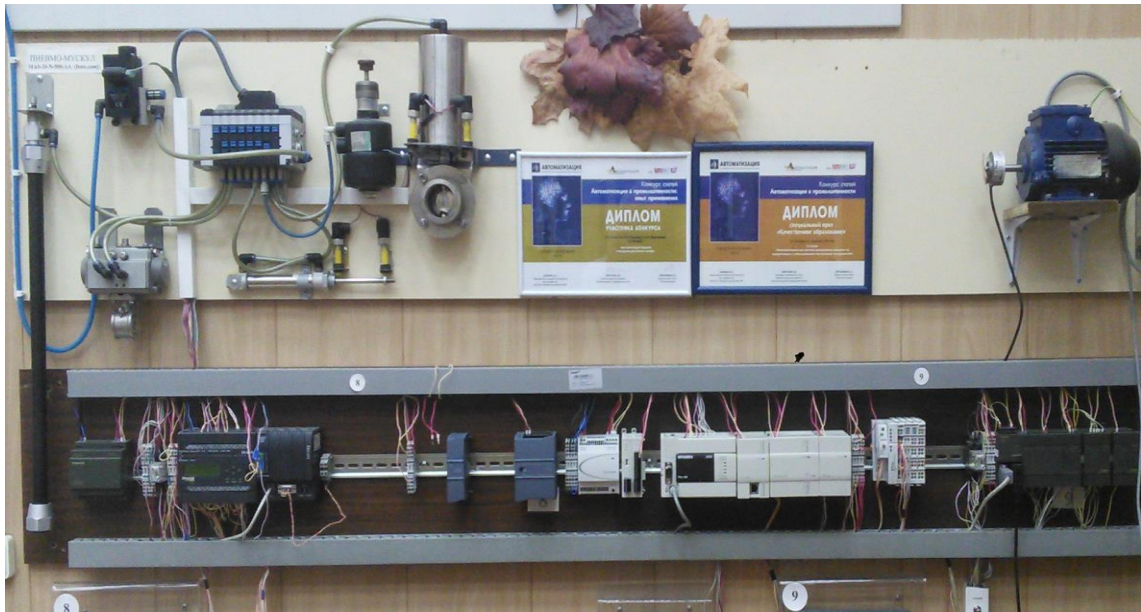


Рис. 4. Размещение пневмоустройств и элементов систем управления двумя сигналами управления, привод поворотный пневматический AIR TORQUE

База индивидуальных заданий. Задание для студентов включает в себя описание схемы технологического процесса и разработку автоматизированной системы управления на ПЛК с числом входов и выходов порядка 40–50. В настоящее время в лаборатории сформирована база заданий, в которую включены 85 технологических проектов для разработки автоматизированных систем управления на ПЛК.

В эту базу включены, например, следующие проекты:

- система управления лифтом в многоэтажном доме;
- управление шлюзовой камерой;
- управление роботом для перемещения грузов;
- автоматизированная система мойки автомобилей;
- система загрузки и выгрузки хлебопекарных ротационных печей;
- управление стиральной машиной;
- проектирование системы управления многоярусной платной парковкой;
- загрузка и выгрузка расстойного шкафа;
- система приготовления и отгрузки смеси из двух и более компонентов.

На рис. 5. представлена схема технологического процесса приготовления и отгрузки смеси, где в задании конкретизируются типы исполнительных механизмов кранов $K1-K3$.

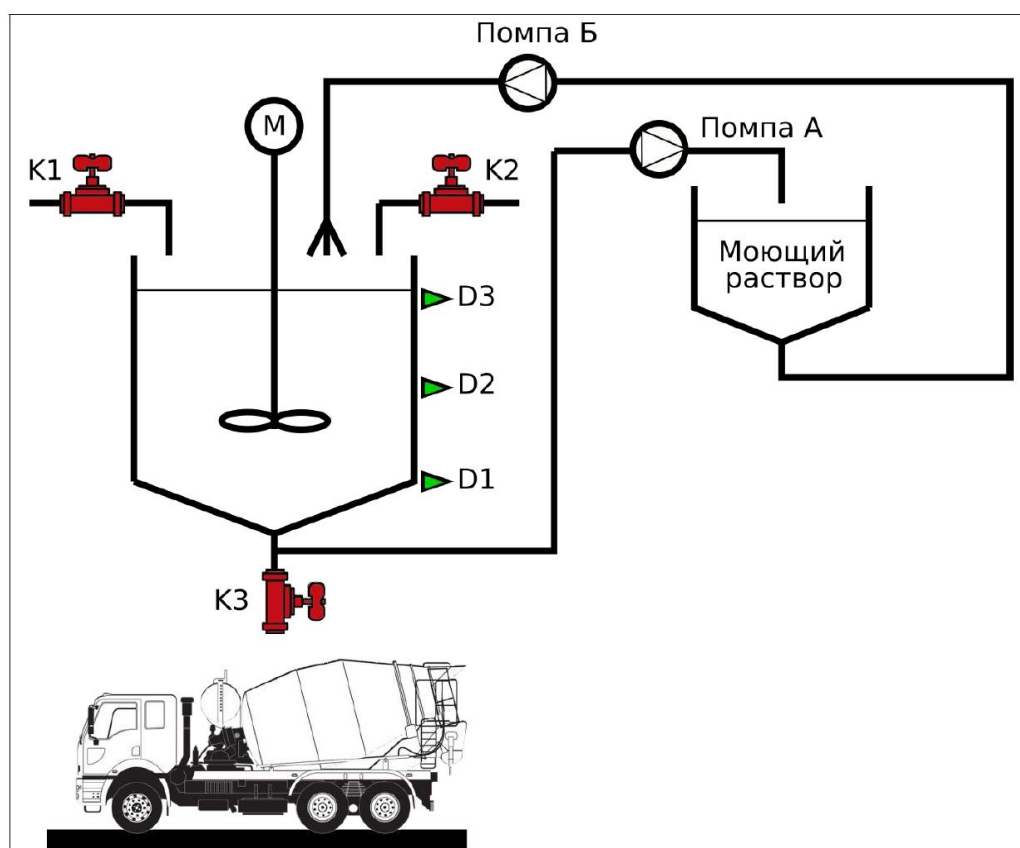


Рис. 5. Схема технологического процесса

Это может быть МЭО, пневмокраны или электроклапаны. Фиксируются в задании типы кнопок управления с фиксацией или без фиксации состояния. Эти фиксированные параметры технологического процесса влияют на разработку программы управления ПЛК.

Источники

1. Джеймс А. Рег, Глеин Дж. Сартори. Промышленная электроника, ДМК Пресс, 2016. 1136 с.
2. Ицкович Э.Л. Тенденции развития промышленных контроллеров и их перспективные свойства // Автоматизация в промышленности. 2017. № 6. С. 3–7.
3. URL: <http://en-res.ru/stati/scada.html>.
4. Елизаров В.Н., Маршалов А.А. Опыт применения сенсорных панелей WEINTEK в проектировании систем управления. // Теплоэнергоэффективные технологии. 2010. № 1-2. С. 56–57.
5. Елизаров В.Н. Опыт организации практикумов по современным технологиям автоматизации // Сб. матер. III Поволжской НПК. Казань, 2017. Т. 2. С. 297–303.
6. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RS-485>.

7. Егорова И.С., Елизаров В.Н, Маршалов А.А. Автоматизация загрузки и выгрузки расстойного шкафа. // Автоматизация в промышленности. 2012. № 2. С. 26–30.

8. Елизаров В.Н., Маршалов А.А. Многокомпонентная система дозирования: решения по модернизации с использованием виртуальных инструментов. //Автоматизация в промышленности. 2014. № 2. С. 45–48.

9. URL: <http://www.zeim.ru/>

УДК 621.382.2

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК СО СВЕТОДИОДАМИ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Ольга Евгеньевна Железникова¹, Андрей Михайлович Кокинов²,
Анастасия Николаевна Михалькова³

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», г. Саранск
¹²³sarstf@mai.ru

В работе описываются экспериментальные исследования по оценке эффективности осветительных установок (ОУ) со светодиодами (СД) первого поколения. Установлено, что светодиодное освещение не вызывает негативного воздействия на орган зрения и организм человека в целом. Имеющие место при выполнении зрительных работ изменения функциональных показателей органа зрения входят в соответствующие границы физиологических колебаний и имеют обратимый характер. Оценены интегральные показатели эффективности светодиодного освещения. Показана практическая значимость полученных результатов.

Ключевые слова: освещение светодиодами, комплексная методика, экспериментальная исследовательская установка, зрительные функции, зрительное утомление, зрительная работоспособность, эффективность освещения.

EFFICIENCY EVALUATION OF LIGHTING INSTALLATIONS WITH LEDS OF FIRST GENERATION

Olga Evgenievna Zheleznikova, Andrei Mikhailovich Kokinov,
Anastasia Mikhalkova

The paper describes experimental studies on the efficiency evaluation of lighting installations (LI) with LEDs (LEDs) of the first generation. It is established that LED lighting does not cause a negative impact on the organ of vision and the human body as a whole. The changes in the functional parameters of the organ of vision that take place during the performance of visual work are within the corresponding limits of physiological fluctuations and are reversible. The integral indicators of the efficiency of LED lighting are estimated. The practical significance of the obtained results is shown.

Key words: led lighting, integrated methodology, experimental research installation, visual functions, visual fatigue, visual performance, lighting efficiency.

В связи с быстрым внедрением светодиодов (СД) в качестве источников света (ИС) для искусственного освещения большой круг вопросов, касающихся воздействия их излучения на орган зрения и организм человека в целом, оказался не охваченным и не исследованным. Тревога по поводу безопасного использования СД для целей общего освещения вполне оправдана [1–6], поскольку возможность использования СД для создания благоприятных условий освещения требует весомых доказательств. При этом существенны вопросы как непосредственной опасности поражения органов зрения излучением СД, так и возможные последствия длительного нахождения при искусственном освещении современными ИС для психофизиологического и физического здоровья людей. Это дает основание считать проведенные исследования актуальными.

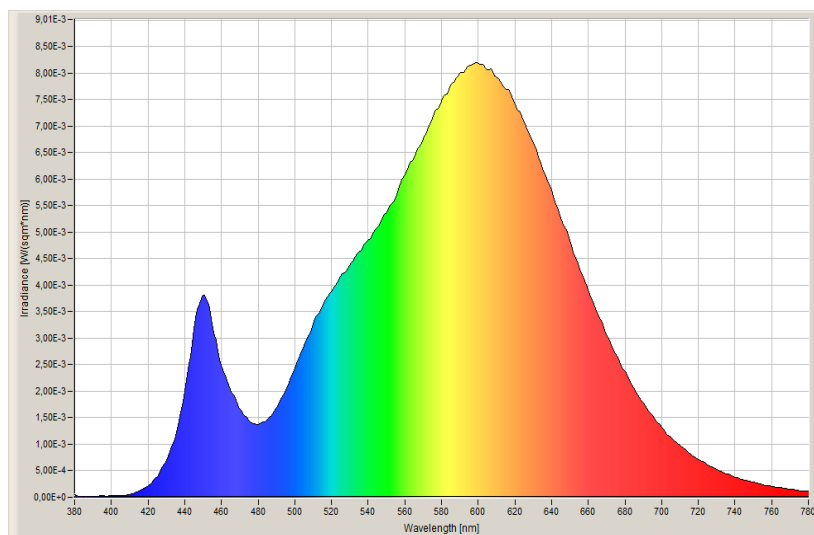
Цель данной работы – изучение влияния освещения СД на орган зрения и показатели эффективности зрительной работы.

Важным этапом в решении поставленных задач была разработка экспериментальной исследовательской установки (ЭИУ) общего освещения, подробное описание которой представлено в [7].

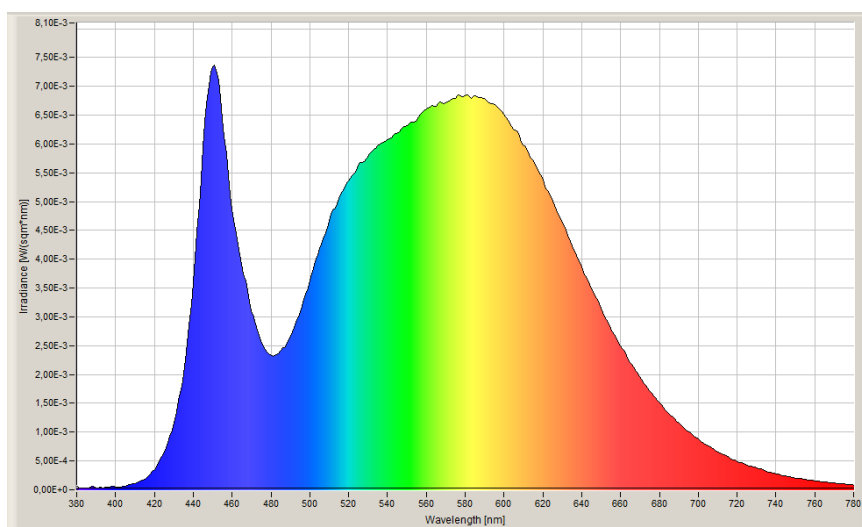
Для ЭИУ в соответствии с требованиями [8] были выбраны светильники со СД типа CapFlat 66-16 совместного российско-корейского предприятия ООО «НЕПЕС РУС» и типа ДВО12-38-001 Prizma ОАО «Ардатовский светотехнический завод» и светильники с люминесцентной лампой (ЛЛ) – типа ЛВО04-4×14-041 PRS. Значения коррелированной цветовой температуры (КЦТ) излучения светильников – 3000, 4000 и 5000 К. В ЦКП «Светотехническая метрология» ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева» были измерены фотометрические и спектроколориметрические параметры отобранных светильников. На рис. 1–2 приведены спектры их излучения.

Изменение уровня освещенности E рабочей поверхности достигалось использованием регулируемых ПРА и драйверов (по протоколу DALI). Исследования проводились при трех уровнях E : 200, 400 и 1000 лк.

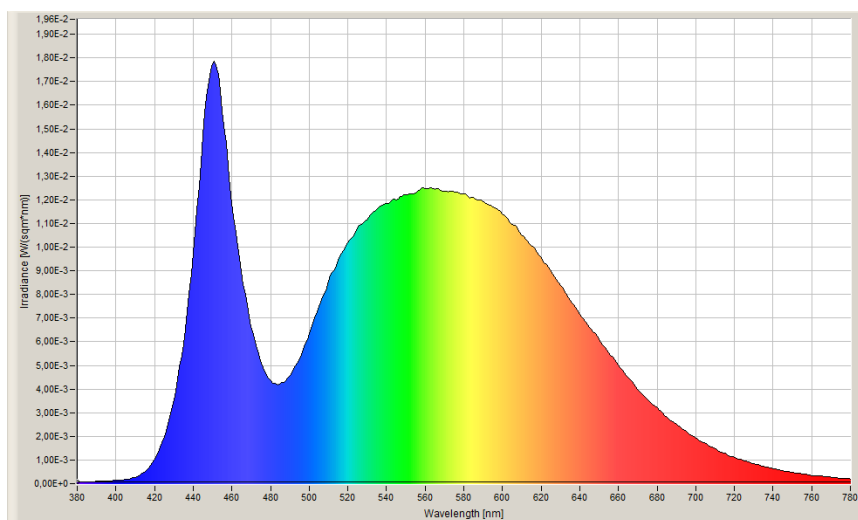
В проведении исследований использовалась разработанная нами комплексная методика оценки влияния условий освещения СД на показатели состояния органа зрения и организма человека в целом [9].



a

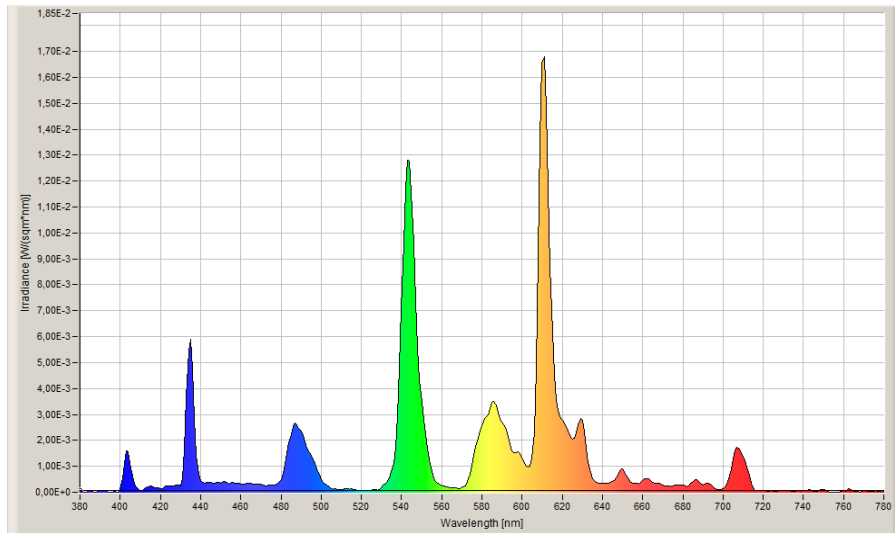


б

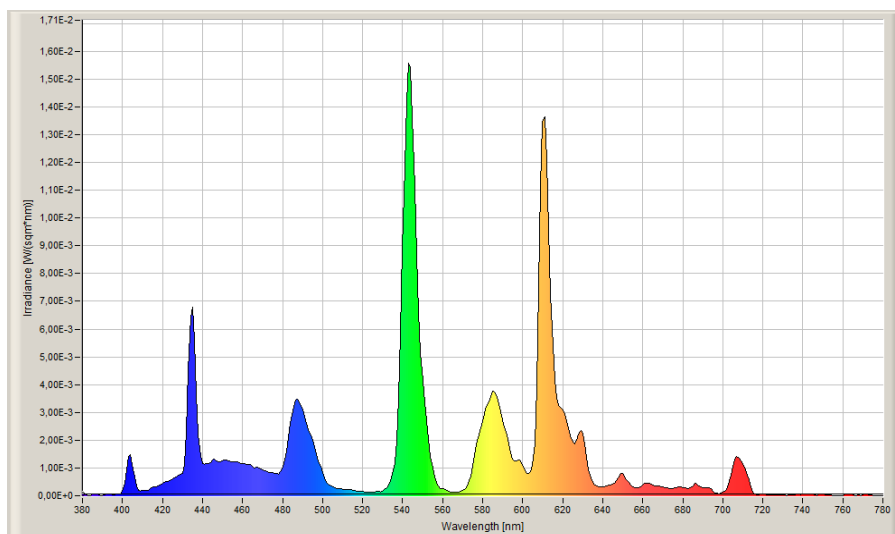


в

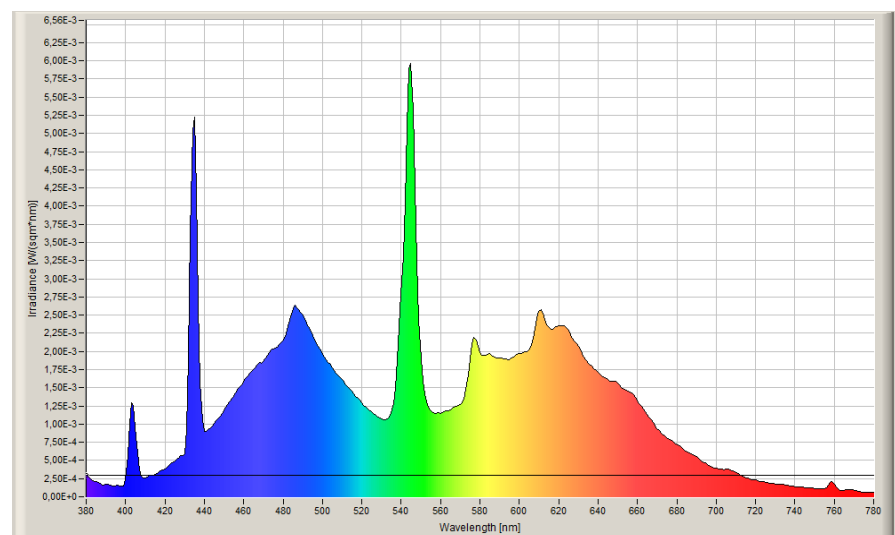
Рис. 1. Спектры излучения светильников со СД: *a* – CapFlat 66-16 (ООО «НЕПЕС РУС»), КЦТ 3000 К; *б* – CapFlat 66-16 (ООО «НЕПЕС РУС», КЦТ 4000 К, (СД производства ООО «НЕПЕС РУС»); *в* – ДВО 12-38-416 (ОАО «АСТЗ»), КЦТ 5000 К, (СД производства SeoulSemiconductor)



a



б



в

Рис. 2. Спектры излучения светильников с ЛЛ: *a* – ЛВО 04-4×14-041 PRS с ЛЛ T5 FH 14WHE (Osram), КЦТ 3000 К; *б* – ЛВО 04-4×14-041 PRS с ЛЛ Master TL5 HE 14W (Philips), КЦТ 4000 К; *в* – ЛВО 04-4×18-041 PRS с ЛЛ T8 Osram L 18W, КЦТ 5000 К

Анализ существующих методик определения отдельных показателей позволил выбрать наиболее адекватные поставленным задачам оценки эффективности условий освещения СД при выполнении зрительно-напряженных работ. Так изменения функционального состояния органа зрения оценивались на основании исследований:

- аккомодационно-мышечного аппарата органа зрения;
- рецепторного аппарата органа зрения;
- центрального звена органа зрения.

Перед началом исследований группа студентов-добровольцев в возрасте 20–25 лет прошла обследование в республиканской офтальмологической больнице г. Саранска.

Это обследование включало: определение рефракции; определение остроты зрения; проведение компьютерной томограммы сетчатки. У всех отобранных наблюдателей рефракция была преимущественно эметропической, острота зрения на оба глаза – 1,0, цветоощущение без патологии.

Отобранные наблюдатели в количестве 60 человек были случайным образом разбиты на две группы по 30 человек: контрольная (эксперимент при освещении ЛЛ) и основная (эксперимент при освещении СД). Число наблюдателей и количество экспериментов определялись исходя из требований получения статистически достоверных данных и регламентации времени проведения исследований. Были составлены план эксперимента и графики работы каждой группы, учитывающие суточные биоритмы человека. Функциональной нагрузкой служила полтора часовая зрительно-напряженная работа корректорского типа с бумажными текстами, работа включала умственную компоненту (расчет площадей криволинейных фигур).

Во всех исследованных нами вариантах освещения качественные показатели освещения не превышали нормируемых значений: объединенный показатель UGR находился в диапазоне 10–14; коэффициент пульсации освещенности – 0,2–0,6 %.

Перед началом экспериментальных исследований все наблюдатели прошли в течение 10 дней тренировку по методикам исследований до получения стабильных результатов.

По окончании экспериментальных исследований контрольная и основная группы наблюдателей прошли повторное обследование в республиканской офтальмологической больнице г. Саранска, чтобы выявить, не вызывает ли освещение СД негативное воздействие на орган зрения.

План эксперимента предусматривал при заданных условиях освещения измерения до и после выполнения зрительных работ объема абсолютной аккомодации, времени ахроматической адиспаропии, КЧСМ (на КПФК-99 «Психомат»), контроль артериального давления. В конце работы наблюдатели заполняли анкеты субъективной оценки условий освещения. Для данных исследований нами была разработана специальная анкета субъективной оценки, в которой сформулированы вопросы, охватывающие основные характеристики варианта освещения (создаваемого как ЛЛ, так и СД), цветопередающие свойства излучения, а также психоэмоциональное состояние наблюдателей.

Кроме того, до начала выполнения зрительно-напряженной работы и после ее окончания у наблюдателей измерялись монокулярно пороги цветоразличения с помощью аномалоскопа АН-59 и проекции слепого пятна органа зрения (по методу кампиметрии) [10].

Обследования органа зрения. Исследования объема абсолютной аккомодации (ОАА) показали, что при выполнении напряженной зрительной работы во всех рассматриваемых вариантах освещения его значения уменьшаются (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Изменение объема абсолютной аккомодации после зрительной нагрузки при различных вариантах освещения СД

E , лк	КЦТ, К	До работы		После работы		Коэффициент корреляции	
		ОАА, дптр., \bar{x}	Доверительный интервал, $t \cdot \sigma_{\bar{x}}$	ОАА, дптр., \bar{x}	Доверительный интервал, $t \cdot \sigma_{\bar{x}}$	r (между, до и после работы)	$p(r)$
200	3000	8,70	0,10	8,40	0,21	0,75	< 0,05
400		9,00	0,21	8,80	0,12	0,85	< 0,01
1000		9,90	0,16	9,70	0,19	0,73	< 0,05
200	4000	9,40	0,13	9,00	0,16	0,66	
400		9,70	0,17	9,50	0,19	0,65	
1000		10,10	0,13	10,20	0,18	0,14	–
200	5000	9,30	0,11	8,70	0,15	0,79	< 0,05
400		9,70	0,13	9,40	0,18	0,66	
1000		10,00	0,22	9,80	0,24	0,63	

Изменение объема абсолютной аккомодации после зрительной нагрузки при различных вариантах освещения ЛЛ

E , лк	КЦТ, К	До работы		После работы		Коэффициент корреляции	
		ОАА, дптр., \bar{x}	доверительный интервал, $t \cdot \sigma_{\bar{x}}$	ОАА, дптр., \bar{x}	доверительный интервал, $t \cdot \sigma_{\bar{x}}$	r (между, до и после работы)	$p(r)$
200	3000	8,60	0,21	8,20	0,12	0,73	< 0,01
400		8,80	0,20	8,60	0,10	0,69	< 0,05
1000		9,60	0,14	9,40	0,10	0,74	< 0,01
200	4000	8,80	0,14	8,30	0,16	0,69	< 0,05
400		9,10	0,15	8,80	0,10	0,77	< 0,01
1000		9,80	0,14	9,60	0,12	0,85	< 0,001
200	5000	8,70	0,29	8,20	0,27	0,63	< 0,05
400		9,10	0,17	8,70	0,23	0,83	< 0,001
1000		9,70	0,10	9,40	0,07	0,72	< 0,05

Определение достоверности изменения ОАА в результате зрительной нагрузки по t -критерию Стьюдента с $p < 0,05$ позволило констатировать, что практически во всех вариантах освещения обнаружены достоверные сдвиги в значениях ОАА, не превышающие в то же время границ естественных вариаций этого показателя аккомодативной функции органа зрения (0,5–1,5 дптр).

Оценка влияния спектрального состава на изменение рассматриваемого показателя аккомодации при постоянном уровне E по t -критерию Стьюдента выявлена в сравниваемых вариантах при КЦТ 4000 К при всех уровнях E и при КЦТ 5000 К при уровнях E 200 и 400 лк. Наибольшие значения ОАА зафиксированы при освещении СД. Превышение ОАА после работы при освещении СД по сравнению с базовым вариантом освещения при КЦТ 4000 К в диапазоне E 200–1000 лк составило 0,6–0,7 дптр (6,3–8,4 %), при КЦТ 5000 К в диапазоне E 200–400 лк – 0,5–0,7 дптр (6,0–8,0 %). То есть установлено, что орган зрения лучше аккомодирует при освещении СД (при КЦТ 4000 и 5000 К). Это объясняется большей активностью цилиарной мышцы и связано, видимо, со спектром излучения СД.

Влияние КЦТ излучения при постоянном уровне E на изменение времени ахроматической адиспаропии в процессе работы в сравниваемых вариантах характеризуется высокой степенью существенности. Время

ахроматической адиспаропии как до работы, так и после ее выполнения оказалось более продолжительным при освещении СД. Это свидетельствует о том, что освещение СД создает благоприятные условия для работы аккомодационно-мышечного аппарата органа зрения.

При оценке состояния сетчатки по показателям компьютерной томографии было установлено, что в контрольной и основной группах после окончания эксперимента у наблюдателей сохранен профиль фовеолы, не нарушена архитектоника сетчатки. Статистическая обработка результатов обследования в обеих группах не выявила статистически значимых различий между исследуемыми показателями ($p > 0,05$ по t -критерию Стьюдента). То есть состояние сетчатки наблюдателей остается без достоверных изменений.

Исследование площади проекции слепого пятна показало, что ретинальное утомление, оцененное по состоянию периферического зрения, приводит к достоверному увеличению физиологической площади слепого пятна после выполнения напряженной зрительной работы. Диапазон увеличения проекции диска зрительного нерва по отношению к исходному для вариантов освещения ЛЛ составил 6,57–12,06 %; для вариантов освещения СД – 3,87–10,77 %. Сопоставление динамики исследуемого показателя выявило, что при КЦТ 3000 К освещение СД способствует меньшему зрительному утомлению (ЗУ) по сравнению с ЛЛ ($p < 0,05$).

В ходе эксперимента установлен неодинаковый характер изменения порогов цветоразличения при различных вариантах освещения. Из полученных результатов следует, что при зрительной работе в условиях освещения ЛЛ и СД функциональное состояние сетчатки не было одинаковым, что очевидно связано с фотохимическими реакциями в сетчатке, которые могут тормозиться и усиливаться под действием излучений в различных частях видимого спектра. Влияние излучения СД выявлено только на с-рецептор сетчатки для излучения с КЦТ 4000 К при Е 1000 лк и КЦТ 5000 К при Е 400 и 1000 лк ($p < 0,05$). Для других вариантов освещения влияние излучения ИС на к-, з-, с-рецепторы оказалось незначительным. Это может быть объяснено характером зрительных задач – работа с ахроматическими объектами.

Исследования состояния центрального звена органа зрения до и после работы по методу КЧСМ не позволили выявить наиболее предпочтительный вариант освещения: t -критерий Стьюдента не подтвердил достоверности различий во всем исследованном диапазоне ЕиКЦТ. Таким образом, установлено, что показатели КЧСМ при освещении СДи ЛЛ существенно не различаются.

Результаты исследований показывают, что снижение КЧСМ в ходе эксперимента связано с выполняемой зрительно-напряженной работой; этот процесс обратим – к началу следующего дня показатели восстанавливались до исходных значений. То есть освещение СД не оказывало угнетающего действия на состояние ЦНС.

Определение интегральных показателей эффективности светодиодного освещения по зрительной работоспособности и степени ЗУ. Зрительная работоспособность оценивалась по методу корректурных проб. Для проводимых исследований были использованы специальные тесты – корректурные пробы, составленные из букв кириллицы с помощью генератора случайных чисел, контраст тестов – отрицательный. В течение двух минут наблюдатели работали с тестами – вычеркивали заданную букву, встречающуюся в определенных сочетаниях. По результатам теста рассчитывался коэффициент зрительной работоспособности I , учитывающий просмотренное в тесте количество знаков, и коэффициент качества, учитывающий правильно вычеркнутые знаки и допущенные ошибки. Анализ результатов исследования зрительной работоспособности показал преимущества освещения СД с позиции обеспечения большей зрительной работоспособности. Наибольшее значение коэффициента зрительной работоспособности I при освещении СД установлено при КЦТ 4000 К. Так, по сравнению с ЛЛ при Е 200 лк он выше на 11,8 %; при Е 400 лк – на 14,9 %; при Е 1000 лк – на 12,4 %.

Парный коэффициент корреляции r подтвердил ($p < 0,05$) наличие положительной взаимосвязи между ОАА и I после зрительной работы. Это позволило предположить, что определенный вклад в повышение коэффициента зрительной работоспособности при освещении СД вносила лучшая работа аккомодационно-мышечного аппарата.

Результаты исследования качества работы показали, что в процессе зрительной нагрузки его показатель снижался. Однако достоверность снижения коэффициента точности по t -критерию Стьюдента обнаружена только в условиях освещения СД при КЦТ 4000 К (Е 400 и 1000 лк); при КЦТ 5000 К (Е 400 лк). Различия в качестве работы при сопоставлении вариантов освещения СД и ЛЛ оказались незначимыми.

ЗУ оценивалось по динамике временного порога ахроматической адиспаропии.

При этом показатель ЗУ рассчитывался по формуле:

$$A = \left(1 - \frac{t_j}{t_i} \right) \cdot 100 \%,$$

где A – зрительное утомление, %; t_j – время ахроматической адиспаропии после зрительной работы, с; t_i – время ахроматической адиспаропии до зрительной работы, с.

Установлено, что при освещении СД в процессе полуторачасовой зрительно-напряженной работы развивалось меньшее ЗУ. Наименьшее ЗУ при освещении СД отмечено для КЦТ 4000 и 5000 К при Е 400 лк. Достоверность влияния КЦТ на ЗУ доказана во всех исследованных вариантах освещения с $p < 0,05$ по t – критерию Стьюдента.

На основании результатов экспериментальных исследований установлено, что светодиодное освещение не вызывает негативного воздействия на орган зрения и организм человека в целом. Имеющие место при выполнении зрительных работ изменения функциональных показателей органа зрения входят в соответствующие границы физиологических колебаний и имеют обратимый характер.

Анализ интегральных показателей эффективности освещения по зрительной работоспособности показал, что условия освещения, создаваемые СД, способствовали обеспечению более высокой зрительной работоспособности и меньшего ЗУ.

Анализ результатов экспериментальных исследований достоверно показал, что освещение СД не оказывает отрицательного (негативного) воздействия на орган зрения и показатели зрительной работоспособности (возрастная группа 20–25 лет). Исследования, выполненные при различных условиях освещения (СД и ЛЛ), выявили тесную связь функций зрения с компенсаторно-приспособительной реакцией организма и устойчивость адаптивных систем, ответственных за регуляцию чувствительности органа зрения и организма в целом. Результаты проведенных исследований могут использоваться для разработки практических рекомендаций по применению систем освещения на основе СД.

В заключении следует подчеркнуть, что работы по гигиенической оценке освещения СД требуют продолжения, в том числе в направлении определения его эффективности для промышленных ОУ различного функционального назначения.

Источники

1. Световая среда для человека: наука, промышленность и закон // Светотехника. 2016. № 1. С. 45–49.
2. Light-emitting diodes (LED) for domestic lighting: Any risks for the eye? / F. Behar-Cohen [et al.] // Journal of Progress in Retinal and Eye Research. 2011. P. 239–257.
3. Evening Short-Term Exposure to Conventional Light Suppresses Melatonin and Increases Alertness Perception / A. Wahnschaffe [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. 2013. P. 2573–2589.
4. Exposure to room light before bed time suppresses melatonin onset and shortens melatonin duration in humans / J.J. Gooley [et al.] // Journal of Endocrinol. P. 463–472.
5. Vegter Klaas. The future of lighting: beyond saving energy // Conference on Optics for Solar Energy (SOLAR) at the Renewable Energy and the Environment Congress, Eindhoven, Washington, 2012. P. 83.
6. Impact of two competing energy transfer mechanisms on spectra in organic light emitting diodes / S. Kawasaki [et al.] // Conference on Optics for Solar Energy (SOLAR) at the Renewable Energy and the Environment Congress, Eindhoven, Washington, 2012. P. 64–65.
7. Zheleznikova O., Amelkina S. Experimental Research facility with LED lights // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2015. Vol. 6(2). P. 94–99.
8. ГОСТР 54350-2015. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний.
9. Разработка комплексной методики оценки влияния условий светодиодного освещения на состояние органа зрения и организма человека в целом / О.Е. Железникова [и др.] // Естественные и технические науки. 2013. № 5(67). С. 249–257.
10. Способ определения зрительного утомления: пат. 2534910 Рос. Федерация № 2013145991; заявл. 16.10.13; опубл. 10.12.14, Бюл. № 34. 10 с.

ОПРЕДЕЛЕНИ СПОСОБА ПЕРЕХОДА МЕЖДУ СИСТЕМАМИ ФОТОМЕТРИРОВАНИЯ

Ольга Евгеньевна Железникова¹, Сергей Владимирович Прытков²

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», г. Саранск

¹sarstf@mail.ru, ²sergeyvladi88@gmail.com

Статья посвящена определению способа перехода между фотометрическими системами $A\alpha$, $B\beta$, $C\gamma$, основанном на их совмещении с помощью поворотов в прямоугольной системе координат и последующей интерполяцией значений силы света в заданных узлах. Это позволяет корректно определять все значения меридиональных углов во всей области принимаемых значений: $[-\pi; \pi]$ для A , B и $[0; 2\pi]$ для C . Показано, что для решения проблемы получения регулярной сетки углов можно воспользоваться интерполяцией рассеянных данных на основе триангуляции Делоне.

Ключевые слова: осветительный прибор, системы фотометрирования, кривая силы света, гониофотометрия, фотометрическое тело, триангуляционная сетка, интерполяция рассеянных данных.

DETERMINATION OF THE METHOD OF TRANSITION BETWEEN THE PHOTOMETRIC SYSTEMS

Olga Evgenievna Zheleznikova, Sergey Vladimirovich Prytkov

The article is devoted to the determination of transition method between the photometric systems $A\alpha$, $B\beta$, $C\gamma$, based on their combination by the means of rotations in the rectangular coordinate system and the subsequent interpolation of luminous intensity values in the given units. This allows us to determine all values of meridional angles in the entire range of values correctly: $[-\pi, \pi]$ for A , B , and $[0, 2\pi]$ for C . It is shown that in order to solve the problem of a regular angle grid obtaining, one can use the interpolation of scattered data on the basis of the Delaunay triangulation.

Key words: Lighting device, photometry systems, light intensity curve, goniophotometry, photometric body, triangulation grid, the interpolation of scattered data.

Пространственно-угловое распределение силы света определяется в ходе гониофотометрических измерений и может задаваться в одной из трёх систем фотометрирования $A\alpha$, $B\beta$, $C\gamma$ (type A, type B, type C) [1–4]. Выбор конкретной системы для определённого типа источников света (ИС) или осветительных приборов (ОП) стандартами строго не регламентируется, хотя некоторые рекомендации всё же есть. Так, прожекторы, например, целесообразнее фотометрировать в системе $B\beta$ [1–3], автомобильные фары – в системе $A\alpha$ [3], а офисные и уличные светильники – в системе $C\gamma$. Если кинематическая схема гониофотометра предполагает поворот ИС, а измеряется разрядная лампа, то выбрать необходимо ту систему, при которой не меняется её рабочее положение. Зачастую выбор бывает продиктован просто удобством проведения измерений.

В светотехнической практике могут встречаться ситуации, когда фотометрирование осуществлялось в одной системе, а результаты надо представить в другой. Например, необходимо сопоставить результаты измерений двух гониофотометров, кинематические схемы которых реализуют разные системы фотометрирования. В [1, 3] есть формулы перехода между системами фотометрирования. Однако, как будет показано далее, этот вопрос полностью не изучен.

Системы фотометрирования представляют собой сферические системы координат, определённым образом ориентированные относительно фотометрической, продольной и поперечной осей ОП [1]. Совмещение систем фотометрирования можно осуществлять либо, используя основные понятия и правила сферической геометрии [5], либо матричные преобразования в декартовой системе координат. Оба способа приводят к одним и тем же результатам, но в данной работе мы отдаём предпочтение последнему вследствие его более экономной, удобной для запоминания формы записи.

Как известно, переход от сферических координат к прямоугольным осуществляется по следующим формулам:

$$\begin{cases} x = r \sin \theta \cos \varphi; \\ y = r \sin \theta \sin \varphi; \\ z = r \cos \theta, \end{cases} \quad (1)$$

где θ – полярный угол; φ – азимутальный угол; r – радиус-вектор (рис. 1).

Выясним теперь как осуществляется переход к прямоугольным координатам, связанным с системами фотометрирования $C\gamma$, $B\beta$, $A\alpha$. Координатными осями во всех трёх системах являются поперечная, продольная и фотометрическая оси ОП. Положительные направления координатных осей в системах $C\gamma$, $B\beta$, $A\alpha$ определяют тройки единичных векторов (i_C, j_C, k_C) , (i_B, j_B, k_B) и (i_A, j_A, k_A) соответственно (рис. 2–4).

Из рис. 1–4 видно, что полярный θ и азимутальный φ углы связаны с меридиональными и экваториальными углами систем $C\gamma$, $B\beta$, $A\alpha$ следующим образом: $\theta_C = 180^\circ - \gamma$, $\varphi_C = C$, $\theta_B = 90^\circ - \beta$, $\varphi_B = B$, $\theta_A = 90^\circ + \alpha$, $\varphi_A = A$. Подставляя данные выражения в (1), получаем следующие формулы преобразования координат систем $C\gamma$, $B\beta$, $A\alpha$ в прямоугольные координаты:

$$\begin{cases} x_C = r \sin \gamma \cos C; \\ y_C = r \sin \gamma \sin C; \\ z_C = -r \cos \gamma; \end{cases} \begin{cases} x_B = r \cos \beta \cos B; \\ y_B = r \cos \beta \sin B; \\ z_B = r \sin \beta; \end{cases} \begin{cases} x_A = r \cos \alpha \cos A; \\ y_A = r \cos \alpha \sin A; \\ z_A = -r \sin \alpha. \end{cases} \quad (2)$$

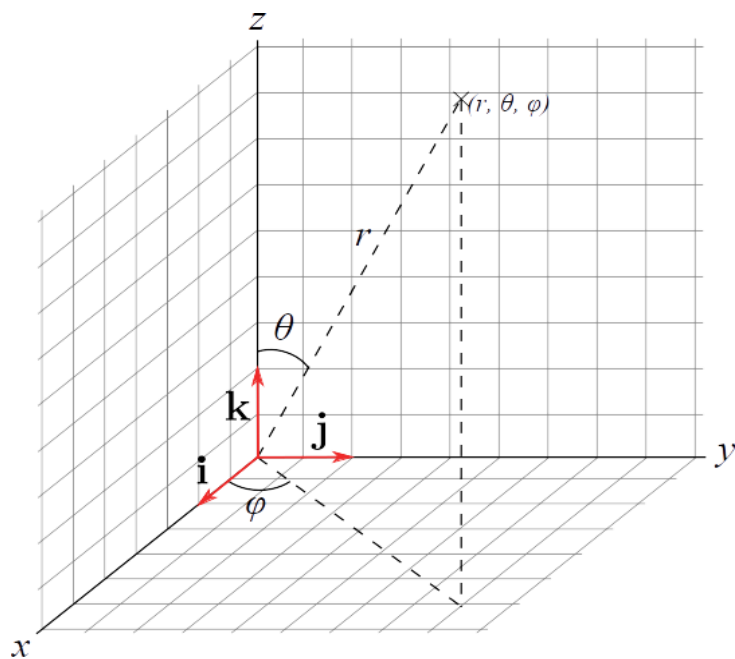


Рис. 1. Сферическая система координат

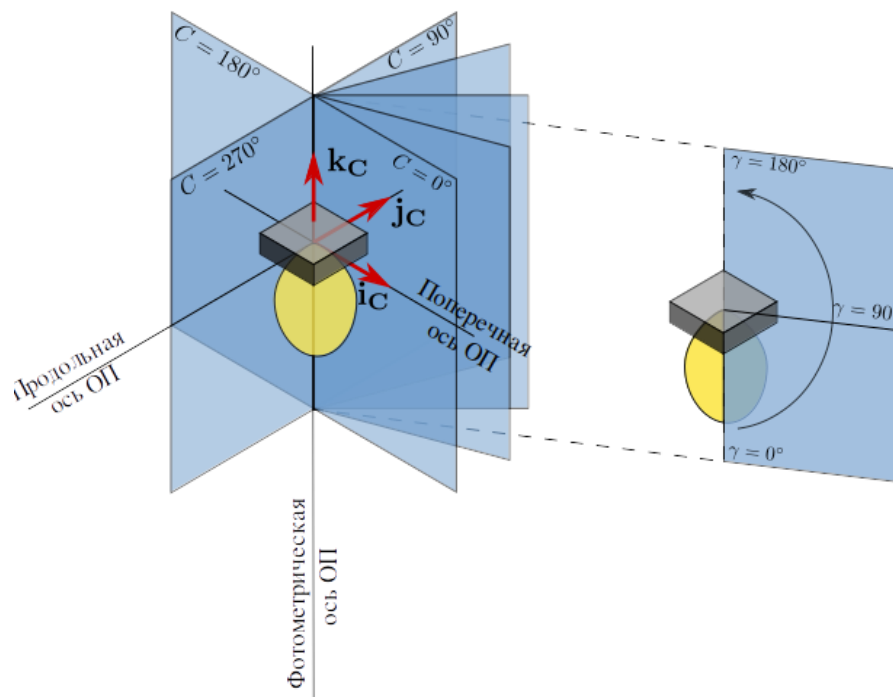


Рис. 2. Система фотометрирования S_γ

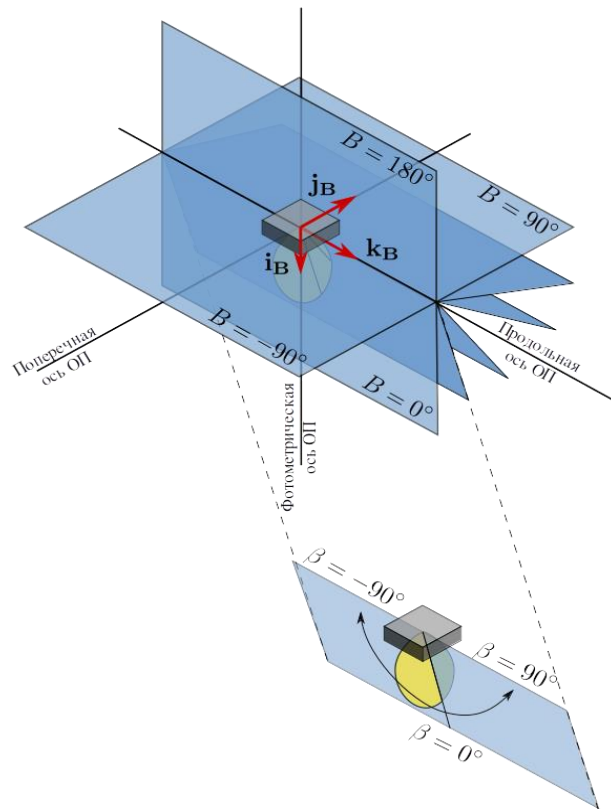


Рис. 3. Система фотометрирования $B\beta$

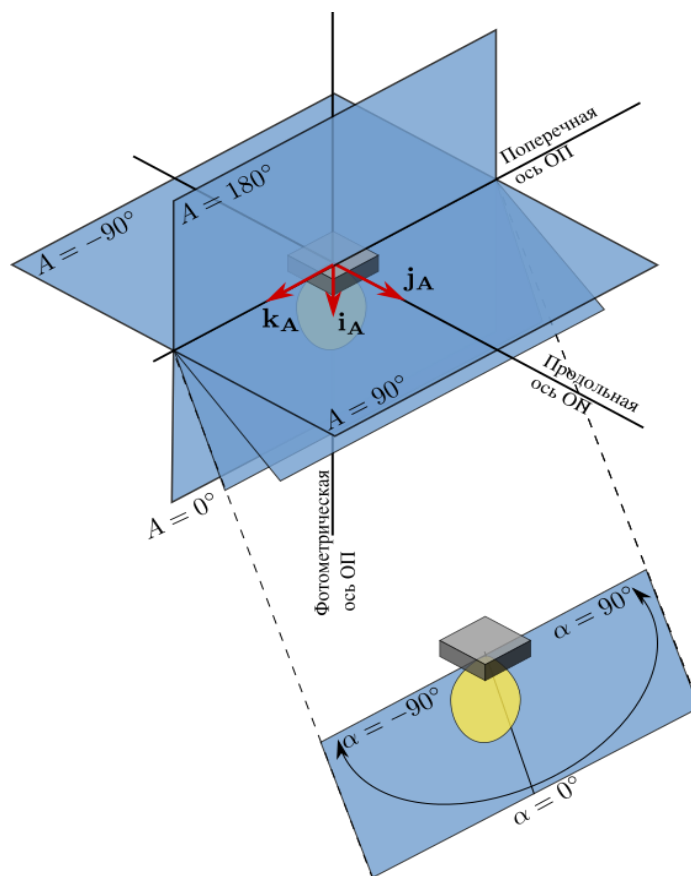


Рис. 4. Система фотометрирования $A\alpha$

Теперь необходимо осуществить поворот координатных осей или базиса систем. Обращаясь снова к рис. 2–4 видим, что при переходе $C\gamma \rightarrow B\beta$ поворот происходит относительно оси j_C на 270° против часовой стрелки, а при $B\beta \rightarrow A\alpha$ – относительно оси i_B на 270° против часовой стрелки. Матрицы данных преобразования приведены ниже.

$$\mathbf{R}_{cb} = \begin{pmatrix} \cos 270^\circ & 0 & \sin 270^\circ \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin 270^\circ & 0 & \cos 270^\circ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad (3)$$

$$\mathbf{R}_{ba} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 270^\circ & -\sin 270^\circ \\ 0 & \sin 270^\circ & \cos 270^\circ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}; \quad (4)$$

Как будет показано далее, этих двух матриц достаточно, чтобы полностью описать связь систем фотометрирования. Дадим теперь матричное обозначение преобразованиям (4):

$$\mathbf{c} = \begin{pmatrix} x_C \\ y_C \\ z_C \end{pmatrix}; \quad \mathbf{b} = \begin{pmatrix} x_B \\ y_B \\ z_B \end{pmatrix}; \quad \mathbf{a} = \begin{pmatrix} x_A \\ y_A \\ z_A \end{pmatrix}.$$

Тогда переход между системами фотометрирования запишется в следующем виде:

- 1) $C\gamma \rightarrow B\beta: b = \mathbf{R}_{cb}\mathbf{c};$
- 2) $B\beta \rightarrow A\alpha: a = \mathbf{R}_{ba}\mathbf{b};$
- 3) $C\gamma \rightarrow A\alpha: a = \mathbf{R}_{ba}\mathbf{R}_{cb}\mathbf{c} = \mathbf{R}_{ca}\mathbf{c};$
- 4) $B\beta \rightarrow C\gamma: c = \mathbf{R}_{cb}^{-1}\mathbf{b};$
- 5) $A\alpha \rightarrow B\beta: b = \mathbf{R}_{ba}^{-1}\mathbf{a};$
- 6) $A\alpha \rightarrow C\gamma: c = \mathbf{R}_{ca}^{-1}\mathbf{a}.$

Выражения 1–6 однозначно определяют связь между системами фотометрирования. Решая их в явном виде, находим следующие соотношения для углов:

$$C\gamma \rightarrow B\beta: \quad B = \arctg(\sin C \operatorname{tg} \gamma), \quad \beta = \arcsin(\cos C \sin \gamma); \quad (5)$$

$$B\beta \rightarrow A\alpha: \quad A = \arctg(\operatorname{tg} \beta / \cos B), \quad \alpha = \arcsin(\sin B \cos \beta); \quad (6)$$

$$C\gamma \rightarrow A\alpha: \quad A = \operatorname{arctg}(\cos C \operatorname{tg} \gamma), \quad \alpha = \arcsin(\sin C \sin \gamma); \quad (7)$$

$$B\beta \rightarrow C\gamma: \quad C = \operatorname{arctg}(\sin B / \operatorname{tg} \beta), \quad \gamma = \arccos(\cos B \cos \beta); \quad (8)$$

$$A\alpha \rightarrow B\beta: \quad B = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \alpha / \cos A), \quad \beta = \arcsin(\sin A \cos \alpha); \quad (9)$$

$$A\alpha \rightarrow C\gamma: \quad C = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \alpha / \sin A), \quad \gamma = \arccos(\cos A \cos \alpha). \quad (10)$$

Эти же соотношения приведены в [1]. Анализируя их и рассматривая рис. 1–4 заключаем, что для нахождения экваториальных углов A , B и C использование лишь главной ветки арктангенса недостаточно, так как $-\pi \leq A \leq \pi$, $-\pi \leq B \leq \pi$, $0 \leq C \leq 2\pi$, и в то же время $-\pi/2 < \operatorname{arctg} x < \pi/2$. Это приводит к тому, что после преобразования половина информации теряется. Для корректного определения всех значений меридионального угла его следует искать как аргумент комплексного числа:

1) в случае A и B :

$$\varphi(y, x) = \begin{cases} \operatorname{arctg}(y/x), & x > 0; \\ \pi + \operatorname{arctg}(y/x), & x < 0, \quad y \geq 0; \\ -\pi + \operatorname{arctg}(y/x), & x < 0, \quad y < 0; \\ \pi/2, & x = 0, \quad y > 0; \\ -\pi/2, & x = 0, \quad y < 0. \end{cases}$$

2) в случае C :

$$\varphi^*(y, x) = \begin{cases} \operatorname{arctg}(y/x), & x > 0, \quad y \geq 0; \\ \pi + \operatorname{arctg}(y/x), & x < 0; \\ 2\pi + \operatorname{arctg}(y/x), & x > 0, \quad y < 0; \\ \pi/2, & x = 0, \quad y > 0; \\ 3\pi/2, & x = 0, \quad y < 0. \end{cases}$$

Учитывая это, перепишем выражения (5)–(10) в следующем виде:

$$C\gamma \rightarrow B\beta: \quad B = \varphi(\sin C, \operatorname{ctg} \gamma), \quad \beta = \arcsin(\cos C \sin \gamma), \quad (11)$$

$$B\beta \rightarrow C\gamma: \quad C = \varphi^*(\sin B, \operatorname{tg} \beta), \quad \gamma = \arccos(\cos B \cos \beta), \quad (12)$$

$$B\beta \rightarrow A\alpha: \quad A = \varphi(\operatorname{tg} \beta, \cos B), \quad \alpha = \arcsin(\sin B \cos \beta), \quad (13)$$

$$A\alpha \rightarrow B\beta: \quad B = \varphi(\operatorname{tg} \alpha, \cos A), \quad \beta = \arcsin(\sin A \cos \alpha), \quad (14)$$

$$A\alpha \rightarrow C\gamma: \quad C = \varphi^*(\operatorname{tg} \alpha, \sin A), \quad \gamma = \arccos(\cos A \cos \alpha), \quad (15)$$

$$C\gamma \rightarrow A\alpha: \quad A = \varphi(\cos C, \operatorname{ctg} \gamma), \quad \alpha = \arcsin(\sin C \sin \gamma). \quad (16)$$

Результат преобразования по этим формулам приведён на рис. 5.

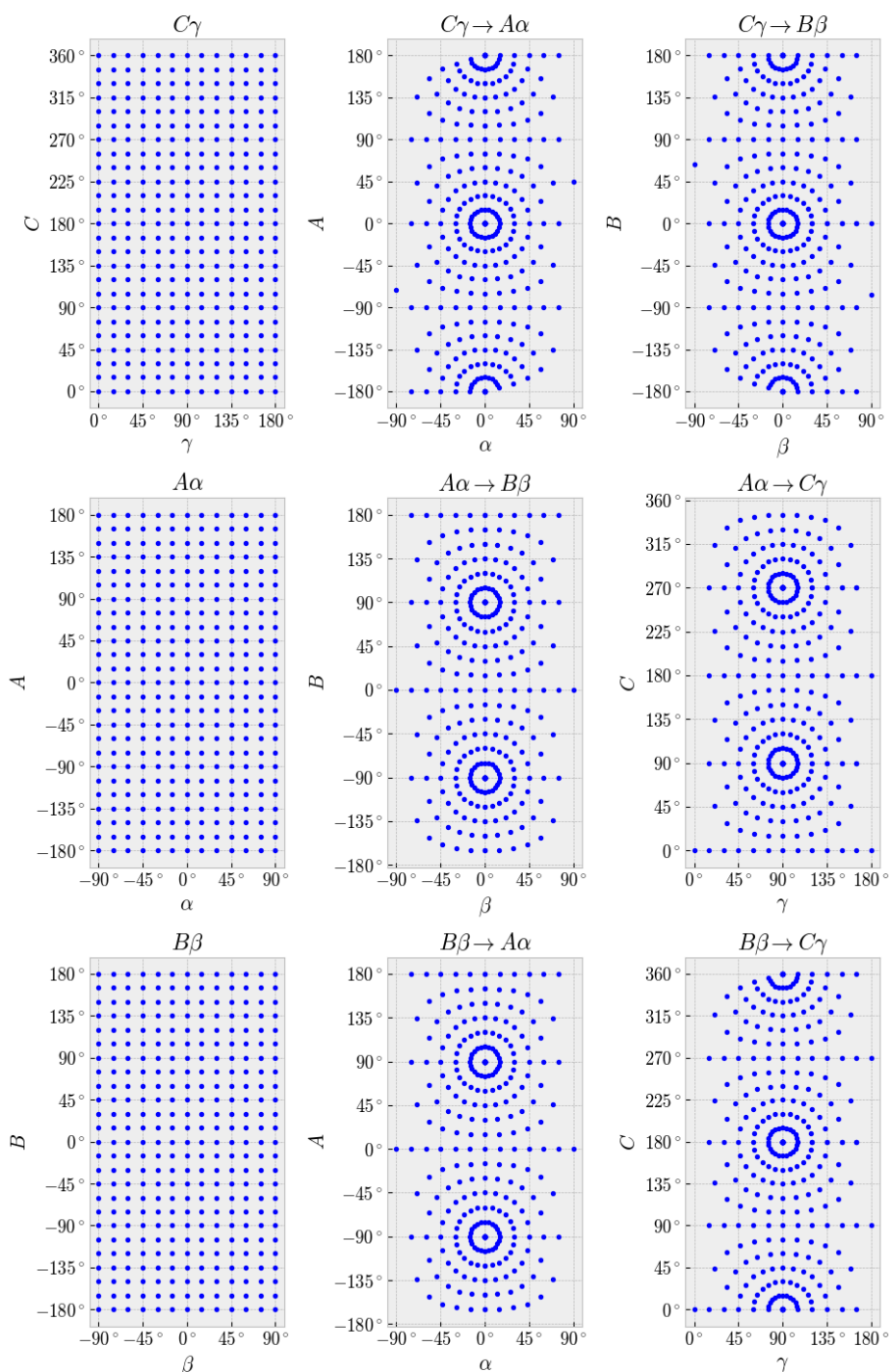


Рис. 5. Узлы систем фотометрирования до и после преобразования (использовались формулы (11)–(15))

Выражения (11)–(15) позволяют корректно совмещать системы фотометрирования, однако сложно представить практический случай, когда этими результатами можно воспользоваться непосредственно. Дело в том, что на выходе подобного преобразования хотелось бы получать данные, упорядоченные в виде таблицы, которой описывают КСС в соответствующих меридиональных плоскостях. Однако совершенно очевидно, что без дополнительных действий получить подобную таблицу не получится. В результате после преобразования мы не сможем получить файлы фотометрических данных [6, 7], правила формирования которых подразумевают регулярную сетку. Также мы не сможем сравнить измерения двух гониофотометров, кинематические схемы которых реализуют разные системы фотометрирования.

Поскольку сетки становятся нерегулярными, нахождение силы света в заданных узлах сводится к интерполяции рассеянных данных. Рассмотрим интерполяцию на примере преобразования $B\beta \rightarrow C\gamma$.

В общем случае сила света I – это функция двух переменных, значения которой известны лишь в точках (C_i, γ_j) , а требуется выяснить чему она равна в точках из другого набора (C_k^*, γ_l^*) . Для этого следует выполнить триангуляцию.

Делоне [8] области $[0, 180^\circ] \times [0, 360^\circ]$. После неё значения $I(C_k^*, \gamma_l^*)$ можно получить интерполяцией значений $I(C_i, \gamma_j)$ в вершинах треугольников.

Проблема заключается в том, что триангуляционная сетка, построенная по имеющимся (C_i, γ_j) , покрывает область определения функции I не полностью: края области не попадают ни в один треугольник (рис. 6).

Это приводит к невозможности интерполяции в некоторых точках из набора (C_k^*, γ_l^*) ; само фотометрическое тело в результате будет иметь «вырез». Указанную трудность можно преодолеть, используя чётность и периодичность КСС, вытекающие из определения сферической системы координат:

$$I(-C, \gamma) = I(C, \gamma), \quad I(360^\circ - C, \gamma) = I(C, \gamma);$$

$$I(C, \gamma - 360^\circ) = I(C, \gamma), \quad I(C, \gamma + 360^\circ) = I(C, \gamma).$$

Эти соотношения позволяют доопределить $I(C, \gamma)$ в точках, лежащих за нижней, верхней, левой и правой границей её области определения, соответственно. «Раздвинув» эти границы, можно добиться того, что исходный прямоугольник $[0^\circ, 180^\circ] \times [0^\circ, 360^\circ]$ вместе со всеми точками (C_k^*, γ_l^*) будет полностью накрыт триангуляционной сеткой Делоне, построенной для новой расширенной области определения.

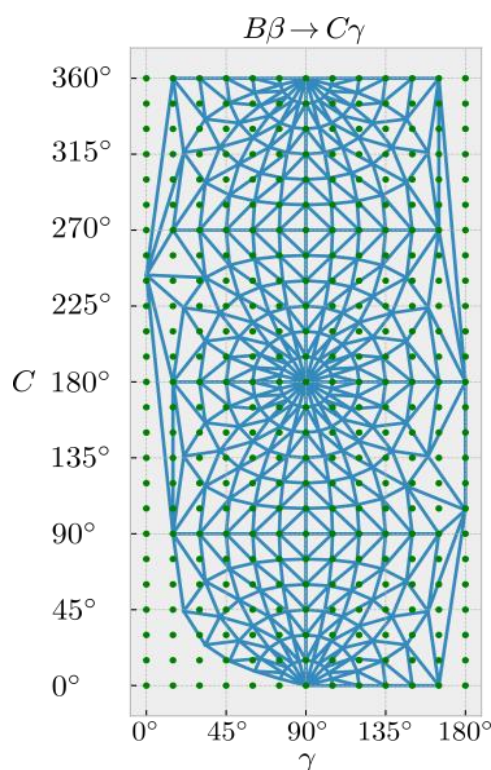


Рис. 6. Интерполяция по рассеянным данным

В статье предложен способ перехода между фотометрическими системами, основанный на их совмещении с помощью поворотов в прямоугольной системе координат и последующей интерполяцией значений силы света в заданных узлах. Итоговые формулы (11)–(15) в отличие от формул, приведённых в [1], позволяют корректно определять все значения меридиональных углов во всей области принимаемых значений: $[-\pi; \pi]$ для A, B и $[0; 2\pi]$ для C .

В работе показано, что после преобразований (11)–(15) сетка углов становится нерегулярной, что в свою очередь приводит к невозможности сформировать файлы фотометрических данных в широко распространённых форматах *ldt* и *ies* [9, 10]. Показано, что для решения проблемы получения регулярной сетки углов можно воспользоваться интерполяцией рассеянных данных на основе триангуляции Делоне.

Предлагаемое авторами решение преобразования систем фотометрирования, во-первых, более универсальное; во-вторых, в [1, 3] не указывается, что после преобразования $B\beta \rightarrow C\gamma$ сетка углов становится нерегулярной, со всеми вытекающими последствиями; и, в-третьих, в [3] для преобразования $A\alpha \rightarrow C\gamma$ предложены формулы, не согласующиеся ни с [1], ни с решением, предложенным в данной статье. Согласно [3] преобразование $A\alpha \rightarrow C\gamma$ должно осуществляться следующим образом:

$$\gamma = \alpha + 90^\circ, \quad C = \begin{cases} -A, & -180^\circ < A < 0^\circ; \\ 360^\circ - A, & 0^\circ < A < 180^\circ; \\ 0^\circ, 360^\circ, & A = 0^\circ. \end{cases} \quad (16)$$

Если проанализировать (7), то становится понятно, что никакого поворота системы фотометрирования $A\alpha$ относительно светильника до её совмещения с $C\gamma$ не осуществляется, то есть полярная ось системы $C\gamma$ (линия пересечения полуплоскостей фотометрирования) после преобразования (7) не совмещается с оптической осью светильника, хотя это одно из требований при построении данной системы [1, 3].

Источники

1. ГОСТ Р 54350-2015. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний.
2. CIE 121-1996. The Photometry and Goniophotometry of Luminaires.
3. IESNA LM-75-01. Goniophotometer Types and Photometric Coordinates. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2012. 12 p.
4. Weißhaar J.P. Next Generation Goniophotometry // Light & Engineering. 2015. Vol. 23(4). P. 75–80.
5. Алексеевский Д.В., Винберг Э.Б., Солодовников А.С. Геометрия пространств постоянной кривизны // Итоги науки и техники. Современные проблемы математики. Фундаментальные направления. М.: ВИНТИ, 1988. С. 1–146.
6. IESNA Computer Committee. IESNA standard file format for electronic transfer of photometric data: IESNA lighting measurements series; LM-63/IESNA Computer Committee. – New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2012. 12 p.
7. Stockmar A.W. EULUMDAT/2 – Extended Version of a Well Established Luminaire Data Format // CIBSE National Lighting Conference. 1998. P. 353–362.

8. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и ее применение. Томск: Изд-во Томского ун-та, 2002. 128 с.

9. IESNA: LM-63-1995. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 1995.

10. EN 13032-2:2004 Light and Lighting. Measurement and Presentation of Photometric Data of Lamp and Luminaries.

УДК 621.321+628.95.95

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ТИПОВЫХ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП РАЗНЫХ ФИРМ ПОСЛЕ ИХ ВКЛЮЧЕНИЯ

Вилия Равильевна Иванова¹, Айхайти Исыхакэфу²,
Александр Викторович Гагулин³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹vr-10@mail.ru, ²axat1107@mail.ru, ³alexdenton78@gmail.com

Рассмотрен характер изменения потребляемой мощности типовых светодиодных ламп разных фирм после их включения. Установлен спад потребляемой мощности у светодиодных ламп на 0–10 %.

Ключевые слова: спад потребляемой мощности, период стабилизации, типовая светодиодная лампа.

DETERMINATION OF THE VALUE OF CHANGE OF CONSUMERABLE POWER OF TYPICAL LED LAMPS OF DIFFERENT FIRM AFTER THEIR INCLUSION

Vilia Ravilyevna Ivanova, Aihayti Isykhakafu, Alexander Viktorovich Gagulin

The nature of the change in power consumption of typical LED lamps of different companies after their inclusion is considered. Installed a decrease in power consumption from LED lamps by 0–10%.

Key words: power decline, stabilization period, typical LED lamp.

Для повышения точности определения температуры кристалла светодиодов по спаду светового потока светильника необходимо обстоятельно изучить влияние дополнительных факторов на его формирование.

К настоящему времени изучен характер спада светового потока и мощности у филаментных светодиодных ламп (ФСДЛ) разных производителей [1–3]. Установлено, что у половины из них потребляемая мощность не изменяется, у второй половины она уменьшается и только у единичных типов она, наоборот, возрастает.

Определенный интерес представляет изучение величины и характера изменения потребляемой мощности у типовых светодиодных ламп (ТСДЛ)

после их включения. Одновременно решено было измерить спад освещенности после их включения. Исследования характеристик ТСДЛ проведены с использованием измерительной установки УФМЗ-КГЭУ и прибора TS856. Определяли уровень освещенности в первые секунды включения ламп и по истечении 30 мин. Выбор таких обоих временных интервалов позволяет с погрешностью не более +5–10 % оценить значение спада освещенности через выбранный временной интервал. Измерения спада освещенности и потребляемой мощности проведено у 15 ТСДЛ, одна из которых по существу оказалась дефектной.

По уровню спада потребляемой мощности все ТСДЛ можно поделить на 3 равные группы. В первую группу отнесены лампы со спадом потребляемой мощности на 0–3 %, во вторую группу – на 4–6 %, а в третью – на 7–10 %.

Спад освещенности или светового потока у всех ламп составил от 9 до 23 %, что приблизительно в 2 раза больше величины спада потребляемой мощности. Вместе с тем установлено, что между спадом светового потока и спадом потребляемой мощности отсутствует достоверная корреляция ($r = -0,10$ при $P < 0,95$). Один результат измерения противоречит общей закономерности. Если из выборки его убрать, принимая за промах, то коэффициент корреляции возрастает до 0,38, однако и он остается далеко недостоверным ($P < 0,95$).

Это указывает на то, что в каждом случае для определения действительного значения спада светоотдачи светодиодного светильника необходимо вводить поправку на величину спада потребляемой им мощности.

Источники

1. Тукшаитов Р.Х. О механизме спада светового потока и снижения энергоэффективности светодиодных осветительных приборов после их включения // Межд. науч. конф. «Нигматуллинские чтения – 2018»: тез. докл. Казань, 2018. Т. 2. С. 5–8.

2. Тукшаитов Р.Х. К характеристике закономерности спада светового потока светодиодных ламп разной мощности после их включения // Практическая силовая электроника. 2018. № 2. С. 49–52.

3. Шириев Р.Р., Тукшаитов Р.Х. Определение характера изменения потребляемой мощности филаментными лампами после их включения // Инженерный вестник Дона. URL: ivdon.ru/magazine/archive/15n4y2018.

О НЕГАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ КОМПАКТНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП «NETHAUS»

Елизавета Дмитриевна Кириллова¹, Светлана Анатольевна Микаева²

ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет», г. Москва

¹elizavetakirillova97@gmail.com, ²mikaeva@npo.lit.ru

В статье приводится информация о результатах исследования компактных люминесцентных ламп (КЛЛ) торговой марки «NetHaus», которые имеют низкую розничную стоимость. Приведены результаты исследований светотехнических характеристик и ресурсных испытаний КЛЛ. Показано существенное расхождение измеренных характеристик КЛЛ с заявленными. Сделан вывод о нецелесообразности реализации таких ламп на отечественном рынке.

Ключевые слова: энергоэффективность, компактная люминесцентная лампа, светотехническая характеристика.

ABOUT THE NEGATIVE CHARACTERISTICS OF COMPACT LUMINESCENT LAMPS OF THE TRADEMARK “NETHAUS”

Elizaveta Dmitrievna Kirillova, Svetlana Anatolyevna Mikayeva

The article provides information on the results of a study of compact fluorescent lamps (CFLs) of the “NetHaus” trademark, which have a low retail price. Details considered on the packaging. The results of studies of the lighting characteristics and life tests of CFLs are given. A significant discrepancy between the measured characteristics and the declared characteristics on the CFL package is shown. Conclusions about the inexpediency of the implementation of such CFLs in the domestic market.

Key words: energy efficiency, compact fluorescent lamp, lighting characteristic.

Первое представление о товаре потребитель получает по информации, приведенной на его упаковке. На лампе приведена следующая информация: торговая марка лампы – NetHaus, модель – 2U-12, мощность – 13 Вт, напряжение и частота питающей сети – 220 В / 50 Гц, потребляемый ток – $I = 45$ мА, цветовая температура – 2700 К [1].

По аналогии с [2, 3] было определено время стабилизации светового потока лампы. Исследования показали, что световой поток испытуемых ламп стабилизируется в течение 10 мин. В дальнейшем, с учетом [4], все измерения ламп проводили после их отжига в течение 10 мин.

Исследование цветовых характеристик испытуемых ламп показало, что спектр излучения КЛЛ имеет вид, характерный для люминесцентных ламп с галофосфатным люминофором. Этим объясняется низкое значение индекса цветопередачи $R_a \approx 50$ при коррелированной цветовой температуре $T_c \approx 2960$ К у КЛЛ «Теплый свет», что несколько выше указанной

на лампе – 2700 К. У КЛЛ «Холодный свет» $R_a \approx 72$ при $T_{\text{ц}} \approx 6855$ К, хотя на лампе указано что цветовая температура – 6400 К. Результаты исследования электрических характеристик, приведены в [1]. Низкая цена лампы объясняется использованием в ней дешевого галофосфатного люминофора.

Далее лампы были установлены на стенд для испытания на срок службы, где располагались цоколем вверх. Подача сетевого напряжения осуществлялась циклически: 4 часа – горение; 20 минут – пауза. Средний срок службы данных ламп составляет 3270 часов, а у ламп тепло-белой цветности – 2360 часов. Следует отметить, что продолжительность горения КЛЛ, при прочих равных условиях, в значительной степени зависит от количества активного вещества, обеспечивающего работу выхода электронов из электрода в разрядный промежуток лампы [5]. Разное время средней продолжительности горения КЛЛ с люминофорами различной цветности, скорее всего, свидетельствует, с одной стороны, о различных настройках оборудования, на котором производятся эти лампы, а с другой – нестабильностью работы данного оборудования.

Таким образом, КЛЛ типа «Лампа энергосберегающая NetHaus» необходимо изъять из торговой сети и запретить для реализации на территории Российской Федерации.

Источники

1. Кириллова Е.Д., Микаева С.А. Исследование характеристик компактных люминесцентных ламп низкой стоимости // Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники: тр. Всерос. студ. науч.-техн. конф. Воронеж, 2018. С. 182–186.

2. Ашрятов А.А. Исследование характеристик компактных люминесцентных ламп со встроенным электронным ПРА // Светотехника. 2009. № 2. С. 41–42.

3. Микаева С.А., Микаева А.С. Экспериментальные исследования характеристик перспективных источников света, приборов и систем. М.: Русайнс, 2017. 136 с.

4. Тукшаитов Р.Х., Айхайти И. Разработка и применение критериальных значений параметров светодиодных осветительных приборов для контроля их качества // Инженерный вестник Дона. 2017. № 4(47). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32731098>.

5. Ашрятов А.А., Федоренко А.С. Расчёт и конструирование люминесцентных ламп: учебник для вузов. 2-е изд., доп. Саранск: Издатель Афанасьев В.С., 2014. 364 с.

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ РАСТЕНИЙ INVITRO

Надежда Петровна Кондратьева¹, Роман Игоревич Корепанов²,
Андрей Иванович Батури³

ФГБОУ ВО «ИГСА», г. Ижевск

¹aep_isha@mail.ru, ²romakorepanov@yandex.ru, ³baturin.ru@mail.ru

В статье приведены результаты по исследованию разработанных светодиодных светильников на выращивание меристемных растений. Для автоматического управления работой светодиодными фитоустановками была создана микропроцессорная система дозирования спектральных составляющих зоны фотосинтетически активной радиации ФАР на базе микроконтроллера Arduinouno. Реализация предлагаемых технических решений на меристемные растения показала положительные результаты.

Ключевые слова: меристемные растения, invitro, микропроцессорная система дозирования, автоматическое управление.

POWER - AND RESOURCE- SAVING IRRADIATING INSTALLATIONS FOR IN VITRO PLANTS

Nadezhda Petrovna Kondratyeva, Roman Igorevich Korepanov,
Andrey Ivanovich Baturin

Results on a research of the developed LED lamps on cultivation of meristemny plants are given in article. For automatic control of work as LED phytoinstallations the microprocessor system of dispensing of spectral components of a zone of a fotosinteticheska of active radiation of HEADLIGHTS on the basis of the Arduino uno microcontroller was created. Realization of the proposed technical solutions on meristemny plants showed positive results.

Key words: meristemny plants, in vitro, microprocessor system of dispensing, automatic control.

В осеннее-зимний период выращивание свежих овощей и ягод в умеренно-климатической зоне России возможно только в защищенном грунте, т. к. только в этих условиях можно скомпенсировать уменьшение естественной облученности и сокращение продолжительности светового дня, используя дополнительное искусственное облучение растений.

Искусственное облучение растений в промышленных, селекционных, репродукционных, вегетационных и других теплицах и оранжереях не может быть заменено каким-либо другим агротехническим приемом или способом выращивания, так как нормальное углеродное питание и нормальное формирование растений происходит только под действием оптического излучения, которое является, таким образом, основой существования растений и получения урожая.

Одним из перспективных методов получения здорового посадочного материала является микроклональное размножение растений или меристемная технология. Меристема (от греч. meristos – «делимый») – ткань растений, в течение всей жизни сохраняющая способность к образованию новых клеток. За счет меристемы деревья и цветы растут, образуют новые листья, стебли, корни, цветки.

Меристемная технология предполагает размножение и выращивание растений *in vitro*: «спящая почка» растения обрабатывается антибактериальными и противовирусными препаратами и проращивается в пробирке на субстрате из удобрений. Этот первый этап («введение») – самый сложный: на то, чтобы прорастить «маточную» почку, может уйти несколько лет [1].

Применяя светодиоды, можно разработать энерго- и ресурсосберегающие облучательные установки для защищенного грунта благодаря созданию эффективного спектрального состава и подачей световых импульсов определенной скважности.

Исследования по влиянию энерго- и ресурсосберегающих облучательных установок проводилось в меристемной лаборатории Удмуртского федерального исследовательского центра Уральского отделения РАН (Удмуртский ФИЦ УрО РАН). По спектральному составу излучения и дозе ФАР исследовались меристемные растения винограда и жимолости, опыты по импульсному режиму облучения проводились на меристемных растениях земляники садовой сорта «Корона».

Полученные положительные результаты подтверждают дальнейшую необходимость разработки энерго- и ресурсосберегающих облучательных установок на базе светодиодов. Для автоматического управления работой LED-фитоустановки на базе микроконтроллера *Arduino uno* создана микропроцессорная система дозирования спектральных составляющих зоны ФАР. Светодиодный облучатель с меняющимся спектром оказал положительное влияние как на площадь листовой поверхности микрорастений винограда, так и на их корневую систему.

Источники

1. Эффективность микропроцессорной системы автоматического управления работой светодиодных облучательных установок / Кондратьева Н.П. [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 3. С. 32–37.
2. Разработка системы автоматического управления электрооборудованием для реализации энергосберегающих электротехнологий / Кондратьева Н.П. [и др.] // Вестник НГИЭИ. 2018. № 6(85). С. 36–49.

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СОЗДАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПЕРЕНОСНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МАЛОГАБАРИТНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Наталья Викторовна Макарова¹, Альберт Аббясович Ашрятов²

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», г. Саранск

¹mnqueen@mail.ru, ²ashryatov@rambler.ru

В статье показана насущная потребность в переносных измерительных комплексах, которые предназначены для оперативной оценки качества как светодиодных, так и других компактных источников света. Описан зарубежный переносной измерительный комплекс LightSpion® и указаны его недостатки. Указано на необходимость разработки отечественного аналога, лишённого указанных недостатков.

Ключевые слова: переносной измерительный комплекс, светодиодные источники света, спектрометр, гониофотометр, светораспределение, эффективность.

ON THE FEASIBILITY OF ESTABLISHING A DOMESTIC PORTABLE MEASUREMENT SYSTEM TO ASSESS THE QUALITY OF SMALL LIGHT SOURCES

Natalya Viktorovna Makarova, Albert Abbyasovich Ashryatov

The article shows the urgent need for portable measuring systems, which are designed for rapid assessment of the quality of both led and other compact light sources. Described foreign portable measuring system LightSpion® and listed his faults. The necessity of developing a domestic analogue, but devoid of these shortcomings.

Key words: portable measuring complex, led light sources, spectrometer, goniophotometer, light distribution, efficiency.

В настоящее время номенклатура светодиодных источников света очень широка и с каждым днем появляются все новые светодиодные лампы. Причем с интенсивным совершенствованием светодиодов, которые являются излучающими элементами светодиодных источников света, светотехнические характеристики последних также изменяются от года к году. То есть, одни и те же светодиоды, имея одинаковые электрические характеристики, могут иметь различные световые параметры. Соответственно, одни и те же светодиодные лампы, выпущенные в разное время, с светодиодами различных производителей, могут иметь существенно различные параметры. Поэтому задача оперативной оценки светодиодных ламп является актуальной задачей.

Целью работы является создание макетного образца переносного измерительного комплекса для оценки качества светодиодных источников света, который должен представлять собой не большой чемоданчик, в котором располагается вся необходимая измерительная аппаратура.

Отечественный переносной измерительный комплекс необходим для оценки качества светодиодных источников света. Это связано с тем, что в подавляющем большинстве случаев, характеристики, указываемые производителем, оказываются несколько завышенными. Соответственно, при комплектовании осветительных установок такими источниками света, характеристики освещения явно будут отличаться от расчетных. Поэтому, такие комплексы необходимы организациям, которые занимаются монтажом и эксплуатацией осветительных установок для осуществления входного контроля источников света. Так же, такие комплексы необходимы торговым представителям, которые осуществляют закупки источников света и имели бы возможность оперативного контроля их качества.

Особенностью предлагаемого в проекте решения заключается в использовании при измерении светораспределения светодиодной лампы гониофотометра ближнего поля, что позволит при малых габаритах измерительного комплекса обеспечить высокую точность определения светораспределения испытуемой лампы.

Переносной измерительный комплекс для оценки качества светодиодных источников света будет иметь технические параметры, близкие к зарубежному аналогу.

В измерительный комплекс будут входить как электроизмерительные приборы, так и приборы, которые позволят оценить оптические характеристики испытуемого образца светодиодной лампы и ее массогабаритные показатели.

Таким образом, при разработке измерительного комплекса предполагается устранить недостатки существующего зарубежного аналога.

УДК 544.653.2/3

УСКОРЕНИЕ ЗАРЯДА НИКЕЛЬ-КАДМИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ЗА СЧЕТ СИНТЕЗА НИКЕЛЕВЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МИКРОВОЛОКОН

Михаил Валерьевич Морозов¹, Роман Сергеевич Евстратов²,
Айнур Игоревич Нечаев³

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

¹MVMorozov@kai.ru, ²evstratov@yandex.ru, ³aintaison96@gmail.ru³

Технике нынешнего поколения необходимо все больше энергии, поэтому растет востребованность в аккумуляторах с большими емкостями и малыми размерами. В данной работе представлен способ синтеза никелевых наноструктурированных микроволокон, а также увеличение площади поверхности электродов аккумуляторов. Для реализации данного рода улучшений была собрана установка. Образцы микроволокон, полученные после сборки установки и синтеза, обладали развитой морфологией. Планируется дальнейшее развитие исследований по интенсификации процесса синтеза волокон и управлению их характеристическими свойствами.

Ключевые слова: химический источник тока, развитая поверхность, никелевое микро волокно.

THE ACCELERATING OF THE NICKEL-CADMIUM BATTERIES CHARGING BASED ON THE SYNTHESIZED NICKEL NANOSTRUCTURED MICROFIBERS

Mikhail Valerievich Morozov, Roman Sergeevich Evstratov,
Aynur Igorevich. Nechaev

The technology of the current generation needs more and more energy, so there is a growing demand for batteries with large capacities and small dimensions. In this paper we present a method for synthesis of the nickel nanostructured microfibers, as well as an increase of the surface area of the electrodes. The synthesis process results in obtained microfibers with high surface area. Further research is planned to intensify the process of fibers synthesis and to control their characteristic properties.

Key words: chemical current sources, high surface area, nickel microfibers.

В настоящее время активно ведется разработка и исследование повышения скорости заряда накопителей электрической энергии в никель-кадмиевых аккумуляторах. Подобные устройства могут применяться в таких крупных отраслях как: автомобилестроение, связь, медицина и другие [1]. Зачастую традиционные никель-кадмиевые батареи не обладают высокими зарядными характеристиками, поэтому в активную массу электродов вводят токопроводящие добавки, например, графен [2]. Однако это приводит к удорожанию технологии изготовления аккумуляторов. Поэтому целью данной работы было ускорение заряда никель-кадмиевого аккумулятора за счет синтеза никелевых наноструктурированных микроволокон.

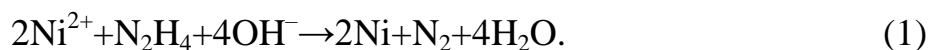
Экспериментальная часть

Для проведения синтеза никелевых наноструктурированных волокон были использованы реагенты производства Acros Organics: хлорид никеля $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, гидразингидрат $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, гидроксид натрия NaOH ; углеродные нанотрубки; степень чистоты реактивов составляет 99+; реактивы использовались без дальнейшей очистки. Реакция проводилась

в водной среде: использовалась дистиллированная вода. Для промывки синтезируемых изделий использовался изопропиловый спирт производства ЗАО «Экос-1», маркировка ОСЧ.

Для приготовления реакционной смеси для синтеза микроволокон хлорид никеля $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ растворялся в заданном объеме воды, для второго раствора смешивались $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ в воде. В результате в реакционной смеси образуется комплексное соединение состава $[\text{Ni}(\text{N}_2\text{H}_4)_6]^{2+}$, далее реакционная смесь помещалась в колбу.

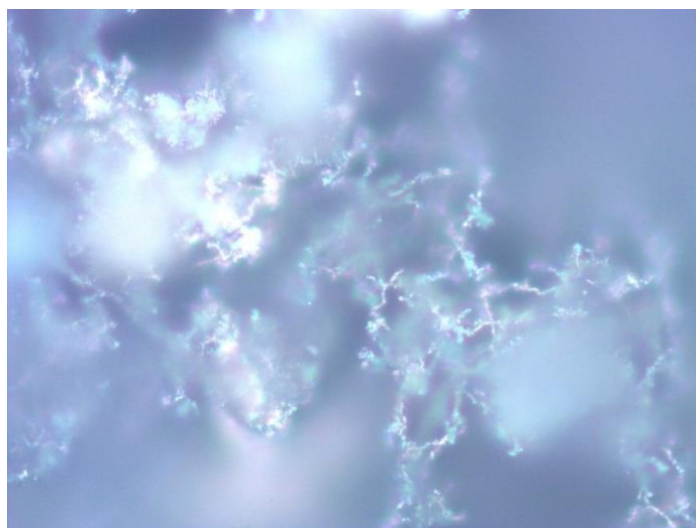
Колба с реакционной смесью помещалась в водный термостат, в котором она выдерживалась 40 минут при температуре термостатирования. В реакционной смеси осуществляется процесс восстановления никелевой соли гидразингидратом по следующей реакции:



Варьирование количество хлорида никеля осуществлялось в диапазоне от 5 до 5000 мг, количества гидразина от 0,05 до 50 мл.

Для исследования морфологии синтезированных волокон было проделано сравнение снимков образцов, полученных на оптическом (рисунок) и сканирующем электронном микроскопах. Были произведены снимки на оптическом микроскопе AxioCamERc5S при 500 – кратном увеличении.

Для определения емкости экспериментальной ячейки никель-кадмиевого аккумулятора проводился заряд и разряд с помощью измерительного прибора ПотенциостатГальваностат «Autolab PGSTAT302N» в режиме хроноамперометрии.



Изображение синтезированных микроволокон, полученное методом оптической микроскопии при 100-кратном увеличении

На снимках видно, что волоконная структура представляет собой сетку. В результате обнаружено, что полученные волокна обладают поперечными размерами в диапазоне от 0,6 до 1,3 мкм. Сеточная структура позволяет обеспечить повышенный токосъем при разряде электрода, а в перспективе повысить скорость заряда аккумулятора. Была собрана экспериментальная ячейка никель-кадмиевого аккумулятора с разрядной емкостью около 1,5 мА·ч.

Заключение

Были получены и исследованы никелевые микроволокна на оптическом и сканирующем электронном микроскопах, определены их продольные и поперечные размеры. Отличительной особенностью электродов на основе никелевых наноструктурированных микроволокон, по сравнению с электродами на основе графена, является дешевизна используемых материалов, повышенные емкостные характеристики и возможность заряда на высоких токах без потери энергии.

Авторы выражают благодарность сотруднику Центра коллективного пользования «Прикладные нанотехнологии» КНИТУ-КАИ С.В. Дробышеву за исследования морфологии микроволокон на сканирующем электронном микроскопе.

Источники

1. Галперин В.А. [и др.] // Нано- и микросистемная техника. 2014. № 6. С. 33–37.
2. Pettersson F. [et al.] // Journal of PowerSources. Vol. 271. 2014. P. 298–304.

УДК 628.95

О ПРЕДЕЛЬНЫХ ДОСТИГНУТЫХ ПАРАМЕТРАХ СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИИ В АВИАЦИИ

Вячеслав Григорьевич. Новосельский¹, Рамис Рамильевич Ахметов²,
Алёна Игоревна Рыбакова³

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

¹slava43n@inbox.ru, ²11559987r@gmail.com, ³rybakova5375@mail.ru

В работе приведено обобщение мощных светодиодных прожекторов, светильников и рассмотрены области их применения. Установлены предельно достижимые технические характеристики промышленных светодиодных осветительных приборов.

Ключевые слова: потребляемая мощность, светоотдача, удельная масса, габариты, авиация, взлетно-посадочная полоса, аэродром.

ON THE LIMIT REACHED PARAMETERS OF LED LIGHTING DEVICES AND THEIR APPLICATION IN AVIATION

Vyacheslav Novoselsky, Ramis Ramilievich Akhmetov, Alyona Igorevna Rybakova

The paper presents a generalization of high-power LED spotlights, lamps and areas of their application. Installed the maximum achievable technical characteristics of industrial LED lighting devices.

Key words: power consumption, light output, specific gravity, dimensions, aviation, runway, airfield.

Внедрение светодиодных осветительных приборов (СОП) началось примерно в 2010 году и происходит в настоящее время высокими темпами.

Если светоотдача первых СОП составляла 50–60 Лм/Вт, т.е. немного превышала светоотдачу дуговых ртутных ламп, то сегодня светоотдача СОП превышает светоотдачу дуговых ламп в 2–3 раза.

Другим важным параметром, определяющим область применения СОП является их потребляемая мощность, которая в настоящее время достигла 500–1500 Вт при габаритах $\sim 1,5 \times 0,7$ м [1].

Такие СОП могут использоваться для освещения аэродромов, взлетно-посадочных полос, подъездных ж/д путей, стадионов и территорий торговых центров.

В работе систематизированы и обобщены предельные характеристики СОП и область их применения, а также рассмотрены пути, по которым идет промышленность при создании СОП большой мощности.

В выпуске таких изделий преуспели фирмы «Promled», «ФЕРЕКС», «ФОКУС», «НИТЕОС», «ВНТЛС» [2] и др.

Источники

1. Тукшаитов Р.Х., Айхайти Исыхакэфу. Разработка и применение критериальных значений параметров светодиодных осветительных приборов для контроля их качества // Инженерный вестник Дона. 2017. № 4. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2017/4408/>

2. Айхайти Исыхакэфу, Тукшаитов Р.Х. Экспертиза качества светодиодных ламп разных производителей на основе оценки их технико-экономической эффективности // Известия вузов. Проблемы энергетики. № 7-8. С. 144–148.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ ДЛЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Марат Фердинантович Садыков¹, Равиль Рафисович Шириев²,
Дмитрий Алексеевич Иванов³, Татьяна Геннадьевна Галиева⁴

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹sadykov@kgeu.ru, ²shhr@mail.ru, ³divanale@gmail.com, ⁴79534929817@ya.ru

Жизненные циклы всех живых организмов на нашей планете зависят от продолжительности светового дня и освещенности, поэтому при строительстве коровников необходимо уделять больше внимание их освещению. Потому что, недооценив освещение, фермер рискует недополучить надои или прирост массы мясного стада. Доказано, что только лишь одной грамотной организацией освещенности можно поднять производительность молока на 6–10 %.

Ключевые слова: освещенность коровника, световой день, интеллектуальная система освещения, уровень освещенности, цветовая температура, беспроводное управление освещением.

DESIGNING OF INTELLIGENT LIGHTING CONTROL SYSTEM FOR ANIMAL PREMISES

Marat Ferdinantovich Sadykov, Ravil Rafisovich Shiriev, Dmitry Alekseevich Ivanov,
Tatyana Gennadievna Galiyeva

The life cycles of all living organisms on our planet depend on the length of daylight and light, so the construction of barns need to pay more attention to their lighting. Because, underestimating the lighting, the farmer risks losing milk or weight gain of the beef herd. It is proved that only one competent organization of illumination can raise the productivity of milk by 6 – 10 %.

Key words: barn illumination, light day, intelligent lighting system, light level, color temperature, wireless lighting control.

Продолжительность светового дня и освещенность являются важнейшими факторами, которые оказывают влияние на жизненные циклы животных, в том числе и коров. Правильное освещение в коровнике обеспечивает оптимальную продуктивность животных. Исследования учёных-ветеринаров показали, что уровень освещённости в коровнике должен составлять минимум 100 люкс. По одному из исследований А. Казакова (канд. биол. наук), было доказано, что освещенность на уровне 100 люкс и продолжительностью светового дня 17 ч положительно повлияли не только на молочную продуктивность, но и показатели оплодотворяемости, сокращение сервис-периода, выхода жизнеспособного потомства. Удой молока за исследуемый период повысился на 12 %, оплодотворяемость на 18,2 % [1].

Исходя из различных исследований в области влияния световой среды на производительность молочных коров и плодовитость животных [1, 2, 3, 4], был выбран оптимальный уровень освещенности в коровнике – 200 люкс и выше и световой режим, при котором светлый период длится 16 часов и сменяется 8 часовым темным периодом.

Удлинение светового дня посредством правильно подобранных световых приборов влияет на выброс гормона сна мелатонина. А, как известно, свет останавливает этот процесс, темнота же, наоборот, способствует его активному образованию. Другими словами, чем длиннее световой день, тем более активными и здоровыми становятся коровы. Вышеуказанный световой режим имитирует долгие летние дни, когда животные по своей природе более активны.

Если летом искусственное освещение не актуально за исключением пасмурных дней, то осенью, зимой и весной оптимизация жизненных циклов без искусственного изменения уровня и продолжительности освещения невозможна.

Грамотное освещение коровника подразумевает учет нормативов, указанных в ОСН-АПК 2.10.24.001-04 [5] и СНиП 23-05-95 [6]. В помещении для крупного рогатого скота необходимо обеспечить не менее 150 люкс на уровне вымени коровы. Учитывая загрязнения светильников и падение светового потока, необходимо учитывать коэффициент запаса осветительных установок и создавать максимальную освещенность около 200 люкс.

Лучшее время для начала светового дня – 4.00–4.30 утра, а завершение – в 20.00–20.30, соответственно. Причем уровень освещения утром и вечером должен плавно изменяться, как в природе.

Кроме того, цветовая температура в течение всего дня изменяется от 3400 К (солнце, клонящиеся к горизонту) до 5000 К (температура дневного света) (рис. 1.). Воспроизведение светового солнечного дня с помощью регулировки цветовой температуры светильников позволит получить световую среду, максимально приближенную к естественному освещению.

Что касается естественного освещения, то оно обеспечивается с помощью окон. Если говорить о стандартном коровнике на две сотни мест, то окна должны иметь двойное стекло. Площадь остекления рассчитывается из соотношения 1/20 площади окна к поверхности пола. Естественное освещение положительно сказывается на продуктивности коров, и необходимо максимально обеспечить коровник естественным освещением. Коэффициент естественной освещенности (КЕО) при привязном содержании места для кормления, отдыха и доения по ГОСТ должен составлять 0,5 %.



Рис. 1. Изменение цветовой температуры солнца в течение дня

Для обеспечения необходимого графика освещения, максимально приближенного к естественному, предлагается установка, позволяющая в автоматическом режиме регулировать уровень освещенности в помещении с помощью регулирования светового потока светильника и цветовую температуру в зависимости от времени суток.

Включение освещения происходит автоматически в заданное время (4 ч. 00 мин.), далее светильники плавно увеличивают яркость и достигают максимального значения (150–200 люкс) в полдень (рис. 2), после чего постепенно уменьшают яркость до минимального значения. Максимальную освещенность можно устанавливать любую, а во время доения вручную устанавливать нужную освещенность.

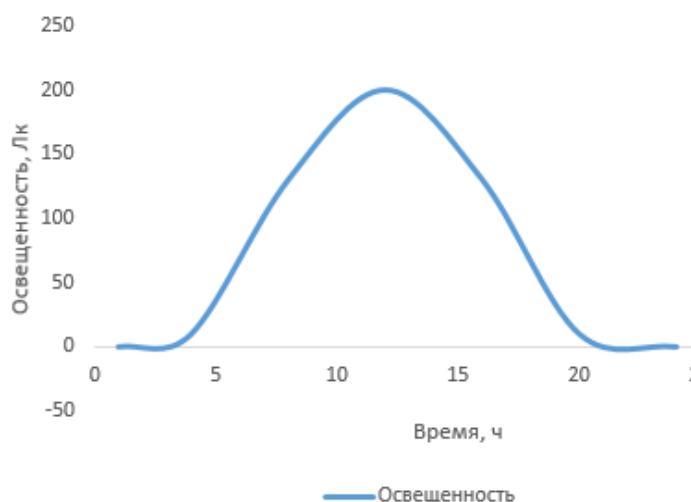


Рис. 2. График освещенности

Регулировка светового потока светильников регулируется как автоматически, так и вручную. Во время доения коров освещенность можно увеличивать вручную. Цветовая температура также изменяется в течение дня от теплого утреннего освещения (3400 К) до холодного дневного (5000 К), далее опять к более теплomu (рис. 3).

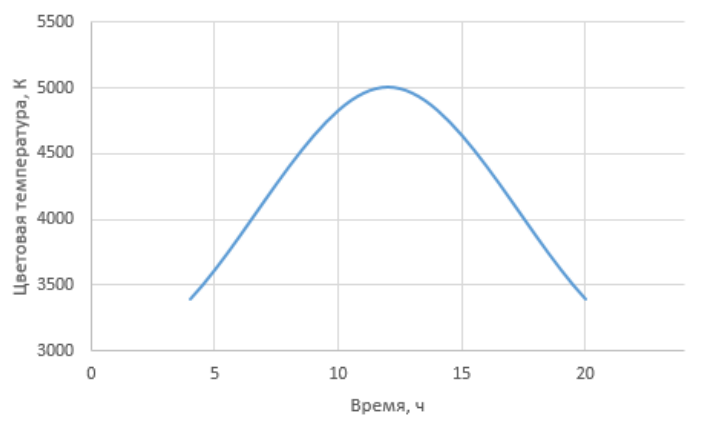


Рис. 3. График изменения цветовой температуры

Для коровников выбирают осветительные приборы, которые имеют защитное покрытие от агрессивной химической среды. Через непродолжительное время приборы покроются пылью. По санитарным нормам их необходимо обслуживать 1 раз в 3 месяца.

Часто при уборке используют сильную струю воды, чтобы очистить лампы. Приобретая прибор, необходимо учитывать его герметичность, устойчивость к влаге и к механическому воздействию. Установку ламп проводят на жёстких кронштейнах.

Интеллектуальная система управления светодиодным освещением состоит из светильника со светодиодными линейками различных цветовых температур, блока управления, датчика освещенности и движения (рис. 4).

Каждый светодиодный светильник с установленным блоком управления с помощью датчиков самостоятельно регистрирует данные в своей рабочей зоне и передает информацию другим сегментам системы, позволяя регулировать световую среду и устанавливая нужные алгоритмы, режимы и параметры освещения (в том числе включение по расписанию) [7–9].

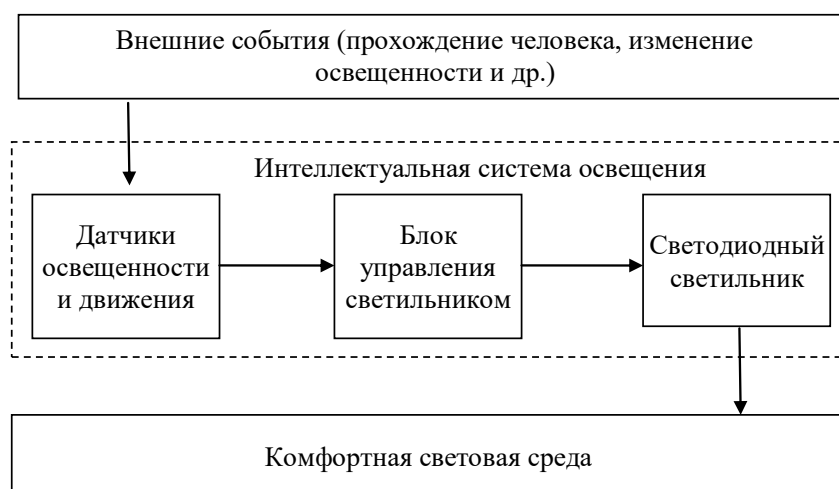


Рис. 4. Интеллектуальная система управления освещением

Блок управления имеет модуль беспроводной сети автоматизации процессов, который позволяет сегментам системы самоорганизовываться в единую сенсорную сеть и передавать информацию друг другу [10–12].

Система также имеет возможность управления с персонального компьютера (ПК) или смартфона на операционной системе «Android» [13].

Программное обеспечение для конфигурирования снабжено интуитивно понятным графическим интерфейсом пользователя. Управление системой освещения со смартфона осуществляется по протоколу Bluetooth. Принцип работы изображен на рис. 5.



Рис. 5. Принцип работы

Персональный компьютер необходим только на начальном этапе для программирования блоков по заданным параметрам или с целью мониторинга системы, в остальных случаях система работает самостоятельно, без единого блока управления, что позволяет добавлять любое количество новых светильников в имеющуюся сеть. Система работает автоматически. Каждому светильнику задаются индивидуальные настройки, и он может работать независимо от остальных светильников или по необходимости (например, при появлении человека в его рабочей зоне) передавать информацию остальным светильникам по беспроводному каналу. Система работает без централизованного блока управления, что позволит пользователю заменить светильник или добавить новый без специалиста, не нарушая системы.

Интеллектуальная система освещения имеет следующие возможности:

1. Автоматическое изменение светового потока и цветовой температуры светильника в зависимости от уровня естественного освещения и от времени суток.

2. Ручной переход в режим доения коров с целью обеспечения хорошей видимости.

3. Возможность замены светильника в системе без нарушения системы.

4. Автоматическое включение и отключение освещения в утреннее и вечернее время.

5. Ручное удаленное управление светильниками по беспроводному каналу (с персонального компьютера диспетчера или смартфона на базе Android).

6. Возможность управления отдельным светильником, группой светильников, всей системой в целом.

7. Мониторинг состояния светильников. Удаленно можно обнаружить светильники, вышедшие из строя, это позволит сократить время осмотра светильников вручную.

8. Возможность работы в аварийном режиме: авариях, пожарах, несанкционированных доступах в охраняемые помещения (светильники мигают по направлению к выходу или работают на максимальную мощность в местах особой опасности).

9. Самодиагностика беспроводного блока управления светильника и его каналов связи.

10. Самовосстановление сети при потере связи с некоторыми узлами.

Разработанная интеллектуальная система управления освещением, состоящая из 50 светодиодных светильников с блоками управления внедрена в ФГБОУ ВО «КГЭУ» (рис. 6).



Рис. 6. Система освещения в ФГБОУ ВО «КГЭУ»

Выводы

Обеспечение грамотного светового режима (16 часов – день, 8 часов – ночь), плавное регулирование освещенности, имитация светового дня в зависимости от цветовой температуры, увеличение естественной освещенности с помощью применения световодов приведет к повышению потребления и лучшей усвояемости корма и, как следствие, к росту производства молока. Как дополнение, внедрение правильной программы освещенности способствует также:

- увеличению потребления коровами корма;
- увеличению активности и улучшению самочувствия коров;
- уменьшению межотельного периода коров;
- беспроблемному протеканию периода стельности;
- увеличению иммунитета и стойкости к восприятию болезней;
- ускоренному набору веса молодняком, а также ускорению полового созревания;
- увеличению производства молока без потери жирности молока;
- улучшению общего состояния стада.

Установка интеллектуальной системы освещения со светодиодными светильниками позволит:

- сократить расходы на электроэнергию;
- увеличить срок службы осветительного оборудования;
- улучшить характеристики освещения по сравнению со светильниками, использующими не светодиодные источники света;
- уменьшить амортизационные расходы (замена ламп и обслуживание светильников);
- уменьшить падение светового потока светильников по сравнению со светильниками (у светодиодных светильников падение светового потока снижается только на 20 % и после 10 000–15 000 часов работы).

Источники

1. Казаков А. Влияние светового режима на продуктивность лактирующих коров // Молочное и мясное скотоводство. 2009. № 3. С. 12–13.
2. Овчукова С.А. Применение оптического излучения в сельскохозяйственном производстве: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2002. 351 с.

3. Менгель И.В. Естественная освещенность коровников и влияние ее на состояние и продуктивность коров: автореф. дис. ... канд. ветеринарных наук. М., 1968. 20 с.
4. Коваленко О.Ю. Светотехнические установки для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных: дис ... д-ра техн. наук. Саранск, 2009. 346 с.
5. ОСН-АПК 2.10.24.001-04. Отраслевые строительные нормы. Нормы освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений. М.: ФГНУ НПЦ «Гипронисельхоз», 2004. 54 с.
6. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение // Взамен СНиП II-4-79. 1995. 74 с.
7. Ivanov D.A., Sadykov M.F., Yaroslavsky D.A. Development management system of lighting with feedback based on wireless communication module // Сб. тр. конф. NI Academic Days 2017, Москва. МИЭМ НИУ ВШЭ 2017. Р. 43–46.
8. Интеллектуальный блок питания светильника: п. м. 142028 Рос. Федерация № 2014103803; заявл. 04.02.14; опубл. 20.06.14, Бюл. № 17.
9. Иванов Д. А., Ярославский Д. А., Григорьева Н.А. Разработка беспроводного блока управления светильником и системы управления освещением на его основе // Научная сессия ТУСУР–2017: матер. Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 55-летию ТУСУРа: в 8 ч. Томск, 2017. С. 120–122.
10. Real-time operating systems for wireless modules / D.A. Yaroslavsky [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. Vol. 11(6). P. 1168–1171.
11. Базовая программа управления беспроводной сети автоматизации процессов: свид. о гос. рег. программы для ЭВМ 2017616494 Рос. Федерация № 2017613174; заявл. 10.04.17; рег. 07.06.17.; опубл. 07.06.17.
12. Программа шлюзования беспроводной сети автоматизации процессов: свид. о гос. рег. программы для ЭВМ 2017616285 Рос. Федерация № 2017613157; рег. 06.06.17; опубл. 06.06.17.
13. Программа управления светильниками по беспроводному каналу для устройств на базе ОС «Android»: свид. о рег. программы для ЭВМ 2017663897 Рос. Федерация № 2017661193; рег. 13.10.2017; опубл. 13.12.17.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО АККУМУЛЯТОРА В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

Артемий Григорьевич Свешников¹, Валерий Васильевич Белов²

ФГБОУ ВО «ЧГСА», г. Чебоксары
¹artemachaki@mail.ru, ²belovdtn@gmail.com

Проведено исследование природной альтернативной энергии – «земных токов». Рассмотрены разные конструкции и сочетания элементов для измерения потенциала (напряжения) свободной альтернативной энергии. Изготовленные конструкции исследовались в почве, на основе анализа результатов исследований отмечено, что закопанные земляные аккумуляторы обладают устойчивым потенциалом (напряжением), которое не зависит от времени суток и погодных условий.

Ключевые слова: альтернативная энергия, свободная энергия, потенциал, напряжение, земляной аккумулятор, медные и алюминиевые пластины, медная трубка, провод.

STUDY OF A GROUND BATTERY AS AN ALTERNATIVE ENERGY SOURCE

Artemy Grigorievich Sveshnikov, Valery Vasilievich Belov

The study of natural alternative energy – «earth currents». Different designs and combinations of elements for measuring the potential (voltage) of free alternative energy are considered. The made designs were investigated in the soil, on the basis of the analysis of results of researches it is noted that the buried earth accumulators possess steady potential (tension) which does not depend on time of day and weather conditions, some regularities are revealed.

Key words: alternative energy, free energy, potential, voltage, earth battery, copper and aluminum plates, copper tube, wire.

Как предполагает теория физики и электрики, электричество – это атом, создающий вокруг себя два типа энергетических полей. Одно образуется круговым вращением, скорость которого близка к световой скорости. Это движение знакомо нам как магнитное поле. Оно распространяется по плоскости вращения атома. Два других возмущения пространства наблюдаются по оси вращения. Последние вызывают появление у тел электрических полей. Энергия вращения частиц и есть свободная энергия пространства. Мы не тратим никаких затрат для того, чтобы она появилась – энергия изначально заложена мирозданием во все частицы материального мира.

Важным и вполне естественным шагом на пути изучения электрических явлений стал переход от качественных наблюдений к установлению количественных связей и закономерностей, к развитию основ

теории электричества. Наиболее весомый вклад в решение этих проблем внесли петербургские академики М.В. Ломоносов и Г.В. Рихман, а также американский ученый Б. Франклин [1].

Потребность электроэнергии населением увеличивается, цена на топливо для электростанций неуклонно растёт, экологическая ситуация ухудшается, что также требует поиска новых альтернативных способов получения электроэнергии. В России количество станций возобновляемых источников энергии от общего количества станций примерно 0,5 .

На наш взгляд только альтернативные источники энергии могут решить проблему обеспечения человечества энергией в будущем. Один из источников альтернативной энергии – «земляные токи», токи, текущие у поверхности земной коры. Впервые обнаружены в проволоке, соединяющей две более или менее удаленные друга от друга точки земной поверхности. В современной науке земные токи объясняются вращением Земли, при котором происходит трение между земной поверхностью и слоями атмосферы. Происхождение земных токов приписывали также движению Земли в электрическом или магнитном поле.

Известный своими изобретениями гениальный физик-электрик Тесла много времени и средств уделил изысканию средств и методов получения энергии из окружающего пространства для практического использования. Возможно, ему удалось получить энергию с окружающего нас пространства, но это доподлинно неизвестно до сих пор. Над данной темой работали многие ученые зарубежья.

Перед нами была поставлена задача – исследовать модели разных вариантов доступных нам конструкций, позволяющие получить альтернативную энергию – «земляные токи».

Проведены исследования с целью установления присутствия или отсутствия потенциала (напряжения, «земляных токов») на разных накопителях альтернативной энергии, «показывал присутствие напряжения», которые рассмотрены в работах [2–4]. Замер потенциала (напряжения) осуществлялся между контактами медных и алюминиевых пластин в воздухе и так же в закопанном в почву на глубину 15–20 см, что позволяло полностью исключить возможность воздействия солнечных лучей на исследуемый объект. Земляной аккумулятор размещался на глубине 3, 4 м от поверхности почвы в пустом колодце [5–7].

Экспериментальные исследования земляного аккумулятора, закопанного в почву, показали стабильность потенциала (напряжения)

в пределах 0,3–0,37 В при круглосуточном режиме замера напряжения и в зимнее время, но потенциал был в пределах 0,2–0,29 В, что оправдали наши предположения. В зимний период снижение потенциала можно объяснить повышением сопротивления провода, соединяющего земляной аккумулятор, замер проводился в уличных условиях. Отметим также, что максимальное значение потенциала земляного аккумулятора летом доходило до 0,65 В.

Также исследован вариант замера альтернативной энергии в устройстве, которое состояла из медной трубки и намотанной на нее алюминиевой проволоки [8, 9, 10]. Разные образцы для исследования отличались друг от друга тем, что алюминиевый провод наматывался в один, два и три слоя.

Собранные таким образом образцы установили на расстоянии один метр друг от друга, соединив четыре образца последовательно, 2 образца имели 2 слоя, между ними образец в 2 слоя, где первый слой очищен от лака, и образец в 3 слоя. Образцы установили от поверхности почвы на глубину 0,5 м.

Напряжение (потенциал) при замерах было в пределах 0,32–0,65 В. При этом следует отметить, что потенциал оставался стабильным, результаты экспериментов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты экспериментального исследования

№ опыта	U , В	№ опыта	U , В
1	0,448	6	0,436
2	0,442	7	0,380
3	0,567	8	0,394
4	0,327	9	0,391
5	0,600	10	0,650
Среднее		0,464	
Максимальное		0,650	
Минимальное		0,327	

Для лучшего восприятия результаты представлены в виде графика на рис. 1. Из анализа данного графика видно, что потенциал земляного аккумулятора относительно стабилен, нестабильность, возможно, вызвана применением неодинаковых образцов.

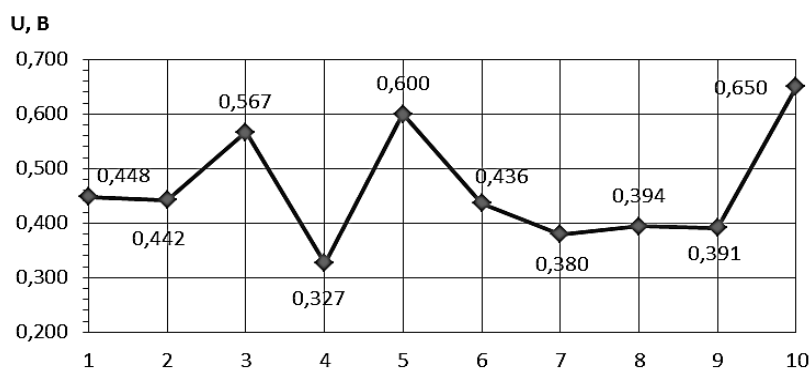


Рис. 1. График изменения потенциала

В дальнейшем, основываясь на полученных результатах и правоте наших предположений, мы изготовили иную конструкцию земляного аккумулятора. Нами был собран образец в виде цилиндра длиной 300 мм из листов фольги длиной 3 м, в целях предотвращения прямого контакта, для изоляцией между листами фольги использована москитная сетка. Первоначальные замеры потенциала после изготовления цилиндрического образца были в пределах 0,995–1,01 В.

Видимо, зависимость увеличения металлоёмкости и другого конструктивного исполнения дают свои результаты. Результаты фрагмента экспериментального исследования приведены в табл. 2, эксперимент проводился в воздухе, график изменения напряжения-потенциала показан на рис. 2, так же зафиксировали ток уже в миллиамперах (рис. 3), все замеры производили цифровым мультиметром TD9205А.

Таблица 2

Результаты экспериментального исследования образца в виде цилиндра

Время выдержки, шаг замеров, мин	U , В	I , мА
0	0,850	0,30
15	0,828	0,42
30	0,781	0,38
45	0,763	0,35
60	0,764	0,38
75	0,764	0,38
90	0,758	0,36
105	0,758	0,36
120	0,758	0,36
Среднее	0,780	0,37
Максимальное	0,850	0,42
Минимальное	0,758	0,30

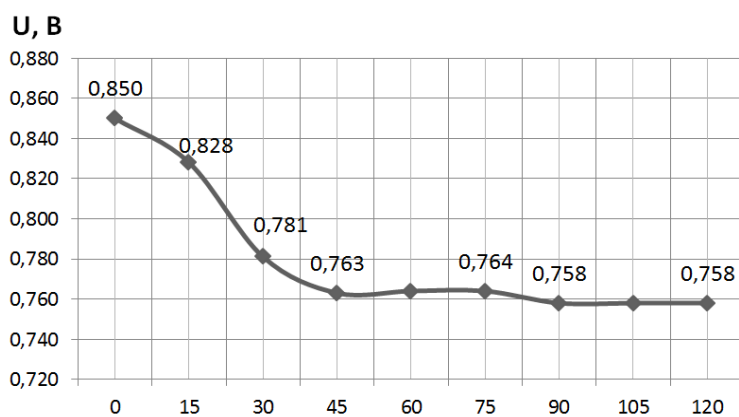


Рис. 2. График изменения напряжения-потенциала образца в виде цилиндра

Анализируя графики, можно увидеть, что есть всплеск в начале эксперимента. Полагаем это связано переходом заряда с рук при изготовлении цилиндрического образца.

По результатам экспериментальных исследований можно отметить следующее. Для получения свободной энергии – «земных токов» можно использовать разные методы, подходы, конструктивные решения. При этом следует отметить, что земляной аккумулятор имеет преимущество, тем, что он независим от дневного солнечного света – освещения, потенциал (напряжение) земляных аккумуляторов, закопанных в почву, стабильно поддерживается независимо от времени суток, что гораздо лучше.

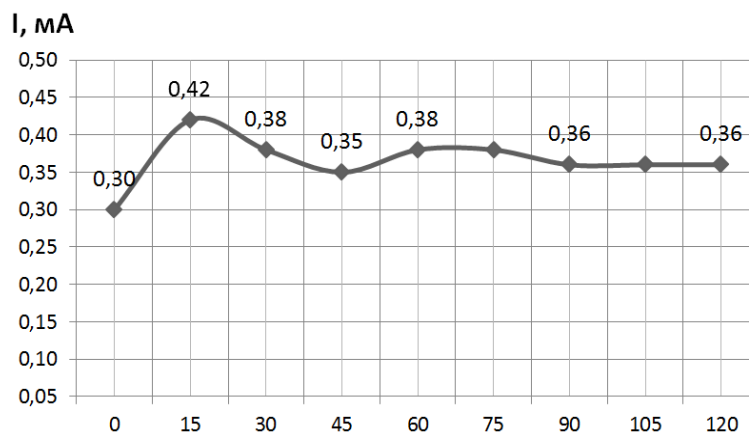


Рис. 3. График изменения тока образца в виде цилиндра

Используя преобразователи, можно получить выходные параметры напряжения для практического применения, например для подзарядки телефона и иных маломощных устройств.

Отметим, что мощность зависит от конструкции, геометрических линейных размеров и применяемого материала. Полагаем, что в дальнейшем необходимо активно проводить исследования по поиску методов повышения выхода альтернативной энергии в виде земляного аккумулятора для практического применения.

Источники

1. М.В. Ломоносов и атмосферное электричество. URL: <http://elektrobgau.narod.ru/CHAST1/lomonosov/Llomonos.htm>.
2. Белов В.В., Свешников А.Г., Степанова А.В. Исследование свободной энергии // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. по мат. II Всероссийской науч.-практ. конф. Кинель, 2017. С. 33–37.
3. Свешников А.Г., Степанова А.В., Белов В.В. Исследование свободной энергии в природных источниках среды // Научные тенденции: вопросы точных и технических наук: сб. науч. тр. по матер. VI Междунар. науч. конф. СПб., 2017. С. 65–68.
4. Белова Н.Н., Свешников А.Г., Степанова А.В. Источники свободной энергии // Техническое обеспечение технологий производства сельскохозяйственной продукции: матер. I Всерос. науч.-практ. конф. Курган, 2017. С. 57–61.
5. Свешников А.Г., Степанова А.В., Белов В.В. О свободной энергии // Молодежь и инновации: матер. XIII Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов. Чебоксары, 2017. С. 219–221.
6. Белов В.В., Свешников А.Г., Степанова А.В. Свободная энергия в разных источниках // Рациональное природопользование и социально-экономическое развитие сельских территорий как основа эффективного функционирования АПК региона: матер. Всерос. науч.-практ. конф. с межд. уч., посв. 80-летию со дня рожд. засл. работника с. х. РФ, почетного гражданина Чув. Респ. Айдака Аркадия Павловича. Чебоксары, 2017. С. 73–78.
7. Исследование свободной энергии в разных источниках / В.В. Белов [и др.] // Наука, производство, образование: состояние и перспективы: сб. науч. тр. по матер. Всерос. науч.-практ. конф. Чебоксары, 2017. С. 40–45.
8. Белов В.В., Свешников А.Г., Степанова А.В., Земляной аккумулятор и её потенциал // Агорозкологические и организационно-экономические аспекты создания и эффективного функционирования экологически стабильных территорий: матер. Всерос. науч.-практ. конф. Чебоксары, 2017. С. 362.
9. Белов В.В., Свешников А.Г., Степанова А.В. Исследование нетрадиционного источника энергии в виде земляного аккумулятора [Текст] // Современное состояние и перспективы развития науки, техники

и образования: сб. науч. тр. по матер. Всерос. науч.-практ. конф., Чебоксары, 6 апр. 2018 г. / под общ. ред. Н.Н. Тончевой. Чебоксары, 2018. С. 30–35.

10. The research of the earth battery as the source of renewable energy / Belov V.V. [et al.] // 18th international multidisciplinary scientific geoconference sgem 2018. Conference proceedings volume 18. Energy and Clean Technologies. Is. 4.1, 2018. P. 713–719.

УДК 378/2: 628.9

ПРОБЛЕМА ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ В СВЕТОТЕХНИКЕ И НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ ОБЛАСТЯХ ЗНАНИЙ

Рафаил Хасьянович Тукшаитов¹, Равиль Рафисович Шириев

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹trh_08@mail.ru, ²shrr@list.ru

Установлена значительная неравномерность в распределении количества Ученых диссертационных советов, приходящегося на одну специальность. Оно заключается в том, что на одну небольшую часть специальностей приходится от 20 до 110 Ученых диссертационных советов (УДС), в то время на многие другие специальности – от 1 до 3.

Ключевые слова: диссертационный совет, номер специальности, количество специальностей, неравномерность распределения.

THE PROBLEM OF TRAINING HIGHER QUALIFICATION IN LIGHTING AND SOME OTHER KNOWLEDGE AREAS

Rafail Hasyanovich Tukshaitov, Ravil Rafisovich Shiriev

Established a significant irregularity in the distribution of the number of academic councils per one specialty. It lies in the fact that for one part of specialties there are from 20 to 110 specialized scientific councils, then for other parts of specialties from 1 to 3.

Key words: dissertation council, number of specialty, number of specialties, uneven distribution.

Роль наукометрии в выявлении многих явлений и закономерностей велика и ей следует уделять значительно большее внимание. Проведенные в последние годы работы позволили получить ряд новых результатов и выявить негативные явления [1–3]. Порывом для написания данного материала послужило Постановление ВАК РФ от 02.10.2018 года, из которого использована информация о количестве действующих диссертационных советов по разным научным специальностям [4]. Прежде всего заимствованным из [4] данным придали системный вид. Обобщение

их вели путем автоматического поиска, предусмотренного в Microsoft Windows и набора в командную строку номера искомой научной специальности. Количество имеющихся в документе упоминаний номера специальности указывалось автоматически компьютерной программой в соответствующем окне. В обобщенном виде информация была представлена в 1932 строках и 9 столбцах. Общее количество советов равно 1932, а специальностей – 428. В результате статистической обработки этих данных для анализа получен дискретный вариационный ряд.

Результаты статистической обработки свидетельствуют, что до 30 специальностей обеспечены от 21 до 110 УДС. Порядка 82 специальностей представлены от 11 до 20 УДС, 214 специальностей – от 4 до 10 УДС, 36 специальностей – в 3 УДС, 21 специальность – в 2 УДС, 29 специальности – в 1 УДС, а 16 специальностей не представлены ни в одном УДС. Фактически 30 УДС должны выпускать в сумме даже больше диссертантов, чем все остальные 398 УДС. Это представляется большим перекосом в деле подготовки в России кадров высшей квалификации.

Одновременно ликвидирована возможность осуществления подготовки кадров, например, в таких не менее важных научных направлениях, как математическая квантовая химия, ядерная и радиационная безопасность, нейробиология, радиоизмерительные приборы, оптоэлектронные приборы и светотехника вопреки тому, что в последние годы в светотехнике объем производства осветительных светодиодных приборов значительно возрос, в том числе и благодаря ряду Постановлений Правительства РФ, направленных на дальнейшее повышение энергосбережения.

Рассмотрены недостатки существования большого, и наоборот, очень незначительного количества УДС по многим специальностям.

Наличие существенной неравномерности УДС, приходящихся на каждую специальность, ведет к тому, что УДС по первым 30 рассмотренным специальностям должны выпускать столько же диссертантов, сколько все остальные 398 УДС.

Максимальное количество УДС, приходящихся на одну специальность, представляется необходимым снизить с 42–110 до 30. При этом членам таких УДС следует ограничить возможность принимать участие в работе более, чем в 2 УДС. В результате избыточное количество УДС само собой уменьшится без специальных административных мер и решений.

Имеется другая крайность, когда 50 специальностей обеспечены лишь одним или двумя УДС. При таком положении не только в другом, но и в собственном вузе пробиться даже с хорошей диссертацией по ряду самых разных причин бывает сложно.

Формируя новые УДС ВАК РФ, следует привлекать специалистов, формально не соответствующих по номеру специальности УДС, но являющимися признанными ведущими учеными по тематике совета.

Наличие 2 УДС снимает ряд проблем иногородним диссертантам, но не намного. Например, диссертанту сложно вырваться из своего вузовского УДС, если он предпочитает защищаться в более приемлемом УДС. Наличие 3 УДС должно быть минимальным значением для формирования количества УДС по специальностям.

Источники

1. Тукшаитов Р.Х., Вафина С.А. О неравномерном распределении научных изданий в перечне ВАК и их систематизации по группам технических специальностей // Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 2. № 3. С. 176–179.

2. Абдуллазянов Э.Ю., Тукшаитов Р.Х. Методика комплексного анализа научной продуктивности ученых ВУЗОВ и НИИ // Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 7. № 4. С. 80–82.

3. Тукшаитов Р.Х., Абдуллазянов Э.Ю. Сравнительная характеристика информативности основных показателей научной деятельности сотрудников на основе корреляционного анализа // Успехи современной науки. 2017. Т. 7. № 1. С. 46–50.

4. Перечень действующих советов по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по состоянию на 02.10.2018 г.: приказ ВАК Минобрнауки РФ. URL: <http://vak.gov.ru/89>

УДК 628.95

О ТИПОВЫХ ОШИБКАХ, ТИРАЖИРУЕМЫХ В ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ ВЕДУЩИХ ФИРМ СТРАНЫ

Рафаил Хасьянович Тукшаитов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

trh_08@mail.ru

Рассмотрен ряд типовых ошибок, допускаемых на протяжении многих лет при представлении технических характеристик светодиодных осветительных приборов в документациях ведущих фирм страны; природа их возникновения, существования и причины их взаимотиражирования.

Ключевые слова: типовая ошибка, размерность, заимствование ошибок, размерность люмена, световой поток, потребляемая мощность, светоотдача.

ABOUT TYPICAL ERRORS DIRECTED IN THE TECHNICAL CHARACTERISTICS OF LED LAMPS OF LEADING FIRMS OF THE COUNTRY

Rafail Hasyanovich Tukshaitov

A number of typical errors made when presenting the technical characteristics of LED lighting devices in the documentation of leading firms in the country are considered. The nature of their occurrence, existence and reciprocity.

Key words: type error, dimension, error borrowing, lumen dimension, luminous flux, power consumption, light output.

В технической документации ведущих производителей светодиодных осветительных приборов продолжают многие годы допускаться ошибки в представлении паспортных данных, которые вполне можно относить к типовым. Качество представления паспортных данных фирмами в определенной степени также определяет их бренд, что нельзя игнорировать. Ряд из рассматриваемых ошибок являлся предметом неоднократного рассмотрения в течение последних 10 лет, но несмотря на это, они продолжают широко встречаться.

Рассмотрим основные типы ошибок, которые относятся к типовым.

1. В написании размерности светового потока многими ведущими фирмами первая буква ошибочно приводится прописной в виде Лм. Первая буква в размерностях пишется прописной только тогда, когда она сформирована по автору разработки (вольт, ампер, генри). Эта ошибка в написании размерности светового потока появилась на самых первых этапах разработки светодиодных светильников, когда в светодиодную отрасль влилось много специалистов, не имеющих базового образования и достаточной подготовки в области основ физики. В последующем многие разработчики к этому «нововведению» быстро адаптировались, и это для многих из них стало новым «отраслевым стандартом».

Ошибочное написание рассматриваемой размерности вызвано было тем, что в английском ее написании используется первая строчная буква «l», которая была ошибочно воспринята за прописную букву. Дело дошло до того, что фирмы, начинающие представлять свои каталоги уже на английском языке, размерность светового потока приводят в виде *Lm*, а не *lm*. Вместе с тем имеется целый ряд фирм на сегодня, которые первую букву пишут правильно – строчной (Оптоган, НовоСвет, ПЗС, EFLIGHT, Arlight, FAROSи др.).

2. Другой не менее распространенной ошибкой является неправильное написание коэффициента мощности. Данный параметр

приводят в виде «коэффициент мощности ($\cos\varphi$)», «коэффициент мощности, ($\cos\varphi$) или «коэффициент мощности, $\cos \varphi$ ». Фактически многие разработчики значения коэффициента мощности пытаются свести только к $\cos\varphi$. Такой подход и соответственно представление данного параметра является ошибочным, поскольку любая нагрузка является активно-реактивно-нелинейной нагрузкой. Для пояснения отметим, что коэффициент мощности у большинства светодиодных ламп равен 0,50–0,55, в то время как значение $\cos \varphi$ у них очень близко к единице.

У светодиодных светильников значение коэффициента мощности благодаря применению в драйвере корректора коэффициента мощности равно 0,95–0,98. Однако и такие значения в действительности обусловлены в большей степени коэффициентом гармонических искажений, чем $\cos\varphi$. Поэтому данный параметр в технической документации должен всегда называться в виде «коэффициент мощности» [1, 2].

3. Следует отказаться от буквенного обозначения кривой силы света, предложенного в ГОСТ более 50 лет тому назад. Такое обозначение КСС несет только полуколичественную характеристику светильника и абсолютно не пригодно для современных светодиодных светильников. Например, консольный светодиодный светильник (КСС) «типа Г» может иметь угол излучения от 10 до 35°. С другой стороны, в этих буквенных обозначениях мало кто хорошо ориентируется. Поэтому фирмы начинают приводить буквенное обозначение типа КСС с бессмысленным сочетанием его расшифровки. Еще более бессмысленно сочетать буквенное обозначение с конкретным значением угла излучения, так как сочетают полуколичественную характеристику с конкретным значением угла излучения, например в виде Г35. И эту грубую ошибку начинают одни копировать у других и далее «пошло-поехало». Отдельные ведущие фирмы идут еще дальше, приводя в своем каталоге данное обозначение для англоязычного рынка уже в виде G35, и уводя читателя еще дальше от понимая данного сокращения.

Вполне достаточно в каталогах приводить только значение угла излучения. Для лепестковых КСС можно вводить дополнительную информацию в виде отношения минимального значения силы света, которую имеет светильник по оптической оси, к силе света при максимальном угле излучения, выраженного в процентах.

4. Размерность силы света при характеристике КСС следует приводить только в кд (кандела). Обоснование данного предложения было сделано еще несколько лет тому назад [3], но в литературе большинство

разработчиков продолжают приводить ее в нормированном виде – кд/кЛМ. Во-первых, данная вспомогательная размерность была предложена более 50 лет тому назад и применительно только к светильникам, в которых источник разной мощности переставлялся в корпусе светильника.

При попытке построения КСС на одном графике одновременно для ряда моделей с разной мощностью происходит инверсия КСС таким образом, что светильник с большей силой света в приведенном виде оказывается меньше, светильника, у которого реальная сила света существенно меньше.

Для убедительности поясним: как можно, например, силу электрического тока (А) поделить на вольты (В) и опять получить якобы силу тока в так называемом нормированном виде.

5. Из 6 рассмотренных ведущих фирм России две (ЛЕДЕЛ и ФЕРЕКС) приводят значения светового потока четырех- и пятизначным числами, то есть с погрешностью на уровне 0,01–0,001 %, в то время как действительная погрешность ее измерения составляет более 1 % и приближается к 5 %. Наиболее правильное округление данных осуществляет фирма «Световые технологии».

6. К типовой ошибке можно отнести представление в каталогах значений светового потока при отсутствии сведений о светоотдаче светодиодных светильников. Светоотдача, а не световой поток является критериальным значением несущим основную информацию и наиболее наглядно характеризующим светильник. При его использовании в сводных таблицах сам разработчик может оперативно выявить издержки в написании данных, в качестве своих разработок сопоставить характеристики свои изделий с характеристиками других фирм.

Сопоставив 2 модели с одинаковой светоотдачей, разработчик сразу может выявить ошибки в представлении значений потребляемой мощности или светового потока, либо недостатки, допущенные в одной из моделей.

Таким образом, в документации светильников следует приводить значения его светоотдачи и при большом желании лишь в качестве дополнительного показателя – световой поток.

Источники

1. Тукшаитов Р.Х., Нуруллин Р.Г. Сравнительная оценка эффективности светодиодных и газоразрядных ламп // Современная светотехника. 2010. № 1. С.31.

2. Петрушенко Ю.Я., Тукшаитов Р.Х. Типовые ошибки представления технических характеристик светодиодных светильников в каталогах // Современная светотехника. 2011. № 3. С. 76.

3. Тукшаитов Р.Х., Нигматуллин Р.М. К устранению разночтения при анализе диаграмм силы света светодиодных осветительных приборов // Энергетика Татарстана. 2016. № 2. С. 72–75.

УДК 628.95

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ РЯДА ВЕДУЩИХ ФИРМ СТРАНЫ

Рафаил Хасьянович Тукшаитов¹, Илья Владимирович Исаев²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹trh_08@mail.ru, ²ilyaisaev9@gmail.com

В работе рассмотрены технические характеристики промышленных светодиодных светильников шести ведущих отечественных разработчиков. Показано, что с использованием дополнительных показателей – светотдачи, удельной массы и удельной цены, можно повысить достоверность оценки их качества.

Ключевые слова: потребляемая мощность, светотдача, удельная масса, удельная цена, контроль качества.

COMPARATIVE ANALYSIS OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF LED LAMPS OF A NUMBER OF LEADERS COUNTRY FIRMS

Rafail Khasyanovich Tukshaitov, Ilya Vladimirovich Isaev

In the work in comparative terms, the technical characteristics of industrial LED lamps of six leading domestic developers are considered. It is shown that with the use of additional several indicators – light output, specific gravity and specific price, it is possible to increase the reliability of their quality assessment.

Key words: power consumption, light output, specific gravity, specific price, quality control.

Светодиодная отечественная промышленность развивается достаточно высокими темпами. В результате создаются все мощные светильники и с более высокой светотдачей. Это требует ежегодного пересмотра критериальных значений отдельных параметров [1], на которые необходимо опираться при сравнительной оценке качества светильников собственного производства и других фирм.

В работе комплексно рассмотрены основные параметры светильников семи фирм, шесть из которых являются широко признанными по качеству и объему производства.

На основе представленных в технических характеристиках светодиодных светильников сведений о потребляемой мощности и световом потоке, массе и цене вычислены дополнительные показатели: светоотдача, удельная масса (г/Вт), удельная цена (руб./лм), а также коэффициент предварительной экспресс-оценки $K_{\text{про}}$ [2, 3].

Более высокие значения светоотдачи имеют место у фирм «ФЕРЕКС», несколько меньшие у фирм «Световые технологии», «ФОКУС», еще меньшие значения – у «ЛЕДЕЛ» и «НИТЕОС».

По ресурсоэффективности, то есть по показателю удельной массы, лучшие результаты наблюдаются у фирм «ФЕРЕКС» и «НИТЕОС». Критериальным значениям удельной массы [1] уступают изделия фирм «Световые технологии», «ФОКУС» и «ЛЕДЕЛ».

Что касается цены единицы светового потока – одного люмена, то она имеет наименьшее значение у «ФЕРЕКСА», несколько большие ее значения отмечается у фирм «НИТЕОС», «ЛЕДЕЛ» и «ФОКУС». Еще более высокую удельную цену имеют изделия фирмы «Световые технологии».

Следует обратить внимание на то, что удельная масса далеко непропорциональна мощности светильников, а нередко изменяется и в противоположном направлении. Например, увеличение мощности одного из светильников фирмы «ЛЕДЕЛ» в 1,75 раза относительно другого приводит к увеличению металлоемкости в 3,5 раза, в то время как у изделия фирмы «ФОКУС» при увеличении потребляемой мощности в 1,7 раза значение удельной массы вопреки ожиданию, наоборот, уменьшается в 1,2 раза.

Установлена высокая корреляция между потребляемой мощностью и массой для светильников «ЛЕДЕЛ», «ФЕРЕКС» и «ФОКУС». Вместе с тем, связь потребляемой мощности светильников с удельной их массой неоднозначная и практически отсутствует.

Интегральным показателем, учитывающим светоотдачу светильника и цену единицы люмена, является коэффициент предварительной экспресс-оценки [2, 3]. Он у светильников фирмы «ФЕРЕКС» в 1,5–2,0 раза выше, чем у изделий других фирм за счет более высокой светоотдачи и меньшей их цены.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что использование дополнительных параметров позволяет фирмам выявить определенные собственные производственные издержки и будет способствовать выпуску более качественной продукции.

Источники

3. Тукшаитов Р.Х., Айхайти Исыхакэфу. Разработка и применение критериальных значений параметров светодиодных осветительных приборов для контроля их качества // Инженерный вестник Дона. 2017. № 4. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2017/4408/>

4. Айхайти Исыхакэфу, Тукшаитов Р.Х. Экспертиза качества светодиодных ламп разных производителей на основе оценки их технико-экономической эффективности // Известия вузов. Проблемы энергетики. № 7-8. С. 144–148.

5. Тукшаитов Р.Х., Абдуллазянов Э.Ю. Метод оценки технико-экономической эффективности промышленных светодиодных светильников // Современная светотехника. 2014. № 1. С. 58–60.

УДК 628.9

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ОБЩИХ ВНУТРИДОМОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ

Леонид Валерьевич Фетисов¹, Данил Геннадьевич Маврин²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹leonidfetisov@mail.ru, ²xxx2013.x@yandex.ru

В статье рассмотрены основные недостатки применяемых внутридомовых систем освещения, а также предложена система, нивелирующая недостатки существующих решений по освещению.

Ключевые слова: Программируемый логический контроллер, общедомовые нужды, энергоэффективность, быстродействие, программа.

OPTIMIZATION OF SYSTEM OF LIGHTING OF THE GENERAL INTRA HOUSE ROOMS WITH USE OF PROGRAMMABLE LOGICAL CONTROLLERS

Leonid Valeryevich Fetisov, Danil Gennadyevich Mavrin

In article the main shortcomings of the applied intra house systems of lighting are considered, and the system leveling shortcomings of the existing decisions on lighting is also offered.

Key words: programmable logical controller, all-house needs, energy efficiency, speed, program.

Немалую статью расходов, у человека, проживающего в многоквартирном доме, составляет такая графа в квитанции, как общедомовые нужды (ОДН). Коммунальные услуги ОДН – это коммунальные услуги, которые используются в процессе содержания общего имущества в многоквартирном доме.

К ним относятся расходы на водоснабжение, электроснабжение, газоснабжение, теплоснабжение (отопление), которые используются вне жилых или нежилых помещений в многоквартирном доме. Согласно новым правилам предоставления коммунальных услуг [1], расходы должны оплачиваться всеми потребителями, вне зависимости от оборудования жилого или нежилого помещения индивидуальными или общими (квартирными) приборами учета.

Не все составляющие ОДН можно использовать эффективно за счет применения современных систем энергосбережения. К примеру, мы не можем контролировать, сколько воды техник тратит во время уборки дома, но что мы можем контролировать, так это количество потребляемой электроэнергии на освещение общей территории, тамбуры, лестничные клетки, вход в подъезд. В решении этого вопроса нам помогают датчики движения (звука), реже – датчики объема. Эти системы позволяют значительно экономить электроэнергию, затраченную для освещения подъездов. В темное время суток уходит необходимость в постоянно включенном свете. Для установки не нужны никакие дополнительные разрешения. У данных систем подъездного освещения множество плюсов, но, к сожалению, не обходится и без минусов.

Если говорить о датчиках объема, то изделия ценовой категории «эконом» комплектуются слабыми акустическими сенсорами (если речь идет об ультразвуковой модификации), что напрямую влияет на их работу, а также увеличивает частоту ложных срабатываний, да и несмотря на функцию отсеивания «паразитных» шумов, при неправильной настройке вероятно ложное срабатывание.

Датчики шума имеют больше недостатков, один из них – невозможность размещения в местах, где много шума в зоне их действия.

Главный минус, относящийся к обоим типам устройств – это отсутствие выбора режима работы в зависимости от времени суток. В дневное время, когда естественного освещения более чем достаточно, датчики продолжают свою работу.

Одним из способов решения данных проблем может выступать применение в системах освещения программируемых логических контроллеров (ПЛК). На рис. 1 изображена структурная схема ПЛК, которая может применяться для освещения помещений.



Рис. 1. Структурная схема ПЛК

Данный ПЛК (для стандартного подъезда на 4 квартиры) входят 2 выхода питания, выходы на осветительные приборы помещения, выходы для приема сигнала с дверей квартиры и лифта.

Программируемый контроллер – специальная разновидность электронной вычислительной машины. Чаще всего ПЛК используют для автоматизации технологических процессов. В качестве основного режима работы ПЛК выступает его длительное автономное использование, зачастую в неблагоприятных условиях окружающей среды, без серьёзного обслуживания и практически без вмешательства человека.

В предложенной системе освещения, изображенной на рис. 2, отсутствует чувствительная часть. Срабатывает система в момент разрыва контакта на сигнализирующей катушке.

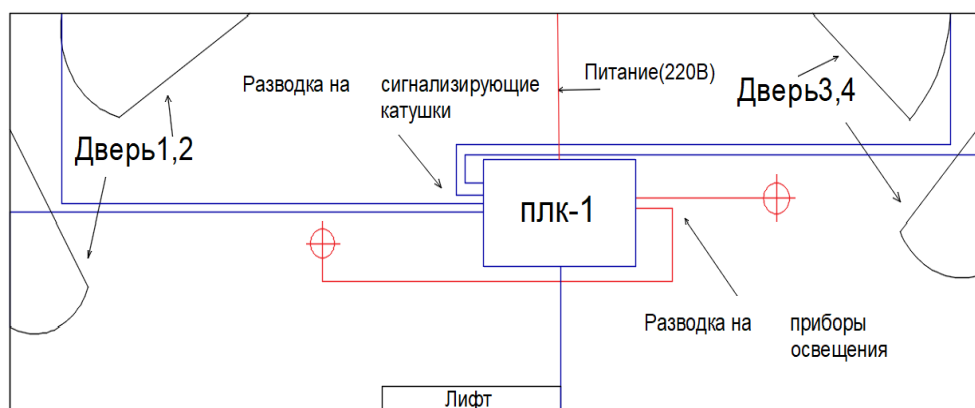


Рис. 2. Система освещения на ПЛК и сигнализирующих катушках

В основе работы системы лежат две катушки (сигнализирующая и питающая), а также вышерассмотренный контроллер. Питающая катушка (ПК) расположена на входной двери квартиры, сигнализирующая (СК) – строго над ней.

Более подробно рассмотрим систему освещения на двух примерах.

1. Выход в зону освещения с квартиры.

Питающая катушка расположена непосредственно на двери, сигнализирующая – максимально близко, но уже на откосе, над ней (рис. 3).

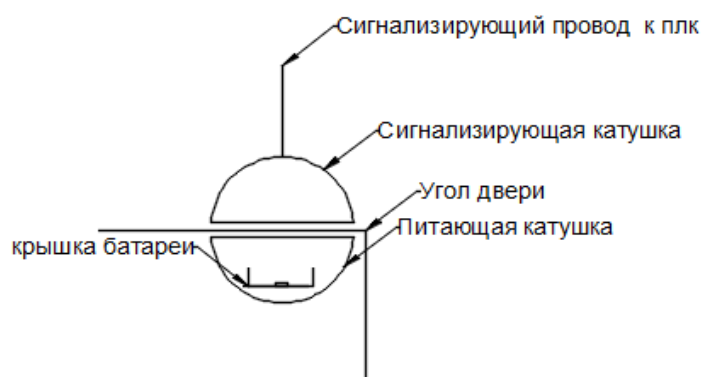


Рис. 3. Схема расположения катушек на входной двери

СК состоит из медной катушки, АКБ и корпуса. Катушка подключена к источнику питания, тем самым возникает электромагнитное поле, которое наводит в сигнализирующей катушке индукционный ток. Этот ток сигнализирует, что дверь закрыта, и свет не нужен.

Индукционный ток – электрический ток, возникающий в замкнутом проводящем контуре при изменении потока магнитной индукции, пронизывающего этот контур [2]. Как только контур разрывается открытием двери, ток пропадает, это сигнализирует ПЛК, включая на заложенное время свет. После закрытия двери свет не гаснет, так как на контроллере можно задать выдержку, которая будет активироваться, как только будет пропадать ток на катушке.

Возникает вопрос, при входе в квартиру свет, хоть он и не нужен, будет загораться? Нет, так как после того как мы входим в подъезд и вызывали лифт, который везет нас на наш не освещенный этаж, начинается компетенция того же датчика, но немного другой конструкции.

2. Выход из лифта – дорога домой.

Расположение катушек изображено на рис. 4. Так как у лифта две пары дверей, внутренняя и внешняя, мы задействуем только 1 из 4 раздвижных дверей. Питающая катушка установлена на внешнюю (лицевую) дверь лифта, с внутренней стороны.

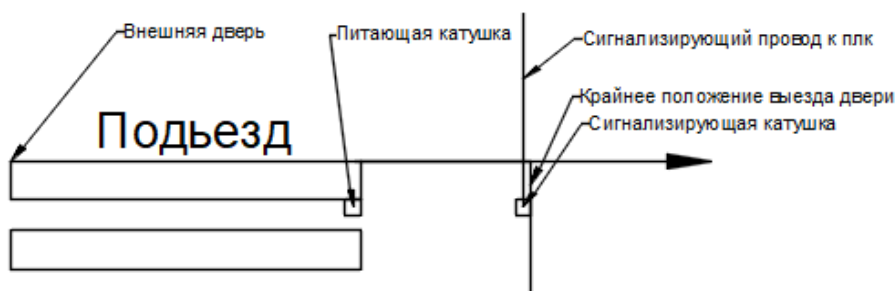


Рис. 4. Схема расположение катушек внутри шахты лифта

Как только дверь откроется и займет свое крайнее положение, в сигнализирующей катушке наведется индукционный ток и ПЛК сигнализируя этот ток, включит свет. Будет запущена выдержка времени, которая позволит спокойно открыть дверь и зайти домой.

В системах управления технологическими объектами логические команды, как правило, преобладают над арифметическими операциями над числами с плавающей точкой, что позволяет при сравнительной простоте микроконтроллера (шины шириной 8 или 16 разрядов), получить мощные системы, действующие в режиме реального времени. В современных ПЛК числовые операции в языках их программирования реализуются наравне с логическими. Все языки программирования ПЛК имеют лёгкий доступ к манипулированию битами в машинных словах, в отличие от большинства высокоуровневых языков программирования современных компьютеров [3]. Таким образом, приведенную систему можно использовать для работы в любом помещении.

В рассмотренной системе освещения имеется целый ряд преимуществ по сравнению с уже используемыми аналогами.

Наверное, самый главный плюс – это возможность задать, например, только темное время суток. А такая избирательность дает нам возможность существенно экономить потребленную электроэнергию. Также не маловажным преимуществом является отсутствие ложных срабатываний, так как в данной системе нет чувствительных органов. Повышается быстродействие, также можно задать избирательность при открытии левой двери загорается ближняя к ней лампа, оставляя дальний конец помещения неосвещенным.

Источники

1. О порядке предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений многоквартирных домов и жилых домов: постановление Правительства Российской Федерации от 1 января 2017 г. № 354.

2. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. М., 2001. Т. 2. 360 с.

3. Программируемый логический контроллер. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ ДРАЙВЕРА СВЕТОДИОДНОЙ ЛАМПЫ GENERAL 7 W НА АКТИВНУЮ ЛИНЕЙНУЮ НАГРУЗКУ

Ленар Назипович Хазиев¹, Эмиль Рафитович Накипов²,
Максим Маратович Халиков³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹1997@mail.ru, ²prodavets-1996@mail.ru, ³89061230131@mail.ru

Рассмотрена возможность подключения драйвера светодиодной лампы к активным линейным нагрузкам для изучения его характеристик. Установлено сохранение работоспособности драйвера при трехкратном снижении величины нагрузки и изменении входного напряжения в пределах от 150 до 260 В.

Ключевые слова: драйвер, активная линейная нагрузка, спад потребляемой мощности, нестабильность светового потока.

RESULTS OF THE GENERAL 7 W LED LAMP DRIVER TEST FOR ACTIVE LINEAR LOAD

Lenar Nazipovich Khaziev, Emil Rafitovich Nakipov, Maxim Maratovich Khalikov

It's considered the possibility of connecting the LED lamp driver to the active linear loads for studying its characteristics. It is established that the driver remains operable with a threefold decrease in the load and the change of the input voltage in the range from 150 to 260 V.

Key words: driver, active linear load, decrease in power consumption, instability of the light flux.

Для дальнейшего выяснения механизма спада светового потока [1–3] необходимо изучение спада потребляемой мощности непосредственно драйверов светодиодных светильников и ламп. Такие сведения в литературе пока отсутствуют. Вместе с тем имеются высказывания некоторых светотехников, что светодиодный драйвер работоспособен только при его нагрузке на светодиодный кластер.

В работе поставлена задача исследовать характеристики драйвера светодиодной лампы GENERAL 7 W при ее нагрузке на активные линейные нагрузки – резисторы разного номинала. Первоначально с использованием прибора TS856 и измерительной установки КГЭУ измерен спад потребляемой мощности и освещенности светодиодной лампы. Для выяснения стабильности светового потока лампы напряжение сети изменяли с помощью автотрансформатора в пределах от 150 до 260 В. Вычисления показали, что при потребляемой мощности светодиодным кластером, равным 6,5 ватт, и напряжении на светодиодном кластере, равном 29 В, расчетное сопротивление светодиодного кластера равно 130 Ом.

В ходе демонтажа рассеивателя светодиодной лампы определили, что напряжение питания на светодиодном кластере в работе равно 29 В, а в холостом режиме 43 В. Далее, отсоединив светодиоды, установили, что потребляемая мощность драйвера в первые 2 минуты наблюдения уменьшается всего на 1,5 % и далее остается неизменной.

Присоединив к выходу драйвера подводящие провода и резисторы номиналом от 150 до 510 Ом получили незначительное изменение выходного напряжения. Это позволило установить, что драйвер представляет собой стабилизатор напряжения, а не тока, и с достаточно высоким коэффициентом стабилизации напряжения (0,5–2,5 %). Следует отметить, что в светодиодных светильниках используют, как правило, драйверы, представляющие собою стабилизаторы тока.

При изменении нагрузки драйвера от 150 до 510 Ом выходное его напряжение возрастает с 27 до 28 В. При этом отклонение выходного напряжения при изменении напряжения сети автотрансформатором незначительное и составляет около $\pm 0,6\%$ / 20 В.

Результаты проведенных исследований являются лишь первыми шагами на пути дальнейшего изучения характеристик драйверов светодиодных осветительных приборов после их включения, особенно светодиодных светильников, являющихся стабилизаторами тока. Эти данные необходимы для повышения точности определения величины спада светового потока непосредственно светодиодного кластера и последующего прогнозирования срока службы светодиодных ламп и светильников.

Источники

1. Тукшаитов Р.Х. О механизме спада светового потока и снижения энергоэффективности светодиодных осветительных приборов после их включения // Межд. науч. конф. «Нигматуллинские чтения – 2018»: тез. докл. Казань, 2018. Т. 2. С. 5–8.

2. Тукшаитов Р.Х. К характеристике закономерности спада светового потока светодиодных ламп разной мощности после их включения // Практическая силовая электроника. 2018. № 2. С. 49-52.

3. Тукшаитов Р.Х., Айхайти Исыхакэфу, Сулейманова И.И. Разработка методики определения величины спада светового потока филаментных ламп на основе ГОСТ Р 54350-2-15 // Инженерный вестник Дона. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2018>.

4. Шириев Р.Р., Тукшаитов Р.Х. Определение характера изменения потребляемой мощности филаментными лампами после их включения // Инженерный вестник Дона. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/15n4y2018>.

УДК 621.3: 644.3

РАЗНОВИДНОСТИ АНТИВАНДАЛЬНЫХ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Павел Николаевич Чаткин¹, Альберт Аббясович Ашрятов²

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск

¹wwiny@mail.ru, ²ashryatov@rambler.ru

Статья посвящена исследованию схемных решений антивандалных светодиодных светильников с целью повышения их «живучести».

Ключевые слова: светодиод, антивандалный светильник, ударопрочный светильник.

VARIETIES OF ANTI-VANDAL LED LAMPS

Pavel Nikolaevich Chatkin, Albert Abbyasovich Ashryatov

The article is devoted to the study of circuit solutions of anti-vandal LED lamps with the aim of increasing their “vitality”.

Key words: led, vandal-proof, luminaire, impact resistant.

Одна из проблем, значительно осложняющая освещение на улицах, в парках, на лестничных площадках – вандализм. Ущерб, наносимый вандалами может быть просто огромным. Данную проблему можно уменьшить, используя осветительные приборы, которые имеют надежную защиту от физических ударов, вскрытия и хищения. Такие светильники часто называют антивандалными. Они имеют специальные крепления, которые защищают светильник от вскрытия, а корпус сделан из прочных материалов [1].

На сегодняшний день существует широкий выбор номенклатуры антивандалных светильников от дешевых до дорогих (см. рисунок).

Исходя из большого ассортимента светильников для удешевления конструкции многие производители используют непрочные материалы. В более дорогих и качественных светильниках зачастую используют покрытия, устойчивые к механическим воздействиям, причем рассеиватель светового прибора может быть установлен под решеткой или выполнен из ударопрочных материалов, способных выдержать падение с высоты нескольких метров или удара молотка.



Разновидности антивандальных светильников

Но все же главной проблемой является схема включения светодиодов. Главным преимуществом вандало-стойких светильников является не только термо- и ударостойкость корпуса [1], но и схемы питания, что в совокупности с энергоэкономичностью и долговечностью светодиодов позволяет сократить затраты на содержание осветительного прибора. Производители не предъявляют информацию о том, как включены светодиоды в антивандальных светильниках, а определить можно только, разобрав осветительный прибор. Задачей является определение оптимального варианта схемы питания светодиодов антивандального светильника, позволяющего обеспечить его функционирование при механическом повреждении в схеме максимального количества единичных светодиодов. Поэтому для решения данной проблемы было проведено компьютерное моделирование схем включения светодиодов, которое позволило оценить влияние схемы включения светодиодов в светильнике на его «живучесть», то есть способность выполнять функции осветительного прибора при частичном разрушении некоторого количества светодиодов светильника.

Источники

1. Антивандальный светильники: особенности, область применения [Электронный ресурс]. URL: <https://upper.com.ua/antivandaln-yiy-svetilniki-osobennosti-oblast-ispolzovaniya/>

2. Антивандальный светильник (варианты): п. м. 79322 Рос. Федерация № 2008117885/22; заявл. 04.05.08; опубл.: 27.12.08, Бюл. № 36.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

Динара Камилевна Чуракова¹, Александр Анатольевич Филин²

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск

¹emerald1992@mail.ru, ²alex.2943@yandex.ru

В статье рассмотрен способ построения кривых изолюкс осветительного прибора с инфракрасным датчиком движения.

Ключевые слова: осветительный прибор, датчик движения, освещенность, кривые изолюкс, светодиод, люксметр.

RESEARCH OF THE LED LIGHT SOURCES OPERATION MODE INFLUENCE ON THE EFFICIENCY OF LIGHTING DEVICE

Dinara Kamilevna Churakova, Alexander Anatolievich Filin

The article describes a method of constructing isolux curves of lighting device with an infrared motion sensor.

Key words: lighting device, motion sensor, illuminance, isolux curves, LED, luxmeter.

Макетный образец осветительного прибора (ОП), конструирование которого приведено в [1], был дополнительно оснащен инфракрасным датчиком движения (ИКДД) «TDM ДДС – 03». ИКДД позволяет автоматически включать и отключать нагрузку в заданном интервале времени при появлении движущихся объектов в зоне обнаружения датчика в зависимости от уровня освещенности.

Основной задачей любого ОП является распределение светового потока от ИС в окружающее пространство, поэтому некоторые светотехнические параметры, в частности освещенность, в зависимости от расположения контрольной точки в пространстве относительно ОП, будут изменяться. Данные по распределению освещенности в пространстве позволяют правильно разместить ОП на освещаемом участке, а также подобрать их необходимое количество источников света, для того чтобы обеспечить требуемый уровень освещенности всего участка.

Для решения данной задачи необходимо воспользоваться кривыми изолюкс. Для этого необходимо измерить уровень освещенности в контрольных точках. Контрольные очки располагались следующим образом: расстояние между ближайшими точками внутри ряда – 20 см, расстояние между соседними рядами точек – 1 м.

Перед измерением значений освещенности был построен план помещения освещаемого участка с соответствующим расположением контрольных точек. Для чистоты измерений эксперимент проводился в темном помещении с низким значением коэффициента отражения стен [2]. Необходимо соблюдать условия, при которых отношение естественной освещенности к искусственной составляет не более 0,1. В качестве такого помещения выступала лаборатория ЦКП «Светотехническая метрология», расположенная в Институте электроники и светотехники НИ МГУ им. Н.П. Огарева. Все измерения проводились после стабилизации светового потока ОП.

Для измерения освещенности использовался люксметр ТКА-ПКМ 08, с дополнительной функцией измерения значений коэффициента пульсации.

По данным эксперимента было выявлено, что с увеличением расстояния между ОП и контрольной точкой освещенность резко падает, что объясняется особенностями перераспределения светового потока вторичной оптикой ландшафтного ОП.

Благодаря качественному ИП, обеспечивающему питание СД постоянным током, коэффициент пульсации на расстоянии 1 м от ОП не превышает 2 %, на больших расстояниях значения пульсации прибор не фиксирует.

Источники

1. О разработке макетного образца ландшафтного светильника / Д.К. Чуракова [и др.] // Матер. XXI науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва: в 3 ч. Саранск, 2017. С. 594–598.

2. Фотометрические измерения [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о методах измерений. URL: <http://www.vnisi.ru/joomla/ru/deyatelnost/fotometricheskieizmerenija> (дата обращения: 25.04.18).

УДК 620.92

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРИДОМОВОЙ ТЕРРИТОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ (ПАТЕНТНЫЙ ПОИСК)

Айдар Ильхамович Шарафутдинов¹, Камиль Хабибович Гильфанов²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹aidar.sharafutdinov1996@yandex.ru, ²kamil.gilfanov@yandex.ru

В данной статье проведен обзорный патентный поиск по разработке автономного освещения придомовой территории с использованием альтернативных источников энергии. Проведен анализ патентоспособности объектов интеллектуальной собственности, их плюсы и минусы.

Ключевые слова: солнечные панели, альтернативная энергетика, ветровая электрическая станция.

THE DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS LIGHTING OF TERRITORY WITH THE USE OF ALTERNATIVE SOURCES OF ENERGY (PATENT SEARCH)

Aidar Ilhamovich Sharafutdinov, Kamil Habibovich Gilfanov

In this article a patent survey search for the development of Autonomous lighting of the local area using alternative energy sources is carried out. The analysis of patentability of intellectual property objects, their pros and cons.

Key words: solar panels, alternative energy, wind power station.

Актуальность данной работы обусловлена возможностью автономного питания электрической энергией и переходом полностью на альтернативную энергетiku.

Данная работа посвящена патентному поиску по разработке автономного освещения придомовой территории с использованием альтернативных источников энергии и способов выработки электрической энергии.

Альтернативная энергетика по многим прогнозам является одной из самых перспективных отраслей возобновляемой энергетики. Количество солнечной энергии, поступающей на Землю, превышает энергию всех мировых запасов нефти, газа, угля и других энергетических ресурсов, в том числе возобновляемых. Использование всего лишь 0,0125 % солнечной энергии могло бы обеспечить все сегодняшние потребности мировой энергетики, а использование 0,5 % – полностью покрыть потребности в будущем. Потенциал солнечной энергии настолько велик, что, по существующим оценкам, солнечной энергии, поступающей на Землю каждую минуту, достаточно для того, чтобы удовлетворить текущие глобальные потребности человечества в энергии в течение года. Интенсивность солнечного излучения в свободном пространстве на удалении, равном среднему расстоянию между Землей и Солнцем, называется солнечной постоянной. Ее величина – 1353 Вт / м^2 . Возьмем, к примеру, Германию – мирового лидера в использовании солнечной энергетики. Киловатт солнечной энергии, которая генерируется (даже в дневные часы, а ведь такая электроэнергия дешевле), выкупается в этой стране по цене от 12 до 17,45 евроцентов за кВт·ч. Поскольку газовые электростанции в Германии по-прежнему строятся, функционируют или

находятся в горячем резерве, солнечные электростанции в этой стране фактически помогают экономить российский газ. Стоимость российского газа на конец 2016 г. – 180 долларов за тысячу кубометров, а к 2013 г. стоимость российского газа составляла 450 долларов за тысячу кубометров, из этих показателей мы видим падение стоимости российского газа в 2,5 раза. Из этого объема газа (КПД генерации 40 %) можно выработать приблизительно 4,32 ГВт электроэнергии к 2013 г. К 2013 г. на 1 кВт · ч электричества выработанного от солнца, российского газа экономилось на сумму в 0,104 доллара или 7,87 евроцента, уже к концу 2016г. при сохранении поставок в тех же объемах экономится значительно меньше: 0,0416 доллара или 3,146 евроцента приблизительно. В настоящее время в Германии солнечная энергетика на 50 % дотируется государством. Политика Германии направлена на снижение зависимости от нефти и газа, одновременно стремительно снижая стоимость генерации электроэнергии от солнца. На территории России с помощью солнечных электростанций (при условии, что КПД солнечных элементов составляет сегодня 16 %) в среднем можно получить $163,2 \text{ Вт} \cdot \text{м}^2$, что делает солнечную энергетiku привлекательной для развития малых и средних мощностей.

Цели данной работы: рассчитать систему электроснабжения для освещения придомовой территории с помощью солнечных преобразователей для г. Казань; правильно подключить солнечные панели и аккумуляторы, для того чтобы получить требуемые показатели напряжения и тока для системы электроснабжения; подобрать управляющее оборудование по расчетным показателям мощности, напряжения и тока; определить стоимость финансовых затрат на материалы и монтаж оборудования.

Патент № 1 РФ 2 504 690 МПК: F03D11/00 (А.А. Перфилов).

Патент относится к ветроэнергетике. Ветровая электростанция на постоянном воздушном потоке включает множество ветроэнергетических установок и аэродинамическую трубу. Каждая ветроэнергетическая установка расположена в подземном туннеле, соединенном с вертикальной аэродинамической трубой большой протяженности, подвешенной к аэростату.

В результате за счет значительного перепада атмосферного давления на концах трубы создается постоянно действующий воздушный поток, а значит и работа электростанции будет без простоев. Подземное

расположение ветроэнергетических установок значительно снижает звуковые и вибрационные воздействия на жилые массивы, что дает возможность расположить электростанцию ближе к потребителю и уменьшить расходы на транспортировку электроэнергии.

Изобретение относится к области возобновляемой энергетики и может быть использовано для преобразования кинетической энергии воздушного потока в механическую и электрическую энергию.

Разумное же человечество уменьшение полезных ископаемых компенсирует поиском альтернативных источников получения энергии.

Патент № 2 РФ № 2194827 МПК: E04D13/18 (Г.А. Ефремов, А.В. Хромушкин, А.В. Смирнов, А.А. Лизунов, А.Н. Лавренов, В.А. Кулаков). Патент относится к устройству кровли зданий и сооружений. Технический результат заключается в создании солнечных батарей, интегрированных в состав несущей кровельной панели таким образом, чтобы по прочности и долговечности соответствовать уровню основного материала кровли. Сущность изобретения заключается в том, что кровельная панель с солнечной батареей включает несущее основание, в том числе, в виде криволинейной поверхности с размещенной на нем солнечной батареей на базе полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей с электрокабелем токосъема. Солнечная батарея размещена на утопленной относительно верхней поверхности основания на глубину до 20 мм плоской площадке и залита до верхней поверхности основания, герметизирующей отверждающей композицией с уровнем пропускания светового излучения не менее 30 % в диапазоне работы солнечной батареи.

Патент № 3 РФ 2 474 768 МПК: F24J2/54 (Ю.Ц. Какваев, А.М. Османова). Патент относится к области использования солнечной энергии и может быть применен в устройствах солнечных батарей, предназначен для теплоснабжения домов, коттеджей, предприятий, зданий сельскохозяйственного и другого назначения. Способ для вращения панелей солнечных батарей включает поступление воды из резервуара в рабочую емкость, давящую на устройство с ограничителями, которое регулирует равномерное понижение емкости, при этом барабан вращается и разворачивает панели солнечных батарей вокруг своей оси. Устройство

для вращения панелей солнечных батарей содержит резервуар с водой со стоком, рабочую емкость, установленную на устройстве с ограничителями, которая связана при помощи троса с барабаном и панелями солнечных батарей. Изобретение должно обеспечить улучшение теплофизических свойств, снижение энергетических затрат, экономичность и простоту изготовления. Изобретение относится к области использования солнечной энергии, и может быть применено в устройствах солнечных батарей и предназначено для теплоснабжения домов, коттеджей, предприятий, зданий сельскохозяйственного и другого назначения. Это перспективное направление новых технологических решений и приоритетное направление развития науки и техники РФ.

Сущность изобретения поясняется схемой устройства для разворота солнечных панелей (см. рисунок).

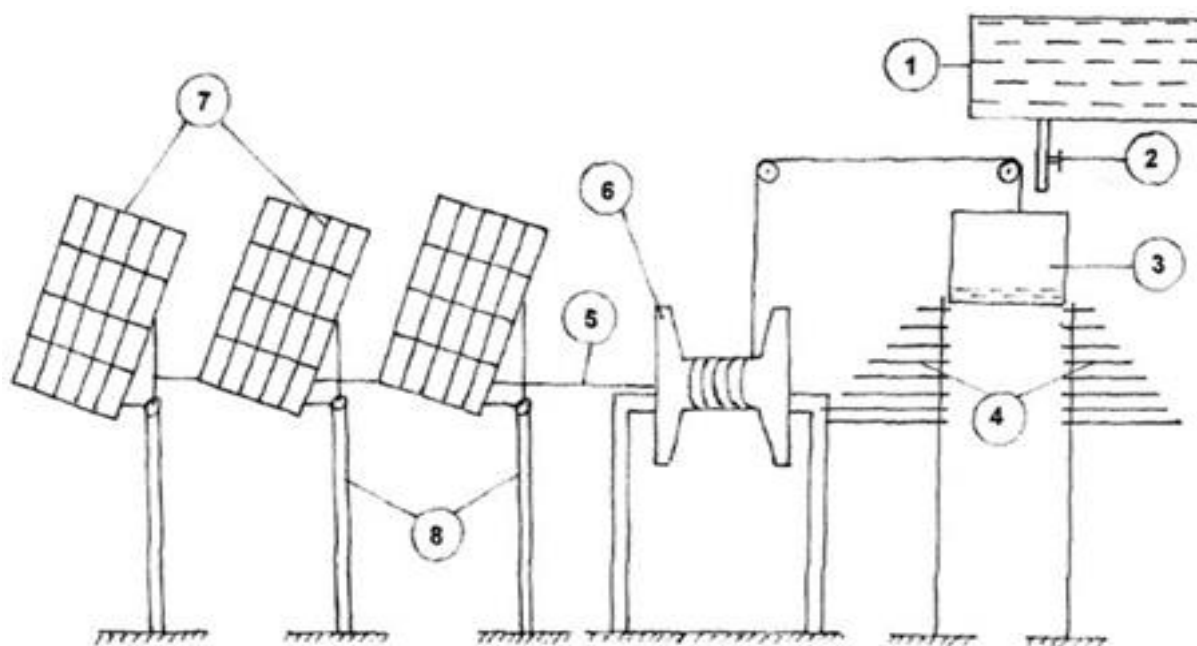


Схема устройства для разворота солнечных панелей: 1 – резервуар с водой; 2 – сток; 3 – рабочая емкость; 4 – устройство с ограничителями; 5 – трос; 6 – вращения; 7 – панели солнечных батарей; 8 – стойки для панелей

Источники

1. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2504690>.
2. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2194827>.
3. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2474768>.
4. URL: <https://khevel.inni.info/solnechnaya-energiya>.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ СПЕКТРА ИЗЛУЧЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Равиль Рафисович Шириев¹, Ильгам Равилович Нигматзанов²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹shrr@list.ru, ²sckoll.hati@yandex.ru

В работе представлены результаты исследования спектральной чувствительности солнечных элементов разных производителей. Учет полученных зависимостей при выборе солнечных элементов позволит повысить эффективность использования солнечных электрических станций в городских условиях.

Ключевые слова: солнечный элемент, солнечная электрическая станция, спектр излучения, источник света.

FEATURES OF THE INFLUENCE OF THE EMISSION SPECTRUM OF THE LIGHT SOURCES ON THE EFFICIENCY OF SOLAR CELLS

Ravil Rafisovich Shiriev, Ilgam Ravilovich Nigmatzanov

The paper presents the results of a study of the spectral sensitivity of solar cells from different manufacturers. Taking into account the obtained dependences in the selection of solar cells will improve the efficiency of solar power plants in urban environments.

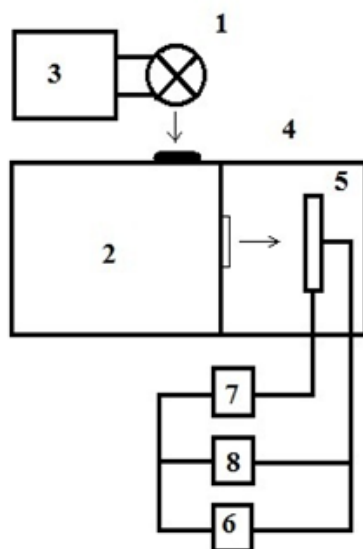
Key words: solar cell, solar power station, radiation spectrum, light source.

Проблема энергосбережения и энергоэффективности на сегодняшний день, несомненно, является одной из самых актуальных проблем во всем мире. Многие государства, в том числе и Российская Федерация, проводят политику, направленную на повышение энергоэффективности отраслей экономики. Альтернативным и весьма перспективным источником электрической энергии является так называемая солнечная батарея, построенная на солнечных элементах полупроводниковой природы [1, 2]. Однако практическое применение солнечных элементов в ночное время суток благодаря конструктивному исполнению и пространственному расположению становится малоэффективным. Так как на сегодняшний день на улицах городов в темное время суток используется огромное количество самых разнообразных электрических источников света и затрачивается на освещение очень большое количество электроэнергии, в данной работе будет осуществлено исследование возможности использования затраченной электроэнергии вторично, с помощью солнечных элементов.

Солнечная батарея является относительно эффективным фотоэлектрическим преобразователем солнечной энергии в электричество. В качестве элементной базы для солнечных батарей общепринято

использовать полупроводниковые структуры на кремневой основе. Солнечная батарея конструктивно представляет собой несколько объединенных фотоэлектрических преобразователей или фотоэлементов, которые способны преобразовать энергию солнечного излучения небосвода в электрическую энергию, то есть в постоянный электрический ток. В полупроводниковом солнечном элементе электродвижущая сила способна генерироваться за счет взаимодействия электрического поля в области контакта *p-n*-перехода с образованными световым потоком свободными носителями электрического заряда, то есть электронами и дырками, которые обладают избытком потенциальной энергии. Таким образом, избыточная потенциальная энергия электрических носителей заряда преобразуется непосредственно в электрическую энергию.

Спектральная чувствительность фотоэлектрического преобразователя, как известно, определяется спектральной зависимостью тока его короткого замыкания, рассчитанного на единицу энергии падающего оптического излучения [3]. Принципиальная схема экспериментальной установки, предназначенной для измерения спектральной чувствительности фотоэлектрического полупроводникового преобразователя, представлена на рисунке. Оптическая часть установки включает в себя электрический источник света, монохроматор, рабочую камеру, исследуемый образец фотоэлектрического преобразователя. Электрическая часть установки включает в себя блоки питания источника света и измерительной цепи, вольтметр и амперметр.



Принципиальная схема экспериментальной установки: 1 – электрический источник света; 2 – монохроматор; 3 – блок питания источника света; 4 – рабочая камера; 5 – исследуемый образец; 6 – источник питания измерительной цепи; 7 – амперметр; 8 – вольтметр

В ходе работы были проведены исследования зависимости влияния на эффективности солнечных элементов от спектра излучения различных электрических источников света.

Источники

1. Пути повышения эффективности солнечных элементов / С.З. Зайнабидинов [и др.] // Молодой ученый. 2015. № 9. С. 53–56.
2. Шатковскис Э., Аномальное увеличение коэффициента заполнения вольтамперной характеристики в коротковолновой области солнечного спектра у кремниевого фотоэлемента, содержащего структуру из пористого кремния / Э. Шатковскис [и др.] // Письма в ЖТФ. 2013. Т. 39, вып. 21. С. 23–29.
3. Колтун М.М. Оптика и метрология солнечных элементов. М.: Наука, 1985. 280 С.

УДК 631.53.027.34:621.384.2

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО ОБЛУЧЕНИЯ МЕРИСТЕМНЫХ РАСТЕНИЙ

Сергей Иосифович Юран¹, Ирина Андреевна Баранова², Андрей Иванович Батурин³

ФГБОУ ВО «ИГСХА», г. Ижевск

¹yuran-49@yandex.ru, ²zykina_i@mail.ru, ³baturin.ru@mail.ru

Приведена, разработанная авторами, автоматическая система управления параметрами облучения меристемных растений на базе программируемого логического контроллера (ПЛК) фирмы OWEN ПЛК 63.

Ключевые слова: программируемый логический контроллер (ПЛК), светодиодная облучательная установка, комбинированный режим облучения.

THE AUTOMATIC SYSTEM FOR COMBINED IRRADIATION OF MERISTEM PLANTS

Sergey Iosifovich Yuran, Irina Andreevna Baranova, Andrey Ivanovich Baturin

The authors developed and reviewed in this article an automatic system for controlling the parameters of irradiation of meristem plants using the programmable logic controller of the firm OWEN PLC 63.

Key words: programmable logic controller, LED irradiation system, combined mode of irradiation.

Производство продукции в условиях тепличных комплексов требует создания технологий, позволяющих обеспечивать повышение продуктивности производства. Разработана энергосберегающая, экологически

чистая система облучения растений, состоящая из светодиодных светильников с разными по спектральной плотности излучения светодиодами, которая предусматривает подачу световых импульсов в световую стадию фотосинтеза. В темновой период фотосинтеза светодиоды отключаются [3]. Такой режим работы обусловлен особенностями фотосинтеза зеленого листа. Светодиодные источники излучения не содержат ртутьсодержащих веществ, поэтому они не представляют опасности в случае их разрушения [2]. При этом частые включения этих источников не влияют на срок их эксплуатации в отличие от разрядных ламп [1].

Для реализации комбинированного режима облучения разработана автоматическая система импульсного облучения растений на базе программируемого логического контроллера (ПЛК) фирмы OWEN ПЛК 63. В программу заложен алгоритм, обеспечивающий оптимальный режим работы облучательной установки с возможностью регулирования спектрального состава, частоты, длительности импульсов и длительности непрерывной фазы облучения. Спектральный состав формируемых микроконтроллером импульсов и их параметры зависят от вида растений.

Разработанная энергоэкономичная светодиодная облучательная установка с комбинированным режимом облучения позволяет снизить расход электрической энергии на цели облучения при повышении продуктивности меристемных растений.

Источники

1. Обоснование применения комбинированного режима облучения растений, учитывающего особенности процесса фотосинтеза / Н.П. Кондратьева [и др.] // Автотехника и энергообеспечение. 2016. № 3(12). С. 5–16.

2. Разработка системы автоматического управления электрооборудованием для реализации энергосберегающих электротехнологий / Н.П. Кондратьева [и др.] // Вестник НГИЭИ. 2018. № 6(85). С. 36-49.

3. Корж Б.В. Использование коротких серий импульсного освещения для изучения процесса фотосинтеза дыхания растений на свету: дис. ... канд. биол. наук. Л., 1976. 134 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ТЭК И ЖКХ

<i>Галиева Э.И., Смирнова С.В.</i> Анализ методов и средств измерения газов в ЖКХ.....	3
<i>Гасанов М.Г., Гусейнов А.М., Имангулиев А.М., Заманова Н.Д., Гаджиева К.Р.</i> Моделирование волновых процессов в пьезоэлектрических преобразователях с распределенными параметрами.....	8
<i>Гатауллин Д.И., Вилданов Р.Р.</i> Автоматизированные системы учёта энергии в системах теплоснабжения	20
<i>Иванов А.А., Андреев Н.К.</i> Способ оперативного контроля состояния металлорежущих станков с ЧПУ	22
<i>Иванов А.А., Андреев Н.К.</i> Устройство для повышения точности работы привода подачи металлорежущего станка.....	23
<i>Клюкин И.В., Андреев Н.К.</i> Анализ требований, предъявляемых к малогабаритному акустическому локатору	25
<i>Конев А.Е., Андреев Н.К.</i> Анализ системы управления электроприводом пассажирского лифта.....	26
<i>Мамонтова М.А., Будникова И.К.</i> 3D-моделирование датчиков технологических параметров.....	28
<i>Овсеенко Г.А., Погодицкий О.В.</i> Анализ мостовых измерительных схем.....	31
<i>Солдатова Е.С.</i> Синтез водорода фотокаталитическим способом.....	35
<i>Сунцов И.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В.</i> Жидкофазные и твердотельные компоненты в смеси углеводородов.....	40
<i>Тарасова В.В., Тарасов В.А., Калинин А.Г., Афанасьев В.В., Ковалев В.Г.</i> Разработка алгоритма адаптивного управления теплоснабжением автоматизированным тепловым пунктом	43
<i>Терентьев С.А.</i> Система управления тренажера, обеспечивающая динамическое подобие технической системы	54
<i>Хабиева А.Р., Закирова И.Р., Вилданов Р.Р.</i> Использование автоматизированных систем в энергетике жилищно-коммунального хозяйства	55

Секция 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК И ЖКХ

<i>Алиев Х.С., Оруджев А.О., Кулиев М.М. Исмаилова Р.С., Каграманова И.Г.</i> Влияние обработки компонентов в разряде на теплопроводность композитов полимер-нитрид-карбид металлов.....	58
<i>Артыкаева Э.М.</i> Совершенствование системы электропривода штанговых скважинных насосных установок.....	68
<i>Афанасьев А.Ю., Петров А.А.</i> Обмотка двойного питания при двенадцати пазах статора асинхронного электродвигателя для питания электронасосных агрегатов.....	75

<i>Ахмедова Т.А.</i> Определение индуктивности и переходных процессов в датчике расстояний со сплошным магнитопроводом.....	80
<i>Байков Д.В., Федотов Ю.Б., Нестеров С.А.</i> Имитационное моделирование асинхронного электропривода на базе матричного преобразователя частоты.....	92
<i>Бодылев А.С., Шакиров Р.Р., Султанов Р.Р.</i> Исследование электромагнитной совместимости частотно-регулируемого электропривода буровой установки.....	96
<i>Варенов А.А, Нафикова А.А.</i> Анализ релейной системы регулирования напряжения генератора	101
<i>Гарипов И.Н., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Повышение эффективности частотно-регулируемого электропривода насосно-компрессорной установки НКДУ-30	103
<i>Горячев М.П., Садыков М.Ф., Иванов Д.А., Галиева Т.Г.</i> Система оперативного мониторинга технического состояния воздушных линий электропередач	104
<i>Грачева Е.И., Наумов О.В.</i> Вероятностные характеристики надежности автоматических выключателей управления и защиты.....	109
<i>Гусейнов Т.К.</i> Вибрационно-амплитудный датчик плотности.....	115
<i>Денисова А.Р., Хайруллина Д.Р.</i> Определение основных светотехнических характеристик Led-ламп	121
<i>Десяев С.С., Карасёв А.В.</i> Аккумуляторные батареи в составе системы электросети питания жилого дома	126
<i>Муравьева Е.А., Еникеева Э.Р.</i> Применение частотно-регулируемого электропривода для разработки модели проливного динамического стенда.....	131
<i>Иванова В.Р., Новокрещенов В.В.</i> Исследование функциональных возможностей систем релейной защиты и автоматики для применения их в интеллектуальных энергосистемах с активно-адаптивной сетью.....	138
<i>Ильмухин Ш.Х., Воробьева М.А., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Компьютерная программа для расчета элементов вентиляционной системы на примере МБОУ «Школа № 9» г. Казани	140
<i>Карасев А.В.</i> Исследование преобразователя тока солнечной батареи в среде моделирования PSIM	142
<i>Тьи К.Н., Ван Т.Ч., Кашаев Р.С.</i> Определение параметров скважинной жидкости проточным ПМР-анализатором	147
<i>Кислицын А.Л., Дунаев Д.И.</i> Исследование влияния емкостей конденсаторов на процесс торможения асинхронных вибродвигателей	150
<i>Константинов А.К., Салимов А.О.</i> Проблемы электромеханической совместимости в частотно-регулируемых электроприводах	158
<i>Лукин К.О., Кривошеев С.В.</i> Экспериментальное определение механической характеристики асинхронного двигателя стробоскопическим методом на примере гиromотора.....	162

<i>Львова Т.Н.</i> Блочно-модульные принципы комплектования электроприводов.....	169
<i>Маджид А.А., Корнилов В.Ю.</i> Повышение энергоэффективности электротехнической системы погружных центробежных насосов на нефтяном месторождении румайла (Ирак) путем внедрения фильтрокомпенсирующих устройств в стационарную структуру электроснабжения.....	171
<i>Малёв Н.А., Малочкин Я.А.</i> Синтез дискретного ких-фильтра методом Паркса-Макклеллана программными средствами MatLab FDAtool	172
<i>Местников Н.П., Нуруллин Э.Г.</i> Разработка децентрализованной системы электроснабжения для объектов сельского хозяйства федерального проекта «дальневосточный гектар» с использованием гибридных станций.....	177
<i>Мисбахов Р.Ш., Федотов А.И., Бахтеев К.Р.</i> Ограничение глубины провалов напряжения путем использования накопителей электроэнергии.....	182
<i>Назмутдинов Б.А, Малёв Н.А.</i> Расчет и моделирование двигателя последовательного возбуждения при гиперболическом характере нагрузки.....	188
<i>Тиен Н., Гильфанов К.Х.</i> Тепловой CFD расчет силового трансформатора ТМ-160/10	193
<i>Погодицкий О.В., Малёв Н.А.</i> Синтез цифровых фильтров высоких порядков.....	197
<i>Рахимов Д.И., Малёв Н.А.</i> Особенности синтеза самонастраивающейся системы управления электропривода с эталонной моделью по градиентному алгоритму.....	205
<i>Роженцова Н.В., Иванова В.Р., Купоросов А.В.</i> Разработка учебно-лабораторного стенда «Автоматизированная система вентиляции».....	209
<i>Рыбушкин Н.А., Афанасьев А.Ю.</i> Гибридная силовая установка транспортного средства.....	210
<i>Сафина Э.М.</i> Модернизация релейной защиты и электрооборудования буровой установки	217
<i>Солдатов А.Ю., Солдатова Е.С., Крыгин А.С.</i> Определение переходного контактного сопротивления методом термоэдс	222
<i>Сунцов И.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В.</i> Проточный анализатор органических жидкостей методом протонного магнитного резонанса...	227
<i>Ван Т.Ч., Тьн К.Н., Кашаев Р.С.</i> Определение загрязненности воды проточным ПМР-анализатором.....	231
<i>Харисова Л.А., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Повышение эффективности работы частотно-регулируемого электропривода станка-качалки на нефтяном месторождении.....	236
<i>Хусаенов А.Р., Кашаев Р.С., Козелков О.В.</i> Особенности применения тиристорного преобразователя для регулирования частоты вращения ротора электродвигателя, управляющего насосом бурового станка, по данным измерений вязкости бурового раствора.....	238

<i>Хусаинов Р.Р., Яфизов Р.Р., Гильфанов К.Х., Ильясов И.Р.</i> Исследование влияния пористости фильтров, применяемых в топливно-энергетическом комплексе, на значение перепада давления.....	241
<i>Юсупов Ф.Ф., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Повышение эффективности частотно-регулируемого электропривода тягодутьевой машины ДН-8 11/1000.....	246
<i>Якунин А.Н.</i> Опыт практической комплектации станции управления станка-качалки преобразователем частоты.....	247

Секция 3. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЭК И ЖКХ

<i>Афанасьев А.Ю., Морозов Д.С.</i> Нанотехнологии – будущее ТЭК и ЖКХ.....	255
<i>Варенов А.А., Титова А.О.</i> Управление тепловыми процессами	262
<i>Варфоломеева О.И., Хворенков Д.А., Попов Д.Н.</i> Расчетно-экспериментальное определение причин отравления угарным газом в частном жилом доме при эксплуатации газоиспользующего оборудования.....	264
<i>Власов Р.В., Андреев Н.К.</i> Сравнительный анализ эффективности средств обогрева помещения: обогреватель (конвектор), радиатор, теплые полы.....	271
<i>Губаев Т.О., Филимонова Т.К.</i> Разработка мобильного приложения для потребителей услуг ЖКХ.....	277
<i>Евстафьева А.А.</i> Разработка метода развития электроснабжения на металлургических производствах	280
<i>Закирова И.А., Чичирова Н.Д.</i> Продление ресурса существующей тепловой изоляции систем централизованного теплоснабжения.....	282
<i>Киямов И.К., Вахитова Р.И., Сарачева Д.А., Мазанкина Д.В.</i> Теплоизоляция для тепло- и нефтетрубопроводов с применением наноматериалов.....	288
<i>Мамедов Ш.Г., Абдуллаева С.Д., Абдуллаева Г.К., Ширинова А.Я., Алиева С.Х.</i> Исследование теплоотдачи при движении н-гептана в трубе при сверхкритических давлениях	292
<i>Ростунцова И.А., Шамов Д.А.</i> Оценка эффективности комбинирования схем технического водоснабжения АЭС.....	301
<i>Сафиуллин М.И., Бурганов Р.А.</i> Влияние цифровых технологий на формирование модели поведения домашних хозяйств в сфере энергосбережения	309
<i>Сурикова А.Н.</i> Применение установки по выпариванию влаги из нефтепродуктов для решения вопросов рационального использования природных ресурсов.....	311
<i>Хасанова Г.Г., Филимонова Т.К., Ильин В.К.</i> Разработка программного комплекса для расчета теплопотерь.....	316

Секция 4. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

<i>Баширова А.Г.</i> Обучение студентов и аспирантов технических специальностей основам интеллектуальной собственности.....	319
<i>Будникова И.К.</i> Особенности формирования профессиональной компетентности в инженерном образовании.....	326
<i>Вассунова Ю.Ю., Гарифуллина Н.А.</i> Возможности использования электронно-образовательных ресурсов в инженерном образовании.....	332
<i>Гайнутдинова Д.Ф.</i> Формирование компетенций в информационно-образовательной среде Moodle.....	338
<i>Гибадуллина Х.В.</i> Основные аспекты химического образования в техническом вузе.....	340
<i>Дружинина И.А., Ананьева М.В., Жуков Т.С., Огнева Л.Д.</i> К вопросу о роли формирования экологической культуры в решении задач инженерной защиты окружающей среды через переработку отходов ЖКХ.....	346
<i>Забелина Т.Г., Матушанский Г.У.</i> Реализация программы дополнительной подготовки участников конкурса Worldskills International по ювелирному делу	353
<i>Завада Г.В., Романова Л.М.</i> Изучение уровня и особенностей самоактуализации студентов первого курса.....	358
<i>Загряева С.И., Куценко С.М.</i> Разработка концепции и дизайна интернет-магазина предприятия	363
<i>Леценко И.А.</i> Практика модернизации системы среднего профессионального образования.....	368
<i>Малацион С.Ф., Куценко С.М.</i> Перспективы реализации проектного обучения в Казанском государственном энергетическом университете	373
<i>Мамонова А.О., Хуснутдинова Э.М.</i> Энергосберегающие технологии в структуре ЖКХ: отечественный и зарубежный уровень.....	379
<i>Нуриахметова Ф.М.</i> Роль и значение гуманитарных наук в системе инженерного образования.....	384
<i>Сайфутдинова Г.Б.</i> История энергетической системы региона в музейной экспозиции (музей Казанского энергетического университета)	391
<i>Сидоров А.Е., Литвиненко М.С., Трутнева Е.В.</i> Подход к оптимизации потерь в распределительных сетях низкого напряжения при географической непривязанности приемников электрической энергии	395
<i>Сироткина Л.В.</i> Использование образовательных технологий в процессе обучения студентов электроэнергетического профиля	399
<i>Слесаренко З.Р.</i> Специфика межкультурных коммуникаций в инженерном образовании.....	405
<i>Федорова Ж.В.</i> Место философии в системе инженерно-технической рациональности	408

<i>Хуторова Л.М.</i> Формирование патриотических установок личности студентов в ходе реализации рабочей программы по дисциплине «История» в техническом вузе	414
<i>Юсупова И.В.</i> К вопросу о развитии агломераций в Республике Татарстан.....	419
<i>Юсупова И.В.</i> Вопросы сглаживания диспропорций в развитии регионов Российской Федерации мерами селективного подхода к реализации региональной политики	424

Секция 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И СВЕТОТЕХНИКА

<i>Ахметвалеева Л.В., Галимов Г.З.</i> Создание отладочных плат для проектирования и исследования микроконтроллерных устройств.....	431
<i>Ахметов Р.Р., Рыбакова А.И., Новосельский В.Г.</i> Использование имитационных s-моделей в среде MatLab для изучения и исследования системы электроснабжения летательных аппаратов	434
<i>Белов В.В., Свешников А.Г.</i> Исследование уровня естественного освещения для растений.....	436
<i>Борисов А.Н., Шириев Р.Р.</i> О способе повышения световой эффективности светодиодного источника света	437
<i>Голенищев-Кутузов В.А., Голенищев-Кутузов А.В., Иванов Д.А., Семенников А.В., Марданов Г.Д.</i> Комбинированный метод дистанционной диагностики состояния высоковольтных изоляторов	440
<i>Денисова Н.В., Гиниятуллина А.Р.</i> Особенности моделирования осветительной установки зданий в различных САПР	443
<i>Елизаров В.Н.</i> К вопросу выбора аппаратных средств для лаборатории промышленной автоматизации.....	445
<i>Железникова О.Е., Кокинов А.М., Михалькова А.Н.</i> Оценка эффективности осветительных установок со светодиодами первого поколения.....	451
<i>Железникова О.Е., Прытков С.В.</i> Определени способа перехода между системами фотометрирования.....	462
<i>Иванова В.Р., Исыхакэфу А., Гагулин А.В.</i> Определение закономерности изменения потребляемой мощности типовых светодиодных ламп разных фирм после их включения	472
<i>Кириллова Е.Д., Микаева С.А.</i> О негативных характеристиках компактных люминесцентных ламп «Nethaus».....	474
<i>Кондратьева Н.П., Корепанов Р.И., Батулин А.И.</i> Энерго- и ресурсосберегающие облучательные установки для растений «Invitro»	476
<i>Макарова Н.В., Аирятов А.А.</i> О целесообразности создания отечественного переносного измерительного комплекса для оценки качества малогабаритных источников света.....	478

<i>Морозов М.В., Евстратов Р.С., Нечаев А.И.</i> Ускорение заряда никель-кадмиевых аккумуляторов за счет синтеза никелевых наноструктурированных микроволокон	479
<i>Новосельский В.Г., Ахметов Р.Р., Рыбакова А.И.</i> О предельных достигнутых параметрах светодиодных осветительных приборов и их применении в авиации	482
<i>Садыков М.Ф., Шириев Р.Р., Иванов Д.А., Галиева Т.Г.</i> Проектирование интеллектуальной системы управления освещением для животноводческого помещения	484
<i>Свешников А.Г., Белов В.В.</i> Исследование земляного аккумулятора в качестве альтернативного источника энергии.....	492
<i>Тукшаитов Р.Х., Шириев Р.Р.</i> Проблема подготовки кадров высшей квалификации в светотехнике и некоторых других областях знаний	498
<i>Тукшаитов Р.Х.</i> О типовых ошибках, тиражируемых в технических характеристиках светодиодных светильников ведущих фирм страны	500
<i>Тукшаитов Р.Х., Исаев И.В.</i> Сравнительный анализ технических характеристик светодиодных светильников ряда ведущих фирм страны.....	504
<i>Фетисов Л.В., Маврин Д.Г.</i> Оптимизация системы освещения общих внутридомовых помещений с использованием программируемых логических контроллеров.....	506
<i>Хазиев Л.Н., Накипов Э.Р., Халиков М.М.</i> Результаты испытания драйвера светодиодной лампы General 7 W на активную линейную нагрузку.....	511
<i>Чаткин П.Н., Ашрятов А.А.</i> Разновидности антивандальных светодиодных светильников	513
<i>Чуракова Д.К., Филин А.А.</i> Исследование влияния режима работы светодиодных источников света на эффективность осветительного прибора.....	515
<i>Шарафутдинов А.И., Гильфанов К.Х.</i> Разработка автономного освещения придомовой территории с использованием альтернативных источников энергии (патентный поиск).....	516
<i>Шириев Р.Р., Нигматзанов И.Р.</i> Особенности влияния спектра излучения источников света на эффективность солнечных элементов ...	521
<i>Юран С.И., Баранова И.А., Батулин А.И.</i> Автоматическая система для комбинированного облужения меристемных растений	523

Научное издание

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Материалы
IV Национальной научно-практической конференции

6–7 декабря 2018 г.

В двух томах

Том 1

Корректоры: М.М. Надыршина, С.Н. Чемоданова
Компьютерная верстка: И.В. Краснова, Т.И. Лунченкова
Дизайн обложки Ю.Ф. Мухаметшина

Подписано в печать 04.12.18.

Формат 60×84/16. Бумага ВХИ. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.
Усл. печ. л. 30,92. Уч.-изд. л. 24,05. Тираж 45. Заказ № 5134.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51