

**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель директора по научной  
работе ОИВТ РАН, к.ф.-м.н.

А.В. Гавриков

2019 г.



## **ОТЗЫВ**

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения  
науки Объединенный институт высоких температур  
Российской академии наук (ОИВТ РАН)  
на диссертационную работу Звонаревой Юлии Николаевны  
**«Влияние поэтапного внедрения АИТП на гидравлическую устойчивость и  
эффективность систем теплоснабжения»**,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы

На отзыв представлена диссертационная работа, состоящая из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 178 страницах машинописного текста, включая 43 рисунка и 18 таблиц.

### **Актуальность темы выполненной работы**

Федеральным законом №417 от 07.12.2011 г. с 2022 года предусмотрен перевод всех открытых систем теплоснабжения РФ на закрытую схему. Поставленная ФЗ №417 цель влечет за собой решение многих научно-технических задач. Одна из задач – переход к автоматизированным индивидуальным тепловым пунктам (АИТП) и постепенная ликвидация центральных тепловых пунктов (ЦТП). При этом функции подготовки горячей воды переносятся на индивидуальные тепловые пункты.

Гидравлическая взаимосвязь элементов системы при ее частичной модернизации приводит к нарушению расчетного гидравлического режима работы системы, что оказывает отрицательное влияние на надежность теплоснабжения и снижает эффективность работы теплоисточников и системы в целом. Исследованию изменений гидравлических характеристик системы теплоснабжения при частичном переводе тепловой нагрузки на АИТП и посвящена диссертационная работа, что определяет ее актуальность.

### **Общая характеристика работы**

Во введении обоснована актуальность исследований, научная и практическая значимость полученных результатов, изложены основные положения, выносимые на защиту, приведена краткая характеристика работы.

**В первой главе** диссертационной работы дано определение понятий «центральный» и «индивидуальный тепловой пункт», приведены наиболее часто используемые при эксплуатации систем теплоснабжения схемы присоединения абонентских узлов к тепловым сетям. Рассмотрены преимущества индивидуальных тепловых пунктов по сравнению с центральными тепловыми пунктами. Дан анализ существующих способов и методов регулирования тепловой энергии в точках подключения потребителей. Особое внимание уделено задачам обеспечения потребителей требуемым количеством тепла.

**Во второй главе** диссертационной работы приведен анализ методов гидравлических расчетов тепловых сетей.

На основе программного комплекса «ZuluThermo» смоделирована система теплоснабжения типичного жилого квартала г. Казань. С помощью созданной модели оценено влияние поэтапного внедрения АИТП на тепловой и гидравлический режимы работы тепловой сети с учетом колебаний температуры наружного воздуха и соответствующего изменения параметров теплоносителя. Для проведения расчетов разработана компьютерная программа, позволяющая определять зависимости коэффициента гидравлического сопротивления для всех типоразмеров стальных трубопроводов от длины прямого участка тепловой сети.

Проведен анализ влияния поэтапного внедрения индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) на теплоснабжение потребителей, подключенных по элеваторной схеме без автоматического регулирования. Установлено что, чем меньше неавтоматизированных ИТП, тем больше разница между фактическими и нормативными значениями теплопотребления подключенных к ИТП абонентов. Анализ влияния поэтапного внедрения АИТП на гидравлику системы теплоснабжения показал, что внедрение АИТП у абонентов с суммарной тепловой нагрузкой, составляющей от 30 до 75% общей тепловой нагрузки, требует увеличения располагаемого давления теплоносителя на выходе из ЦТП.

Сделан вывод о том, что для обеспечения нормативных параметров теплоносителя суммарная тепловая нагрузка потребителей, оснащенных АИТП, должна превышать 75% общей тепловой нагрузки.

**В третьей главе** представлены результаты проведенных лабораторных и натурных исследований эффективности поэтапного внедрения АИТП в системах теплоснабжения. Получена зависимость, отражающая влияние доли оснащённости потребителей АИТП на показатели эффективности работы системы теплоснабжения. На основе полученных результатов разработан алгоритм расчета потенциала энергосбережения систем коммунального теплоснабжения.

**В четвертой главе** приведены результаты оценки экономической эффективности мероприятий по оснащению АИТП потребителей.

Приведена разработанная методика расчета комплексной оценки энергоэффективности теплопотребления закрытых систем коммунального теплоснабжения для определения потенциала энергосбережения и оценки коммерческой эффективности работы систем централизованного теплоснабжения при внедрении АИТП.

**В заключении** изложены основные результаты диссертационной работы и перспективы дальнейших исследований.

**В приложениях** приведены акты использования и внедрения результатов исследований, свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и используемые справочные таблицы.

Материал диссертации изложен последовательно, в доказательном ключе, с привлечением большого числа иллюстраций. Результаты диссертации отражены в рецензируемых научных изданиях в полном соответствии с требованиями Положения ВАК о присуждении ученых степеней.

### **Значимость результатов для развития соответствующей отрасли науки, научная новизна**

Полученные диссертантом результаты являются реальным вкладом в развитие вопросов повышения эффективности систем теплоснабжения при их модернизации.

Для организаций и специалистов, работающих в области повышения эффективности систем теплоснабжения, теоретическую и практическую значимость представляют следующие результаты диссертационного исследования, характеризующие также его научную новизну:

1. Определена зависимость показателей эффективности систем теплоснабжения от числа абонентов, оснащенных АИТП.

2. Усовершенствована методика расчета гидравлических режимов работы систем теплоснабжения с учетом определения их гидравлической устойчивости при поэтапном внедрении АИТП.

3. Разработана методика определения влияния внедрения АИТП на финансово-экономические и инвестиционные показатели работы энергетических систем с учетом оптимизации работы всей системы теплоснабжения.

Практическая значимость диссертационной работы определяется тем, что разработанный в результате диссертационного исследования подход позволяет провести анализ технической эффективности работы систем теплоснабжения после внедрения энергосберегающих мероприятий по установке АИТП и оценить экономическую эффективность от принятия технических решений.

Созданная методика может быть использована управляющими, теплогенерирующими и транспортирующими теплоноситель компаниями для принятия взвешенных технических решений о целесообразности участия в реализации проектов по оснащению АИТП потребителей тепловой энергии, находящихся на их балансе.

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Достоверность результатов работы обеспечивается применением современных методов экспериментальных исследований, сопоставимостью полученных данных с результатами других авторов, практической проверкой эффективности предложенных решений на действующих энергетических системах.

Основные положения диссертационной работы представлены на следующих конференциях: XIV Международной научно-технической конференции «Совершенствование энергетических систем и теплоэнергетических комплексов» (Саратов, 2018 г.), Международной научно-практической конференции «Водно-энергетический форум-2018» (Казань, 2018 г.), XV-XVIII Международных симпозиумах «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение в Республике Татарстан» (Казань, 2015-2018 г.г.), X, XII, XIII Международных научно-технических конференциях «Энергия» (Иваново, 2015-2018 г.г.), VII Международной научно-технической конференции «Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике и промышленности» (Ульяновск, 2017 г.), XIII Международной научно-технической конференции «Радиоэлектроника, Электротехника и Энергетика» (Москва, 2017 г.), III Международной научно-практической конференции «Стратегия развития инвестиционно-строительного и жилищно-коммунального комплексов в условиях саморегулирования» (Казань, 2015 г.).

По материалам исследований опубликовано 27 печатных работ, в т.ч. 3 статьи в журналах, индексируемых в реферативных базах Scopus и Web of Science, 3 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК.

#### **Соответствие паспорту специальности 05.14.01**

Диссертационная работа и автореферат соответствуют паспорту специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы по следующим пунктам:

п. 3 – использование на этапе проектирования и в период эксплуатации методов математического моделирования с целью исследования и оптимизации структуры и параметров энергетических систем и комплексов, и происходящих в системах энергетических процессов;

п. 5 – разработка и исследование в области энергосбережения и ресурсосбережения при производстве тепловой и электрической энергии, при транспортировке теплоты и энергоносителей в энергетических системах и комплексах;

п. 6 – исследование влияния технических решений, принимаемых при создании и эксплуатации энергетических систем и комплексов, на их финансово-экономические и инвестиционные показатели, региональную экономику и экономику природопользования.

Соответствие содержания диссертационной работы специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы, по которой она представляется к защите, подтверждается апробацией работы, ее научной новизной и практической значимостью.

#### **Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов**

Полученные в результате диссертационного исследования зависимости могут использоваться организациями, занимающимися разработкой

предпроектной документации, для принятия решения о реализации мероприятий по оснащению потребителей АИТП.

Разработанная в результате проведенного исследования методика позволяет заранее оценить средневзвешенную величину прогнозной экономии при различной доле оснащенности потребителей АИТП.

### **Вопросы и замечания по диссертационной работе**

1. В разделе 1.1. «Эффективность индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) по сравнению с центральными (ЦТП)» не приведено прямого сравнения эффективности ИТП с ЦТП.

2. Утверждение о простоте обслуживания и снижении эксплуатационных расходов схем с АИТП не совсем корректно – эксплуатация 1 ЦТП существенно проще и дешевле по сравнению с 10 – 15 ИТП.

3. В Главе 3 приведена динамика разрегулированности СЦТ по мере внедрения АИТП. Согласно проведенным расчетам, разрегулированность системы в целом снижается после оснащения АИТП 50% абонентов и достигает оптимального состояния при оснащении 100% потребителей. При этом не дается оценка степени разрегулированности отдельных потребителей, остающихся без систем автоматического регулирования. Эмпирически можно сделать вывод, что при доле неавтоматизированных абонентов менее 15% их индивидуальная разрегулированность будет очень значительной.

4. Стр. 93 и далее по тексту Раздела 4. Смешаны мероприятия: «Переход от открытой схемы водоразбора в системах централизованного теплоснабжения на закрытую», «переход с зависимой схемы подключения отопительных нагрузок на независимую», «замена ЦТП на ИТП», «внедрение учета тепловой энергии». Это привело к искажению результатов расчетов и выводов.

5. Наличие локальных минимума и максимума на графике «Показатели эффективности работы СЦТ в зависимости от процентной оснащенности потребителей АИТП» (рис. 8 автореферата требует пояснений).

6. По тексту диссертации имеется значительное количество опечаток и синтаксических ошибок.

Вышеуказанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общую положительную оценку о диссертационной работе.

### **Заключение по диссертационной работе**

Поставленные задачи в диссертационной работе раскрыты достаточно полно и последовательно, выводы и рекомендации обоснованы. Научные результаты, полученные автором, имеют существенное значение для практической деятельности. Автореферат полностью отражает содержание диссертации и соответствует требованиям ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация Звонаревой Ю.Н. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным пунктом 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор,

Звонарева Юлия Николаевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы.

Диссертация Звонаревой Ю.Н. и отзыв обсуждены на расширенном заседании научного семинара Лаборатории № 12 – «распределенной генерации» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, протокол № 3 от 15 апреля 2019 г.

Отзыв составлен ведущим научным сотрудником Лаборатории распределенной генерации ОИВТ РАН, доктором технических наук Директором Леонидом Бенциановичем.

Ведущий научный сотрудник  
Лаборатории распределенной генерации  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Объединенный институт  
высоких температур  
Российской академии наук.  
125412 Москва, Ижорская 13,  
строение 2.  
Тел./факс: +7 (495) 485-91-44,  
e-mail: [director@oivtran.ru](mailto:director@oivtran.ru),  
доктор технических наук

Директор Леонид  
Бенцианович

Ученый секретарь  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Объединенный институт  
высоких температур  
Российской академии наук.  
125412 Москва, Ижорская 13,  
строение 2.  
Тел./факс: +7 (495) 485-90-09,  
e-mail: [amirovravil@yandex.ru](mailto:amirovravil@yandex.ru),  
доктор физико-математических наук



Амиров Равиль  
Хабибулович

Гавриков Андрей Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент, заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук.

Почтовый адрес: 125412 Москва, Ижорская 13, строение 2.

Тел.: +7 (495) 484-18-44, e-mail: [gavrikov@ihed.ras.ru](mailto:gavrikov@ihed.ras.ru).