



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Поволжский
государственный технологический
университет»

Иванов Д.В.

« 4 » июля 2019 г.

ОТЗЫВ

**Ведущей организации на диссертационную работу
Манигомбы Жан Альберта**

**«Исследование замещения жидкого топлива пиро- и биогазом для
дизель-генераторных комплексов в энергетической системе республики
Бурунди»**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы»

На отзыв представлена диссертационная работа, изложенная на 152 страницах машинописного текста и состоящая из введения, 5 глав, заключения, списка использованной литературы (167 источников) и содержащая 31 рисунок и 37 таблиц.

Актуальность темы выполненной работы.

Проблема надежного обеспечения как промышленных, так и бытовых потребителей электрической энергии является актуальной и важной задачей для энергетической безопасности республики Бурунди. Установленная электрическая мощность электростанций республики составляет менее 100 МВт. Электростанции связаны между собой линиями электропередач (ЛЭП) 110/70/35/10 кВ, но самыми распространенными являются ЛЭП-30/35кВ, которые составляют более 75% электрической сети, что положительно сказывается на ее стабильности в энергообеспечении потребителей.

Но, как следует из перспективных планов развития экономики Бурунди, потребность в электроэнергии из года в год будет возрастать и

пропускной способности ЛЭП-110 кВ может не хватить. В связи с этим необходимо повышать класс напряжения на 220/330 кВ или вводить новые участки ЛЭП-110 кВ, что и выполняется электроэнергетиками республики. Например, к 2023 году будет введена в эксплуатацию новая ЛЭП-110/70 кВ от центральной подстанции «Gitaga» до южной подстанции «Makamba» протяженностью более 50 км и тем самым появится стабильная электрическая связь с соседними республиками – Руанда и Танзания, и Бурунди войдет в единое энергетическое кольцо Центральной Африки.

В то же время, основной задачей, стоящей перед электроэнергетикой Бурунди и ее народным хозяйством, является поиск альтернативных источников энергии взамен дефицитному в республике углеводородному топливу. Как известно, бытовые и промышленные отходы, растительная биомасса являются перспективными, экологически безопасными и альтернативными источниками возобновляемой энергии. Так, по оценкам специалистов, возможный годовой объем органических отходов в 2019-20 гг. составит около 145-150 тыс. тонн только в столице Бурунди.

Утилизация этих отходов в целях получения электроэнергии позволит решить и экологические проблемы. Полное и рациональное использование бытовых, а также сельскохозяйственных отходов, которые составляют до 70% биомассы, могут успешно служить сырьем для получения как пиролизного, так и биогазов. Перспективными способами переработки биомассы и превращения ее в различные виды энергии являются: термохимическая газификация, конверсия, этанольная ферментация и анаэробная переработка.

Данные способы имеют низкие инвестиционные затраты и высокую энергетическую эффективность по сравнению с другими процессами переработки отходов, особенно при производстве в малых масштабах. В процессе термохимической конверсии (пиролиза) биомассы доминирующими продуктами являются пиролизная жидкость и пиролизный газ, обладающие существенными преимуществами по сравнению с твердой биомассой, такими как высокая энергетическая плотность, стабильность состава при хранении, удобство использования и транспортировки.

Метан, получаемый в виде пиролизного и биогаза при переработке биомассы, по своим физико-химическим и энергетическим свойствам может

заменить жидкое топливо для дизель-электрогенераторов энергосистемы, и тем самым улучшить экологичность республики Бурунди.

Общая характеристика работы:

Во введении приведена общая характеристика работы, обосновывается актуальность темы, научная новизна, цель и основные задачи диссертационного исследования, описывается теоретическая и практическая значимость работы и перечислены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен анализ научно-технической литературы по получению альтернативных видов горючих газов; анализируются способы получения пиролизного и биогазов из биомасс; показана технология производства биогаза из жидких отходов; представлена постановка задач исследования.

Во второй главе выполнены теоретические обоснования экспериментальных исследований пиролиза различных проб твердой биомассы в условиях преимущественного образования газовых продуктов. Разработана методика проведения экспериментов для изучения пиролиза по выходу пирогазов в зависимости от температуры процесса конверсии. Представлены как теоретические, так и практические методы определения влажности, зольности и теплотворной способности изучаемого топлива. Экспериментально установлено, что для получения максимального выхода жидких и твердых продуктов пиролиза надлежащего качества из биомассы, температура процесса не должна превышать 600°C , а для выхода газообразной фракции не должна быть меньше 900°C . Показан метод определения влажности, летучих веществ, взвешенных твердых частиц в биомассе, а также ХПК и ХПБ.

В третьей главе приведена методика проведения экспериментальных исследований и обработка результатов процесса пиролиза биомассы из сельскохозяйственных и растительных (торф) отходов. Подробно изучен процесс пиролиза проб биомассы в подвижном слое, который проводился в процессе пиролиза со шнековой подачей измельченного топлива, с внешним электрообогревом со скоростью нагрева $6-9^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. и в диапазоне температур от 450 до 1150°C . Изученные виды биомассы имеют практически одинаковый элементный состав по углероду (С), водороду (H_2) и кислороду (O_2). Изучение закономерностей термохимических превращений: рисовой

соломки, кофейной соломки и шелухи, торфа и древесины, которые наблюдаются при пиролизе и горении, проводилось также методом термического анализа - различные образцы сжигали в печи при различных значениях температур – 450, 550, 650, 750, 850, 950, 1050, 1150°C.

Результаты измерений были сведены в таблицы, на основании которых были построены графики зависимостей. Было применено два способа исследования образцов на выход летучих газов:

1. Способ для сырых образцов, при котором все образцы без высушивания помещали одновременно в холодную печь, нагревали до 450°C, выдерживали определенное время (в течение 5 минут), выключали печь, вынимали из нее все образцы, охлаждали в эксикаторе, взвешивали на аналитических весах, а затем опять помещали в печь, устанавливали нужную (из 8 значений) температуру, включали печь в работу. Но так как температура в печи уже понизилась, то в этом случае время сжигания могло увеличиться, поэтому засекалось время от времени достижения печью необходимой температуры;

2. Способ для осушенных образцов, когда высушенный образец, после определения его начальной влажности при первом способе, двумя параллельными навесками помещали отдельно от других в печь, предварительно нагретую до необходимой температуры, делали выдержку по времени (t), вынимали образец из печи, охлаждали в эксикаторе и взвешивали на аналитических весах. Результаты замеров были сведены в таблицу, на основании которой были построены графики. Далее были проведены эксперименты по определению выхода синтез-газа при пиролизе твердой биомассы и определению его теплотворной способности.

В четвертой главе разработана технология производства биогаза и перспективы его применения в республике Бурунди. В настоящее время в городе Бужумбура действует частный биогазовый мини-завод «Kirekura-Muzazi», производительностью около 0,65 м³/час биогаза, использующий смесь коровьего, свиного навоза, отходов скотобойни, а также жмых от производства пальмового масла. Блок генерации биогаза, установленный на этом мини-заводе, состоит из четырех метантенков. Были проведены исследования физико-химических параметров жидких отходов мини-завода «Kirekura-Muzazi».

Исследуемые субстраты:

Эксперимент № 1: жидкие отходы от производства пальмового масла;

Эксперимент № 2: смесь жидких отходов от производства пальмового масла и коровьего навоза;

Эксперимент № 3: смесь жидких отходов от производства пальмового масла и свиного навоза;

Эксперимент № 4: смесь жидких отходов от производства пальмового масла и отходов скотобойни (содержание рубца);

Эксперимент № 5: смесь жидких отходов от производства пальмового масла, коровьего навоза, свиного навоза и отходов скотобойни.

Состав биогаза также был изучен и оценен лабораторным взятием проб на химический анализ непосредственно из метантенков. Установлено, что в полученном биогазе содержание метана составило около 70%.

В пятой главе представлено практическое применение продуктов пиролиза и биогаза в энергетике республики Бурунди.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

Научная новизна работы.

1. Впервые экспериментально определены физико-химические характеристики как сельскохозяйственных, так и промышленных отходов в качестве энергетического топлива для дизель-электрогенераторов энергосистемы республики Бурунди;

2. Впервые выполнено теоретическое обоснование экспериментальных исследований пиролиза различных проб биомассы в условиях преимущественного образования газовых и твёрдых продуктов;

3. Разработана методика проведения экспериментов по изучению пиролизного газа, полученного из твердой биомассы в зависимости от изменения температуры процесса конверсии;

4. Впервые проведены промышленные испытания полученного экологически чистого биогаза из жидких отходов производства пальмового масла на частном предприятии в городе Бужумбура республики Бурунди.

Значимость результатов для развития отраслей науки.

Заключается в том, что полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований в дальнейшем могут быть использованы для разработки способов промышленного применения пиролизного и

биогазов в качестве экологически чистого топлива, как в промышленности, так и в быту.

Практическая значимость работы.

Результаты диссертации целесообразно использовать при проектировании энерготехнологических комплексов в энергосистеме республики Бурунди, замещая дефицитное жидкое топливо на газообразное. Это позволит улучшить финансово-экономические показатели электростанций, повысить их инвестиционную способность при проведении работ по модернизации, реконструкции и техническому перевооружению, что в дальнейшем позволит повысить экологичность и технико-экономические показатели энергетической системы республики.

Степень достоверности и апробация результатов

Результаты работы нашли отражение в 11 научных работах автора, в том числе 3 статьях в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 статье в журнале, включенной в базу SCOPUS. Основные положения диссертации достаточно полно отражены в опубликованных работах и обсуждены на международных конференциях и семинарах.

Соответствие паспорту специальности 05.14.01

Диссертационная работа и автореферат соответствуют паспорту специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы» по следующим пунктам:

пункт 1. Разработка научных основ исследования общих свойств, создания и принципов функционирования энергетических систем и комплексов, фундаментальные и прикладные системные исследования проблем развития энергетики городов, регионов и государства, топливно-энергетического комплекса страны»;

пункт 2. Исследование и разработка нетрадиционных источников энергии и новых технологий преобразования энергии в энергетических системах и комплексах;

пункт 4. Разработка научных подходов, методов, алгоритмов, программ и технологий по снижению вредного воздействия энергетических систем и комплексов на окружающую среду;

пункт 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.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Результаты диссертации могут быть использованы как в проектных, так и в практических решениях вопросов поиска альтернативных источников энергии, а также при замене дефицитного углеводородного жидкого топлива для дизель-электрогенераторов энергосистемы в условиях республики Бурунди, и тем самым для улучшения её экологичности.

Замечания по диссертационной работе:

1. В составе пиролизного газа не учитывалось содержание азота;
2. Как известно, целью пиролиза твердых материалов является получение не только пиролизного газа и твердого остатка, но и пиролизной жидкости, которая имеет богатый химический состав, и может применяться как самостоятельное топливо (бионефть). В связи с этим не ясно, почему при теоретическом обосновании и проведении экспериментальных исследований акцент делается в пользу образования газообразных и твердых продуктов (пункт 2 научной новизны). В диссертации отсутствуют данные по пиролизной жидкости и ее составу;
3. В диссертации и в автореферате нет информации в какой пропорции смешаны субстраты в экспериментах для получения биогаза;
4. Не указаны данные по самому процессу получения биогаза: температура, влажность, периодичность загрузки и т.д.

Заключение по работе.

Несмотря на изложенные выше замечания, диссертационную работу Манигомбы Жан Альберта «Исследование замещения жидкого топлива пиро- и биогазом для дизель-генераторных комплексов в энергетической системе республики Бурунди», следует признать завершенной научно-квалификационной работой. Поставленные задачи в диссертационной работе решены и раскрыты достаточно полно и последовательно, выводы и рекомендации обоснованы экспериментальной частью. Цель исследования достигнута. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение в развитии научной и практической деятельности. Автореферат полностью отражает содержание диссертации и соответствует

требованиям ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Представленная к защите диссертация отвечает требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, в которой содержится решение научной задачи по исследованию замещения жидкого топлива пиро- и биогазом для дизель-генераторных комплексов в энергетической системе республики Бурунди, имеющей важное значение для развития соответствующей отрасли знаний, а её автор – Манигомба Жан Альберт заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы».

Диссертация, автореферат и отзыв обсуждены на заседании кафедры Энергообеспечения предприятий ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет, протокол № 12 от 3 июля 2019 г.

Заведующий кафедрой Энергообеспечения предприятий
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»
к.т.н., доцент



Медяков Андрей Андреевич

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»:424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, дом 3, сайт:e-mail: info@volgatech.net, рабочий телефон +7 (8362) 68-68-11

Сведения о лице, утвердившем отзыв Ведущей организации на диссертацию:
Иванов Дмитрий Владимирович, проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН РФ.

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет» - 424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, дом 3.

E-mail: info@volgatech.net, рабочий телефон: +7 (8362) 68-68-11