

На правах рукописи

Вагапова Эльнара Абдуллаевна



**ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ
ОБОРУДОВАНИЯ ДЕГИДРАТАЦИИ ТОРФЯНОГО
СЫРЬЯ ПЛАВУЧЕГО ДОБЫЧНОГО КОМПЛЕКСА
ИНТЕНСИФИКАЦИЕЙ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ПУЛЬПЫ**

Специальность 2.8.8. Геотехнология, горные машины

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Санкт-Петербург – 2023

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Иванов Сергей Леонидович

Официальные оппоненты:

Великанов Владимир Семенович

доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра «Подъемно-транспортных машин и роботов», профессор;

Зверев Валерий Юрьевич

кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», кафедра «Горная электромеханика», доцент.

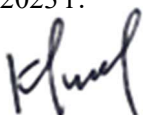
Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург.

Защита диссертации состоится **29 сентября 2023 г. в 13:00** на заседании диссертационного совета ГУ.2 Горного университета по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, 21-я В.О. линия, д.2, **аудитория № 1163.**

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Горного университета и на сайте www.spmi.ru.

Автореферат разослан 29 июля 2023 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного совета



КОВАЛЬСКИЙ
Евгений Ростиславович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Повышение эффективности работы торфяных предприятий неразрывно связано с внедрением более эффективных, экономически выгодных технологий добычи. Совершенствование и разработка новых технологий добычи и переработки торфа требует улучшения характеристик горного оборудования и является первоочередной задачей, стоящей перед торфяной промышленностью.

Гидромеханизированный способ добычи торфа принято считать одним из наиболее эффективных при разработке обводненных месторождений. Реализация этого способа не требует водопонижения территорий, минимизируя объем работ по подготовке месторождений и обеспечивая возможность добычи торфяного сырья в широких пределах мощностей его залегания. При этом основной проблемой является высокое влагосодержание торфяного сырья. Кроме того, следует отметить, что гидромеханизированная добыча торфа предполагает применение громоздкого металлоемкого оборудования, протяженных пульпопроводов, обладающих высокой материалоемкостью, а также требует значительных площадей для естественного влагоотделения избыточной влаги, содержащейся в пульпе. Понижение влагосодержания торфяного сырья путем его предварительного механического обезвоживания уже на борту комплекса горного оборудования позволяет повысить эффективность производства при снижении затрат на транспортирование сырья для последующей его сушки.

Таким образом, задача гидродобычи торфа на обводненных месторождениях с исключением необходимости перекачки лишней влаги по протяженному напорному трубопроводу с возможностью снижения влаги добытого торфяного сырья непосредственно на борту комплекса является актуальной и требует своего решения.

Степень разработанности темы исследования

Изучению и развитию методов управления процессами обезвоживания торфяного сырья и в частности его нарушенной структуры

посвящали свои работы такие ученые, как Афанасьев А.Е., Воларович М.П., Гамаюнов Н.И., Гамаюнов С.Н, Гревцев Н.В., Журавлев А.В., Кирпичников В.Д., Копаница Н.О., Корчунов С.С., Кремчеев Э.А., Лиштван И.И., Морозов В.В., Терентьев А.А., Фомин В.Н., Чураев И.В., Шерстнев В.И., Штин С.М., Andreasson A., Chapman, P. J., Holden, J., Hosonda H. и другие ученые.

Сформированные авторами идеи имеют широкую практическую и теоретическую ценность, однако не касаются закономерностей протекания процессов обезвоживания торфяного сырья в искусственно создаваемых средах. Также не решены вопросы по интенсификации обезвоживания торфяного сырья при воздействии магнитного поля, что требует дополнительных теоретических и экспериментальных исследований для обоснованного выбора параметров оборудования дегидратации торфяного сырья плавучего добычного комплекса.

Содержание диссертации **соответствует паспорту специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины** по пункту 14 «Критерии и технологические требования при создании новых и совершенствования применяемых горных машин с учетом особенностей условий их эксплуатации при разработке месторождений твердых полезных ископаемых».

Объект исследования – интенсификация потери влаги гидро-торфяной смесью под влиянием силового воздействия и кратковременного омагничивания.

Предмет исследования – оборудование дегидратации торфяного сырья плавучего добычного комплекса.

Цель работы – уменьшение продолжительности обезвоживания торфяного сырья при использовании плавучих добычных комплексов на неосушенных торфяных месторождениях.

Идея – для снижения продолжительности обезвоживания торфяного сырья при отработке неосушенного торфяного месторождения необходимо создание дополнительного модуля обезвоживания при его добыче и переработке.

Поставленная в диссертационной работе цель достигается по-

средством решения нижеуказанных **задач**:

1. Провести обзор, анализ и обобщение теоретических и экспериментальных исследований по теме диссертации.

2. Провести теоретическое обоснование структуры модуля обезвоживания плавучего комплекса добычи торфяного сырья.

3. Провести экспериментальные исследования по оценке интенсивности обезвоживания торфяного сырья в условиях изменяемого магнитного поля и по послойному прессованию торфяной пульпы в тонком слое.

4. По результатам теоретических и экспериментальных исследований обосновать параметры горного оборудования модуля обезвоживания.

5. Предложить новое техническое решение по реализации гидромеханизированной торфодобычи на обводненных месторождениях с обоснованием параметров выбранного горного оборудования и конструктивных решений модуля обезвоживания торфа.

Научная новизна работы:

1. Интенсификация процесса первичного обезвоживания торфяной пульпы обеспечивается высоким содержанием катионов железа в гидроторфяной смеси до 0,02% и кратковременном омагничивании торфяной пульпы бегущим магнитным полем.

2. Определено рациональное давление отжатия омагниченной и сгущенной торфяной пульпы величины в 0,6 МПа в тонком слое до 65 мм, при этом установлено, что увеличение продолжительности действия нагрузки критически не влияет на интенсификацию процесса обезвоживания.

Теоретическая и практическая значимость работы:

1. Выявлены функциональные закономерности процесса обезвоживания торфяной пульпы и восприимчивость ее к магнитной обработке, описываемые аналитическими полиномиальными зависимостями четвертой степени.

2. Разработано новое техническое решение модульного устройства обезвоживания торфяной пульпы.

3. Результаты исследования использованы ООО «НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА», г. Санкт-Петербург на стадии разработки документации по модернизации центральной районной котельной Сахалинской области с использованием торфа, а также в проектах по реконструкции электросетевого хозяйства в рамках развития программы региона по электрогенерации на нетрадиционных видах топлива - торфе, биомассе. Акт внедрения от 15.03.2023 г.

Методология и методы исследования. Для решения поставленных задач использовался комплексный подход, включающий научный анализ и обобщение ранее опубликованных исследований; обработку и анализ теоретических и экспериментальных исследований в области горных машин, гидромеханизированной добычи торфяного сырья и процессов обезвоживания с учетом изменения параметров прессования; исследование влияния качественной характеристики торфа на процесс обезвоживания; проведение экспериментальных исследований для выявления функциональных зависимостей и определения восприимчивости торфяной пульпы к магнитной обработке с изучением фильтрационных особенностей и химического состава водной составляющей гидроторфяной смеси.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Экспериментально установлено, что двукратное увеличение интенсивности удаления влаги торфяной пульпы обеспечивается однократным кратковременным воздействием на нее бегущим магнитным полем в течение 10-15 секунд, при этом увеличение продолжительности непрерывного воздействия более чем в 2 раза нивелирует первоначальный эффект, а повторное воздействие вызывает снижение этой интенсивности.

2. Предложенный комплекс горного оборудования для первичного обезвоживания торфяной пульпы обеспечивает производительность комплекса 25 т/ч влагосодержанием 75% при размерах поддона 1,2×1,4×0,3 м и высоте столба поддонов 9,4 м, что обеспечивает максимальное давление в слое 0,6 МПа, при этом рациональная толщина отжимаемого слоя составляет 0,065 м.

Степень достоверности результатов исследования обусловлена корректностью постановки цели и задач исследований, представительным объемом достоверной статистической информации, построением теории на известных, проверяемых фактах и ее согласовании с данными производственных наблюдений; экспериментальные исследования интенсификации обезвоживания торфяной пульпы проводились на специально созданном прессе с использованием лабораторного оборудования, аттестованных и поверенных приборов.

Апробация результатов. Основные положения и результаты работы сообщались, обсуждались и получили одобрение на международных конференциях, в которых соискатель принимал участие: Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» (2016, 2017, 2018 гг., Тула), 57-ой международной научной конференции студентов и молодых ученых (секция «Горное дело») (2016 г., Краков), LVIII международной научно-практической конференции «Научная дискуссия: вопросы технических наук» (2017 г., Москва), I международной научно-практической конференции «Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание, модернизация» (2018 г., Санкт-Петербург), Международной научно-практической конференции «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME» (2018, 2019, Санкт-Петербург), Международном форуме горняков и металлургов Freiburger Universitätforum (2018, Фрайберг), XVII международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности» (2019, 2023 гг, Екатеринбург), Научной конференции студентов и молодых ученых «Полезные ископаемые России и их освоение» (2023 г., Санкт-Петербург), VI всероссийской научно-практической конференции «Научный потенциал молодежи и технический прогресс» (2023 г., Санкт-Петербург).

Личный вклад автора заключается в участии автора на всех

этапах процесса исследований, непосредственное участие в получении исходных данных и научных экспериментах, личное участие в апробации результатов исследований, разработка экспериментальной установки, подготовка основных публикаций по выполненной работе.

Публикации. Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 22 печатных работах, в том числе в 4 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 2 патента.

Структура работы. Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 135 наименований и 6 приложений. Диссертация изложена на 118 страницах машинописного текста, содержит 49 рисунков и 11 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель, задачи работы и научная новизна, раскрыты теоретическая и практическая значимости исследования и изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен обзор состояния изученности рассматриваемой темы диссертационного исследования. Выполнен анализ существующей геотехнологии гидромеханизированной добычи торфяного сырья с обводненных месторождений, выявлены недостатки и преимущества данной технологии. Описан комплект технологического оборудования добычи торфа из обводненных месторождений. Представлена оценка эффективности средств первичного обезвоживания торфяного сырья.

Во второй главе проведен анализ подходов к интенсификации дегидратации торфяной пульпы, на основании которого представлено обоснование структуры карьерного добычного комплекса.

Выполнена оценка материального баланса с расчетом энергетических затрат, потребной площади для полевой сушки торфяного сырья и получаемой на выходе массы абсолютно сухого торфа при реализации базовой гидромеханизированной технологии добычи торфяного сырья и сравнение данных при реализации предлагаемой гидромеханизированной добычи торфяного сырья.

В третьей главе для подтверждения теоретических положений по структуре предлагаемой технологии приведены методики и результаты экспериментальных исследований по воздействию на торфяную пульпу магнитного поля, с оценкой интенсивности снижения влагосодержания торфяной пульпы после внешних воздействий и при различном элементном составе солей водной составляющей торфяной пульпы. Приводится описание лабораторного оборудования, методики и результаты по экспериментальным исследованиям обезвоживания торфа под действием внешней нагрузки.

В четвертой главе с учетом выявленных закономерностей и тенденции интенсификации влагопонижения торфяного сырья представлена реализация данного подхода в торфодобыче на обводненных месторождениях, подробно описана технология гидромеханизированной добычи торфяного сырья с модулем обезвоживания в бегущем магнитном поле с обоснованным выбором параметров оборудования дегидратации. Предложены рекомендации по внедрению технологической схемы по получению генераторного газа на основе торфяного сырья при модернизации объекта теплоснабжения – центральных районных котельных (ЦРК) с использованием местных видов топлива.

Основные результаты отражены в следующих защищаемых положениях.

1. Экспериментально установлено, что двукратное увеличение интенсивности удаления влаги торфяной пульпы обеспечивается однократным кратковременным воздействием на нее бегущим магнитным полем в течение 10-15 секунд, при этом увеличение продолжительности непрерывного воздействия бо-

лее чем в 2 раза нивелирует первоначальный эффект, а повторное воздействие вызывает снижение этой интенсивности.

Основной проблемой добычи торфяного сырья на обводненных месторождениях является необходимость снижения влаги добытого торфяного сырья.

Естественный процесс влагопонижения торфяного сырья в гравитационном поле – инерционен и продолжителен во времени. Его интенсификация возможна с одной стороны созданием разности давлений на поверхности и внутри торфяного сырья, например, вакуумированием, механическим отжатием или интенсивным испарением под действием повышенных температур, и с другой стороны – снижением сопротивления движения влаги из глубины к поверхности увеличением эффективной площади каналов течения жидкости, снижением сопротивления ее движению, например механическим рыхлением, или повышением ее текучести посредством химических добавок или воздействием различных энергетических полей, например магнитных.

Технология интенсификации обезвоживания торфяного сырья представлена в виде схемы (рисунок 1), которая предполагает магнитную обработку торфяной пульпы с коагулянтom в виде раствора окиси железа концентрацией 0,02%, дальнейшее гравитационное обезвоживание торфяного сырья и отжатие влаги из торфа послойным прессованием.

Для обоснованного выбора параметров магнитного воздействия на торфяную пульпу были проведены экспериментальные исследования по воздействию на торфяную пульпу постоянным и бегущим магнитным полем, с определением напряженности магнитного поля магнитометром ИМАГ-400Ц с учетом направленности магнитного поля.

Анализ полученных результатов экспериментальных исследований по определению интенсивности влагоотделения от длительности воздействия (15 с, 30 с, 45 с, 60 с и базовой группы – не подвергаемой магнитной обработке) постоянного магнитного поля

на пульпу, позволил сделать вывод, что воздействие на пульпу постоянного магнитного поля не дает выраженного положительного эффекта. Такое воздействие либо при длительном нахождении (60 с) в постоянном магнитном поле соизмеримо с базовой (без омагничивания), либо ухудшает интенсивность влагоотделения при меньшей продолжительности воздействия постоянного магнитного поля.

Следующим этапом исследований было изучение влияния на интенсивность влагоотделения торфяной пульпы при омагничивании ее бегущим магнитным полем. Для этого были проведены три серии опытов, показавших хорошую повторяемость их результатов, с подготовкой трех типов проб, включая контрольную – неподвергаемую магнитной обработке и две идентичные группы, впоследствии подвергнутые пятнадцатисекундному воздействию бегущего магнитного поля однократно и двукратно. Генератором бегущего магнитного поля был статор трехфазного электродвигателя мощностью 1 кВт. Величина напряженности магнитного поля в эксперименте составляла 30 мТл. Изучение влияния на интенсивности влагоотделения торфяной пульпы при омагничивании ее бегущим магнитным полем проводилось фильтрованием с фиксированием объема отфильтрованной влаги и времени процесса.

Результаты сравнительного анализа представлены на рисунке 2, где 1 – усредненные значения серии из трех экспериментов проб с однократным воздействием бегущего магнитного поля длительностью 15 с, 2 – усредненные значения серии из трех экспериментов проб с двукратным воздействием по 15 с бегущего магнитного поля 2×15 с, 3 – усредненные значения серии из трех экспериментов контрольной пробы без воздействия магнитным полем.

Из представленных результатов следует, что интенсивность влагоотделения при кратковременном воздействии бегущего магнитного поля в 2 раза более интенсивней, чем у контрольной пробы, при этом повторное омагничивание, способствуя процессу влагоотделения, дает значительно меньший эффект. Получены зависимо-

сти объема отфильтрованной влаги (V , мл) от времени фильтрации (t , мин):

— для проб с однократным воздействием бегущего магнитного поля (1)

$$V = 10^{-4} (-4t^4 + 283t^3 - 713t^2) + 7,47t + 6,53 \quad (1)$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,93$.

— для проб с двукратным воздействием бегущего магнитного поля (2)

$$V = 10^{-5} (-2t^4 + 310t^3 - 14330t^2) + 3,168t + 0,078 \quad (2)$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,99$.

— для контрольной пробы (3)

$$V = 10^{-5} (-4t^4 - 270t^3 + 5220t^2) + 0,91t + 0,2 \quad (3)$$

С коэффициентом детерминации $R^2 = 0,99$.

Высокие значения R^2 говорят о наличии выявленных реально существующих функциональных зависимостей.

При оценке интенсивности влагоотделения важен учет содержания анионов и катионов при омагничивании бегущим магнитным полем. В этой связи были проведены серии опытов с фильтрацией проб торфяных пульп специально подготовленного состава, жидкая фаза которых различалась по химическому составу. Так проба 1 (\pm) имела умеренное содержание солей (сульфатов и хлоридов); проба 2 (Fe) – высокое содержание катионов Fe^{2+} , Fe^{3+} ; проба 3 (Mg) – высокое содержание катионов Mg^{2+} . Группы проб по девять образцов в каждой подвергались сериям опытов по магнитному воздействию бегущим магнитным полем на три пробы каждой группы: первая серия опытов – время омагничивания пятнадцать секунд (15 с); вторая серия – двукратное омагничивание по пятнадцать секунд (2×15 с); третья серия – время омагничивания тридцать секунд (30 с).

Анализируя полученные в ходе экспериментов данные (рисунок 3), следует констатировать, что наличие в торфяной пульпе

катионов железа положительно влияет на процесс влагоотделения. Достаточной определена концентрация железа 0,02%, что способствует повышению интенсивности влагоотделения в 5-20 раз в зависимости от элементного состава солей водной составляющей торфяной пульпы. Результаты исследования позволяют утверждать, что при однократном кратковременном воздействии бегущего магнитного поля на торфяную пульпу в течении 10-15 секунд происходит увеличение интенсивности влагоотделения в 2 раза по сравнению с влагоотделением пульпы без магнитной обработки.

2. Предложенный комплекс горного оборудования для первичного обезвоживания торфяной пульпы обеспечивает производительность комплекса 25 т/ч влагосодержанием 75% при размерах поддона 1,2×1,4×0,3 м и высоте столба поддонов 9,4 м, что обеспечивает максимальное давление в слое 0,6 МПа, при этом рациональная толщина отжимаемого слоя составляет 0,065 м.

Для интенсификации процесса отделения влаги отжатием под действием внешней нагрузки проводились эксперименты по обезвоживанию торфа, в которых в качестве пресса с нагрузкой был применен ручной винтовой пресс, воздействующий на пуансон в контейнере цилиндрической формы с перфорированным дном.

Были проведены три серии опытов с определением влаги торфа при увеличении давления в процессе прессования торфяных проб различной исходной толщины, полученные результаты имеют хорошую повторяемость по каждой серии опытов. Результаты эксперимента изменения усредненной влаги торфа при росте давления в процессе прессования в зависимости от отношения толщины слоя отжимаемой пульпы к толщине слоя отжатой пульпы без выдержки под нагрузкой представлены на рисунке 4.

Получены зависимости влаги торфяного сырья (W , %) от нагрузки (P , МПа) (4):

$$\begin{aligned} & \text{— для слоя начальной толщины } 19,06 \text{ см} \\ & W = -351,2P^3 + 387,5P^2 - 135,7P + 92,5 \quad (4) \\ & \text{с коэффициентом детерминации } R^2 = 0,9 . \end{aligned}$$

— для слоя начальной толщины 27,66 см (5)

$$W = -189,7P^3 + 214,5P^2 - 76,7P + 93,3 \quad (5)$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,89$.

— для слоя начальной толщины 42,97 см (6)

$$W = -78,6P^3 + 85P^2 - 28,7P + 95,3 \quad (6)$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,92$.

Полученные значения коэффициента детерминации R^2 говорят о том, что выявленные зависимости достоверно описывают реально происходящие процессы. В качестве рационального давления отжатия принята величина в 0,6 МПа, при этом увеличение продолжительности воздействия нагрузки критически не влияет на интенсификацию процесса обезвоживания.

Отказаться от протяженных пульпопроводов, сделать процесс энергоэффективным позволяет применение тандема земснаряда с установкой обезвоживания торфа (Патент № 2720341), представляющей собой плавсредство с установкой понижения влагосодержания формуемого сырья при послойном механическом отжатии торфяной пульпы в поддонах с двойным дном. Схема установки представлена на рисунке 5.

Данная установка представляет собой колодцы спуска и подъема, в которых осуществляется цикличное движение поддонов с использованием цевочных колес с приводом. Колодец спуска представляет собой столб вложенных поддонов, поставленных друг на друга, которые давят на нижерасположенные поддоны своим весом и весом загруженной торфяной пульпы. Поддоны оснащены двойным дном, так отжатая влага выдавливается через фильтрующее дно поддона в пространство между наружным дном поддона и фильтрующим дном, а свободная влага отводится через средства отвода влаги, исключая попадание на нижестоящие поддоны. Наружное же дно поддона вышестоящих поддонов создает прессующее давление на торфяную пульпу, загруженную в нижестоящий поддон, дно выполнено толстостенным для усиления эффекта прес-

сования. Стоит отметить, что поддоны в столбе вложенных поддонов в колодце спуска имеют положение с углом наклона к горизонту от 0° до 10° для стока воды и свободу перемещения под собственным весом в направляющих колодца спуска. Оснащение поддона откидной торцевой стенкой позволяет автоматически с использованием шибера очистки отделить спрессованный материал из «крайнего» поддона – освобожденного нижнего поддона из колодца спуска – на конвейерную ленту с приводом для дальнейшей транспортировки к месту складирования обезвоженного торфа.

Применение такого тандема позволяет отказаться от транспортировки 860 кг воды на каждую тонну перекачиваемой торфяной пульпы и полей для сушки, при значительном сокращении длины пульпопровода до 30 м, необходимом для доставки пульпы к установке понижения влагосодержания формуемого сырья. Трансфер торфяного сырья влагой 75% осуществляется циклическим транспортом от комплекса на борт карьера для дальнейшей переработки.

Предложенная конструкция и экспериментально полученные данные позволили определить параметры пресса модуля обезвоживания. Приняты следующие конструкционные параметры поддона (рисунок 6) установки обезвоживания торфа: размеры поддона $1,2 \times 1,4 \times 0,3$ м, толщина стенок 5 мм; материал поддона – нержавеющая сталь $\rho = 7950$ кг/м³; размеры наружного толстостенного дна $1,36 \times 1,16 \times 0,1$ м; материал наружного толстостенного дна – свинец $\rho = 11400$ кг/м³; вкладываемость поддонов 65%.

Усредненное количество поддонов N для обеспечения необходимого давления в столбе вложенных поддонов составляет 48 шт, а высота столба поддонов H , учитывая вкладываемость поддонов 65%, составляет 9,4 м. Производительность установки обезвоживания Q составляет 75,5 т/ч.

Результаты диссертации использованы в проектах по реконструкции электросетевого хозяйства в рамках развития программы Сахалинского региона по электрогенерации на нетрадиционных видах топлива. А именно, в рамках работы ООО «НПК «ЛЕНПРОМАВ-

ТОМАТИКА» при разработке документации по проекту № 483-ГЭ-18-П «Реконструкция ЦРК Сахалинской области» по модернизации объекта теплоснабжения – центральных районных котельных (ЦРК) с использованием местных видов топлива в виде торфа.

В соответствии с техническим заданием при реконструкции ЦРК предусматривается строительство системы газоснабжения в пределах котельной с получением генераторного газа из торфа способом газификации. Таким образом резервным топливом реконструируемых котельных является торф, добываемый на территории острова. Для этого выбрано Озерецко-Песочное торфяное месторождение (рисунок 7), запасы которого можно использовать как бытовое и энергетическое топливо, площадь промышленной залежи составляет 9,7 тыс. га, запасы торфа 32,6 млн. т, средняя глубина 2,68 м, категория запасов С₂, в естественных условиях торфяная залежь верхового и низинного типа со степенью разложения 30% и влажностью 93%.

Определен состав горного оборудования комплекса добычи и переработки торфяного сырья предлагаемой технологии для использования в проектах по реконструкции электросетевого хозяйства в рамках программ развития регионов по электрогенерации на нетрадиционных видах топлива (рисунок 8).

Предложенные рекомендации и технические предложения по выполнению конструктивных схем позволяют эффективно использовать местное топливо с реализацией перевода региональных котельных с угля или мазута на торф и получением генераторного газа, и обеспечивают дальнейшее развитие идеи строительства многотопливных котельных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации предлагается новое решение актуальной задачи – обоснование и выбор параметров горного оборудования модуля обезвоживания по результатам теоретических и экспериментальных исследований. Предложено новое техническое решение по реализации гидромеханизированной торфодобычи на обводненных месторождениях с обоснованием параметров выбранного горного оборудо-

дования и конструктивных решений модуля обезвоживания торфа.

По результатам выполнения диссертационной работы сделаны следующие выводы и рекомендации:

1. На основании обзора, анализа и обобщения теоретических и экспериментальных исследований по теме исследований установлено, что вопросы протекания процессов обезвоживания торфяного сырья в искусственно создаваемых средах при внешнем воздействии на торфяную пульпу подробно не изучены, а для решения задач интенсификации обезвоживания торфа посредством воздействия магнитного поля требуется проведение дополнительных теоретических и экспериментальных исследований, направленных на обоснованный выбор параметров оборудования дегидратации торфяного сырья плавающего добычного комплекса.

2. На основе анализа существующей гидромеханизированной технологии добычи торфяного сырья предложен комплекс гидромеханизированной добычи торфяного сырья с модулем обезвоживания с омагничиванием торфяной пульпы в бегущем магнитном поле. Выполненная оценка материального баланса переработки торфяного сырья комплексом показала, что на примере укрупненной оценки при продолжительности добычи торфяного сырья в 60 дней и 12-ти часовой смене предлагаемая технология предполагает отказ от полей сушки площадью 3,84 км², при этом удельные затраты энергии на производство торфа за 60 дней в 60 раз меньше чем у базовой технологии, а полученная на выходе масса абсолютно сухого торфа в 60 раз больше. Предложенная технология позволяет исключить использование ручного труда, обеспечив механизацию процесса обезвоживания торфяного сырья.

3. В результате проведенных экспериментальных исследований по воздействию на торфяную пульпу постоянным магнитным полем выявлена неэффективность этого приема. При этом воздействие на торфяную пульпу бегущим магнитным полем показало, что интенсивность влагоотделения при кратковременном воздействии бегущего магнитного поля порядка 10-15 секунд в 2 раза повышает интенсив-

ность влагоотделения без омагничивания. Достаточным напряжением магнитного поля для получения положительного эффекта составило $30 \cdot 10^9$ А/м.

4. На основе экспериментальной оценки влияния ионов на интенсивность снижения влагосодержания торфяной пульпы подтверждено положительное влияние на процесс влагоотделения наличия в торфяной пульпе катионов железа, при этом достаточной определена концентрация железа 0,02%, что способствует повышению интенсивности влагоотделения в 5-20 раз в зависимости от элементного состава солей водной составляющей торфяной пульпы.

5. На основе экспериментальных исследований по обезвоживанию торфа под действием внешней нагрузки установлено рациональное давление отжатия величиной в 0,6 МПа, при этом увеличение продолжительности действия нагрузки критически не влияет на интенсификацию процесса обезвоживания, а рациональным показателем определена влага 75% после отжатия. Выявлено влияние удельной загрузки фильтра на эффективность процесса механического обезвоживания торфа, определена рациональная толщина отжимаемого слоя, которая составляет 0,065 м.

6. Для решения поставленных задач была разработана установка обезвоживания торфа (Патент РФ № 2720341). Предложенная установка позволит решить проблемы гидродобычи торфа на обводненных месторождениях с исключением необходимости перекачки лишней влаги по протяженному напорному трубопроводу с возможностью снижения влаги добытого торфяного сырья непосредственно на борту комплекса.

7. Предложен комплекс горного оборудования, предназначенный для первичного обезвоживания торфяной пульпы, который обеспечивает производительность комплекса 25 т/ч влагосодержанием 75% при размерах поддона 1,2×1,4×0,3 м и высоте столба поддонов 9,4 м, что обеспечивает максимальное давление в слое 0,6 МПа. Обосновано применение индуктора длиной 15 м, расположенной на конце

трубопровода для омагничивания торфяной пульпы в бегущем магнитном поле напряженностью $30 \cdot 10^9$ А/м в течение 10-15 с.

8. Результаты диссертации использованы в проектах по реконструкции электросетевого хозяйства в рамках развития программы Сахалинского региона по электрогенерации на нетрадиционных видах топлива, получен акт внедрения от научно-производственной компании ООО «НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА», результаты исследования применены при разработке документации по проекту № 483-ГЭ-18-П «Реконструкция ЦРК Сахалинской области» по модернизации котельных с использованием местных видов топлива в виде торфа.

9. Перспективным направлением дальнейших исследований в области развития гидромеханизированной технологии добычи торфяного сырья является усовершенствование разработанной методики интенсификации обезвоживания торфяного сырья для ее применения при торфодобыче на обводненных месторождениях.

Предложенные рекомендации и технические предложения по выполнению конструктивных схем позволяют эффективно использовать местное топливо, с реализацией перевода региональных котельных с угля или мазута на местный вид топлива – торф с получением генераторного газа и дальнейшее развитие идеи строительства много-топливных котельных.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях перечня ВАК

1. Формирование структуры основного технологического оборудования автономного комплекса для добычи торфа из неосушенного месторождения / И.Н. Худякова, Э.А. Резванова, А.А. Коконков, С.Л. Иванов // Интернет-журнал Науковедение. – 2017. – Том 9, № 3. – С. 93 <http://naukovedenie.ru/PDF/103TVN317.pdf>.

2. Худякова, И.Н. Выбор и обоснование параметров технологического оборудования комплекса добычи торфяного сырья из натуральной залежи / И.Н. Худякова, Э.А. Вагапова, С.Л. Иванов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический жур-

нал). – 2019. – № S4. – С. 3-15. – DOI 10.25018/0236-1493-2019-3-4-3-15.

3. **Вагапова, Э.А.** Обоснование и выбор оборудования для первичного обезвоживания торфяного сырья при его гидромеханизированной добыче из неосушенной залежи / Э.А. Вагапова, И.Н. Худякова, С.Л. Иванов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – № S18. – С. 3-11. – DOI 10.25018/0236-1493-2019-7-18-3-11.

4. Комплекс гидромеханизированной добычи торфяного сырья с модулем обезвоживания в бегущем магнитном поле / Э.А. Вагапова, С.Л. Иванов, П.В. Иванова, И.Н. Худякова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2023. – № 7. – С. 21-36. – DOI 10.25018/0236_1493_2023_7_0_21.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus

5. Khudyakova, I.N., Raw peat production and processing from flooded fields and approaches to maintain dehydration/ Khudyakova I.N, **Vagapova E.A.**, Ivanov S.L. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 194 (2018) 032010 DOI:10.1088/1755-1315/194/3/032010. p.1-6

6. Ivanov, S.L. Modeling of the process of mechanical dehydration of raw peat materials in the working tools of mining machines / Ivanov S.L, Khudyakova I.N, **Vagapova E.A.**, and Ivanova P.V // Journal of Physics: Conference Series. 1753 (2021) 012048 DOI: 10.1088/1742-6596/1753/1/012048. pp. 1-7

Патенты

7. Патент РФ №2672366 С1, МПК E04H 6/02(2006.01), B63B 17/02(2006.01), E04F 10/10(2006.01), E04H 15/48(2006.01). Трансформируемое сооружение: № 2018104765: заявл. 07.02.2018, опубл. 14.11.2018/ Худякова И.Н., Фадеев Д.В., **Вагапова Э.А.**, Иванов С.Л.; заявитель Санкт-Петербургский Горный университет. – 10 с. : ил.

8. Патент РФ №2720341 С1, МПК C10F 5/04(2006/01), E21C 49/00(2006.01). Установка обезвоживания торфа: №2019124365: заявл. 29.07.2019, опубл. 29.04.2020/ **Вагапова Э.А.**, Худякова И.Н., Иванов С.Л.; заявитель Санкт-Петербургский Горный университет. – 11 с. : ил.

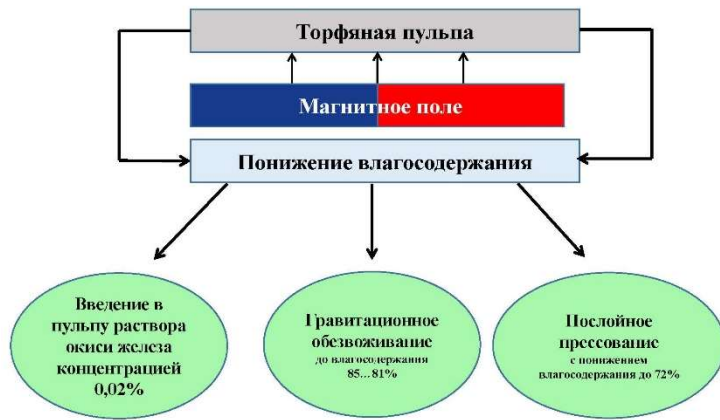


Рисунок 1 – Технология интенсификации обезвоживания торфяного сырья

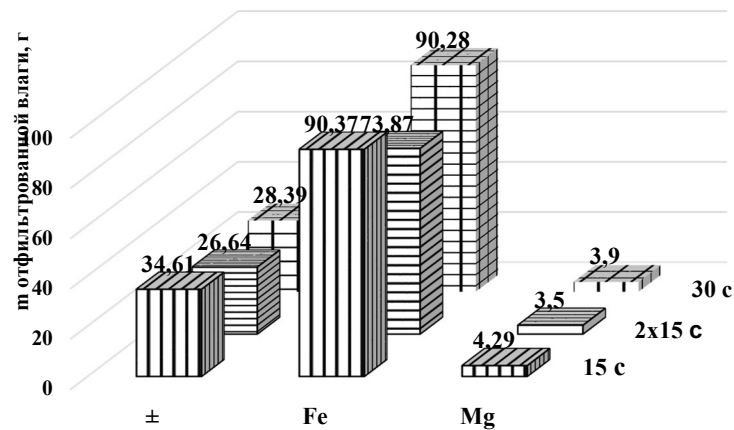


Рисунок 3 – Интенсивность влагоотделения торфяных пульп с различным катионно-анионным составом воды после омагничивания бегущим магнитным полем

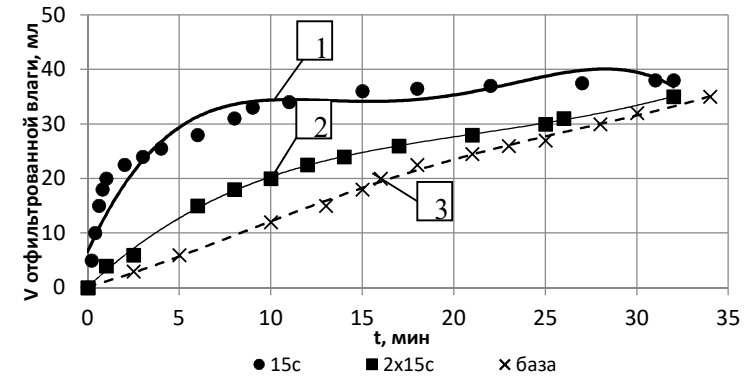


Рисунок 2 – Изменение интенсивности влагоотделения торфяных пульп до и после омагничивания в бегущем магнитным полем

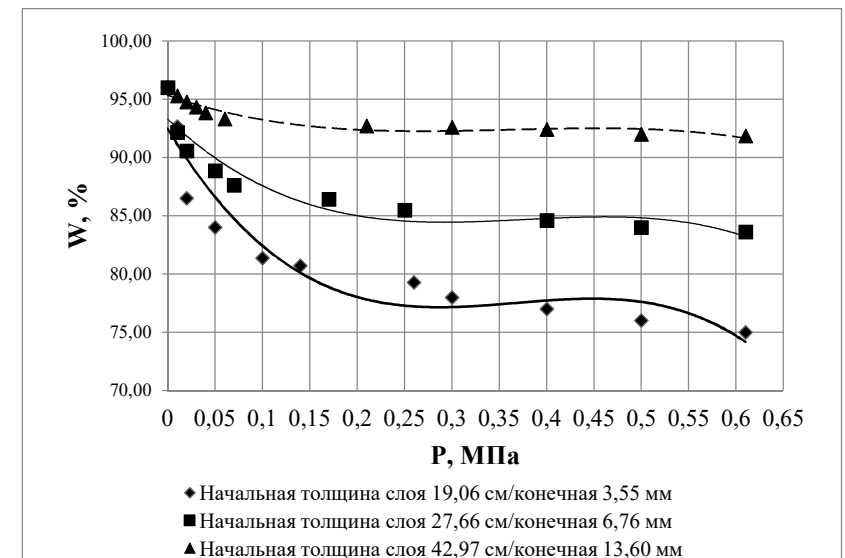


Рисунок 4 – Изменение усредненной влаги в торфяных образцах с разной толщиной загрузки сырья в пресс при увеличении нагрузки

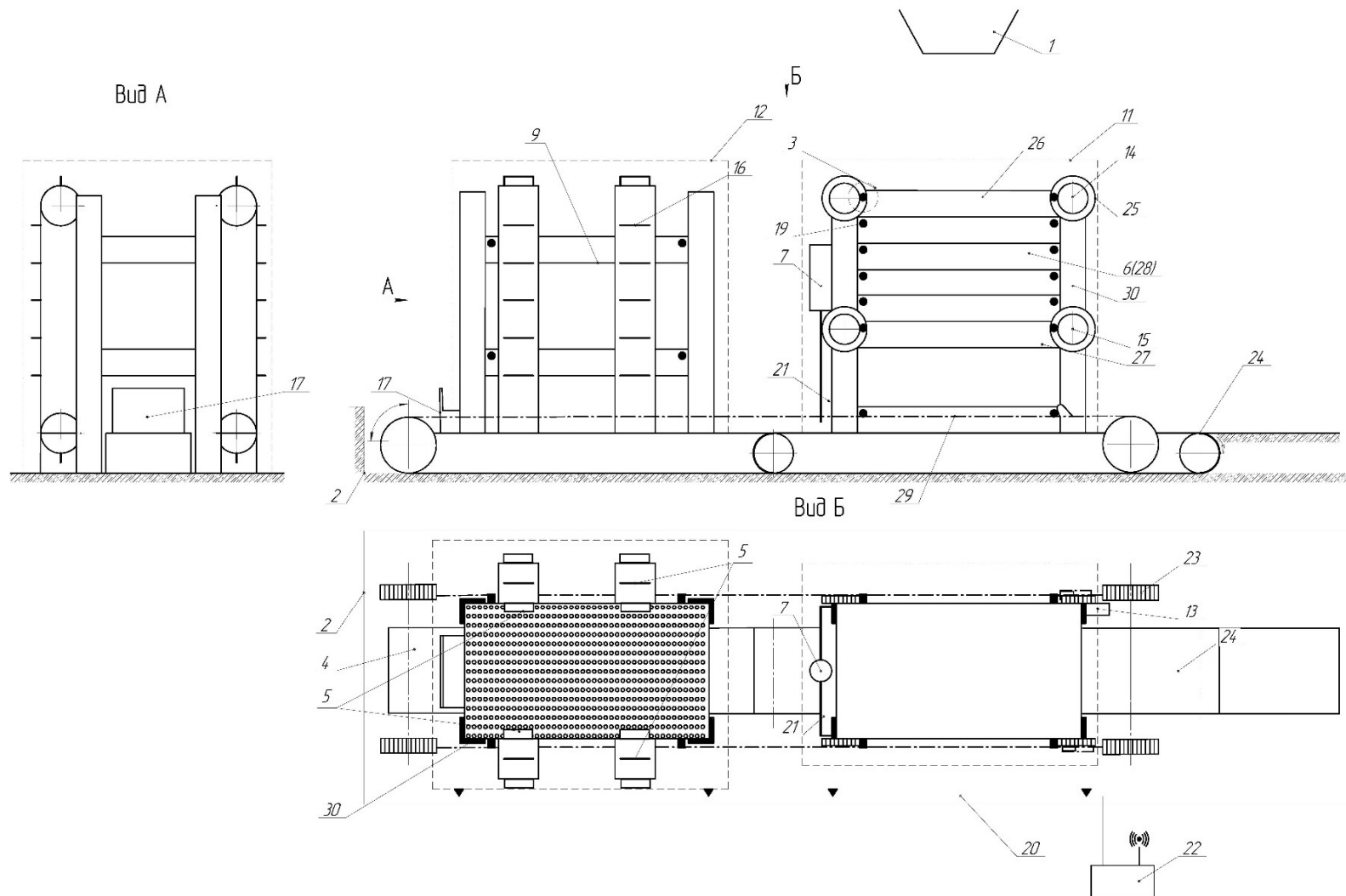


Рисунок 5 – Схема устройства установки обезвоживания торф, где 1 – дозировочный бункер; 2 – станина с направляющими; 3 – приводной механизм передачи поддонов; 4 – горизонтально-подвижный питатель с приводами; 5 – подъемник поддонов; 6 – поддон; 7 – вертикально подвижный пригруз; 11 – колодец спуска; 12 – колодец подъема; 13 – средства отвода влаги; 14 – привод удержания; 15 – привод выпуска; 16 – механизм подъема поддонов с приводом; 17 – ограничитель движения поддонов; 20 – датчики перемещения; 21 – шибер очистки поддона; 22 – блок управления; 23 – крюк с приводом; 24 – конвейерная лента с приводом; 25 – цевочное колесо с приводом; 26 – верхний поддон; 27 – нижний поддон; 28 – столб вложенных поддонов; 29 – выпущенный поддон; 30 – вертикальные направляющие

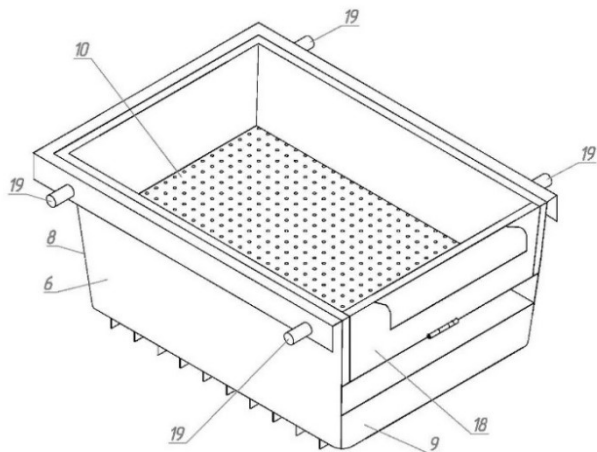


Рисунок 6– Общий вид поддона установки обезвоживания торф,
 где 6 – поддон, 8 – уклоны поддонов; 10 – фильтрующее дно
 поддона; 18 – откидная торцевая стенка; 19 – упор поддона



Рисунок 7 – Озерецко-Песочное торфяное месторождение на карте о.Сахалин представле-
 но под номером 76

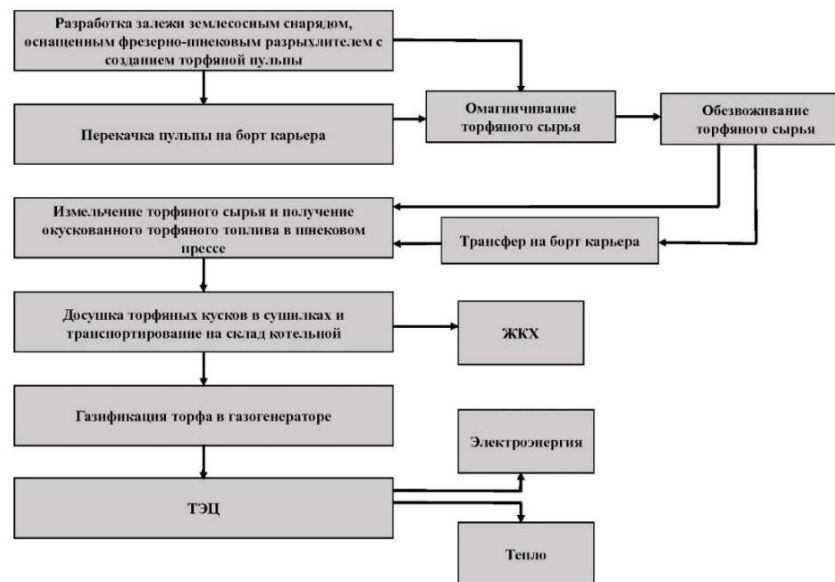


Рисунок 8 – Комплекс горного оборудования добычи и переработки торфяного сырья предлагаемой гидромеханизированной техноло-
 гии для получения генераторного газа