

*На правах рукописи*

**Лях Дарья Дмитриевна**



**ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ  
МОДУЛЯ ФОРМОВАНИЯ В СОСТАВЕ  
КОМПЛЕКСА ПО ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ  
ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ НА НЕОСУШЕННЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

*Специальность 05.05.06 – Горные машины*

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

Санкт-Петербург – 2022

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:**

*Шишлянников Дмитрий Игоревич*

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

*Епифанцев Кирилл Валерьевич*

кандидат технических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», кафедра метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности, доцент.

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

Защита диссертации состоится 22 сентября 2022 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета ГУ 212.224.07 Горного университета по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, 21-я В.О. линия, дом 2, ауд. № 1163.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Горного университета и на веб-сайте [www.spmi.ru](http://www.spmi.ru).  
Автореферат разослан 22 июля 2022 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ  
диссертационного совета



ЗВОНАРЕВ  
Иван Евгеньевич

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

Инновационное развитие предприятий торфодобывающей промышленности РФ неразрывно связано с перерабатывающим комплексом, позволяющим значительно повышать эффективность использования сырьевой базы нашей страны. В последние десятилетия развивается ряд научных направлений, связанных с получением на основе торфяного сырья новых видов продукции для энергетики, сельского хозяйства, строительного производства и других отраслей промышленности, поэтому объемы использования торфа будут возрастать.

Добыча торфяного сырья должна вестись с применением наилучших доступных технологий (НДТ) с целью снижения техногенного воздействия на окружающую среду в рамках повестки климатически нейтральной хозяйственной деятельности.

В связи с чем, реализации технологий добычи торфяного сырья без предварительного осушения месторождения становятся весьма востребованными. Однако эффективных средств для их внедрения недостаточно. Так, необходимы новые конструкции горных машин и, в частности, модуль формования в составе комплекса по добыче и переработке торфяного сырья на неосушенных месторождениях.

Формование торфяного сырья непосредственно на месте добычи способствует интенсификации процесса его обезвоживания и снижению энергоемкости последующей сушки при получении энергоплотного топлива или теплоизоляционных блоков, что приводит к сокращению пространства досушки. Ограниченные площади комплекса по добыче и переработке торфяного сырья еще более актуализируют эту задачу. При этом не совпадение градиента уплотнения при формовании с направлением гравитационных сил при сушке формованной фигуры ведет к ее разупрочнению, а неравномерность заполнения контейнера торфяным сырьем – к разбросу плотности.

Все вышесказанное делает актуальным проведение работ по созданию модуля формования в составе комплекса по добыче и переработке торфяного сырья на неосушенных месторождениях.

### **Степень разработанности темы исследования**

Изучению и развитию процессов формирования торфяного сырья внесли многие отечественные и зарубежные ученые такие, как: Афанасьев А.Е., Воларович М.П., Гамаюнов Н.И., Гамаюнов С.Н., Гревцев Н.В., Журавлев А.В., Корчунов С.С., Кремчеев Э.А., Лиштван И.И., Михайлов А.В., Суворов В.И., Терентьев А.А., Чураев И.В., Штин С.М., Chen Z., Benbow J. J., Bridgwater J., Gömze A.L., Lutz D., Zhou X., Li Z. и другие ученые. Идеи, сформулированные в их работах, имеют широкую практическую и теоретическую значимость по проблематике формирования органогенных материалов. Однако остается малоизученным вопрос научного обоснования и выбора параметров горного оборудования комплексов с модулями формирования торфяного сырья при его влаги более 90 %, а также данных об изменении величины омического сопротивления торфяного сырья, как комплексного показателя ее уплотненности и влаги в процессе формирования, что требует проведения дополнительных теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию и выбору параметров модуля формирования комплекса по добыче и переработке торфяного сырья на неосушенных месторождениях.

**Цель работы** выявление закономерностей и связей процессов уплотнения формирования торфяного сырья с исходной влагой более 90 %, элементов изменения его влаги и активного сопротивления, как комплексного показателя процесса формирования, и его последующей сушки в естественных и искусственно создаваемых условиях для научно-обоснованного технического решения модуля формирования в составе комплекса по добыче и переработке торфяного сырья на неосушенных месторождениях, имеющее существенное значение для развития торфяной отрасли страны.

**Идея работы** заключается в том, что величина силового воздействия при формировании, определяющая плотность и влагу фигуры сушки, оценивается по относительной величине его омического сопротивления, а его ориентация такова, что направление гравитационных сил совпадает с градиентом уплотнения фигуры, что способствует снижению крошимости при сушке и транспортировании.

Поставленная в диссертационной работе цель достигается посредством решения нижеуказанных **задач**:

1. Провести анализ и обобщение теоретических и экспериментальных исследований, полученных ранее по рассматриваемой тематике, способов формования торфяного сырья с влажностью более 90 %, его обезвоживания и оценка эффективности горных машин и оборудования для их осуществления;

2. Провести теоретические исследования на основании анализа и обобщения материалов исследования;

3. Провести экспериментальные исследования для выявления закономерностей понижения влаги торфяного сырья нарушенной структуры и при его формовании;

4. Обосновать параметры горного оборудования модуля формования по результатам теоретических и экспериментальных исследований;

5. Предложить техническое решение в выборе параметров модуля формования торфяного сырья.

#### **Научная новизна работы:**

Экспериментально установлено, что с увеличением давления формования процесс уплотнения торфяной смеси описывается степенной зависимостью, при этом градиент изменения объема торфяной смеси при давлении формования 0,2 МПа составляет 52 %, а величина омического сопротивления изменяется по степенному закону, при этом влажность торфяного сырья уменьшается в пределах от 92 % до 86 %.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы:**

Оригинальность конструкции модуля формования торфяного сырья с влажностью более 90 % и последующей сушки подтверждена патентом РФ. Предложен порядок выбора и оценки основных параметров горного оборудования формования торфяного сырья. Разработаны лабораторные стенды для обоснования рациональных параметров модуля формования торфяного сырья с измерением омического сопротивления и формование с армированной древесной стружкой, и торфяным сырьем низкой степени разложения.

Результаты диссертационной работы использованы в проекте контейнерного модуля по формированию торфяного сырья для мини-ТЭС мощностью до 5 МВт, изготовленной ООО «СЕВЗАПТЕХНИКА».

Предложенное техническое решение и рекомендации по обоснованию и выбору параметров модуля формирования, обеспечивают получение качественного топливного материала заданного гранулометрического состава, что повышает надежность работы энергогенерирующего оборудования и способствует расширению топливно-энергетической базы объектов мини-электростанций, малой, и средней мощности и особенно актуально для применения в автономных объектах, удаленных производств.

**Методология и методы исследования.** Для решения поставленных задач применены теоретические и экспериментальные методы исследования, проводимые с применением стандартизированных методик и аттестованных приборов, произведен теоретический анализ процесса прессования, результаты экспериментальных исследований обрабатывались с применением компьютерной техники.

**Соответствие паспорту специальности.** Тема исследования соответствует по п.1. «Изучение закономерностей внешних и внутренних рабочих процессов в горных машинах, комплексах и агрегатах с учетом внешней среды» и п.3. «Обоснование и оптимизация параметров и режимов работы машин и оборудования и их элементов» области исследований паспорта специальности 05.05.06 - Горные машины.

**На защиту выносятся следующие положения:**

1. Экспериментально установлено, что изменение влаги от 92 % до 84 % формуемого торфяного сырья высокой степени переработки достоверно описывается степенной зависимостью в функции давления формирования фигуры и ее омического сопротивления, что позволяет с достаточной для практики точностью получать фигуры торфяного сырья в модуле формирования заданной плотности и содержания влаги, при этом зависимость от степени разложения торфяного сырья или состава смеси влагоотделение в процессе формирования различно при сохранении единой тенденции, а применение коэффициента приведения, равного отношения фактического значе-

ния сопротивления к базовой величине, позволяет оценить процент влаги и плотности в конкретной фигуре сушки.

2. Экспериментально установлено, что ориентация фигуры формования при выгрузке для ее последующей сушки таким образом, что направление сил гравитации совпадает с градиентом уплотнения фигуры, способствует ее упрочнению, водоотделение при формовании фигуры из смеси торфяного сырья средней степени разложения с армирующими добавками в виде торфа низкой степени разложения в пропорции 2:1 или древесных стружек в пропорции 32:1, до 20 % выше, чем водоотделение механически переработанного торфяного сырья без соответствующих добавок, при этом обеспечивается снижение крошимости фигуры сушки до 18 %.

#### **Степень достоверности и апробация результатов работы.**

Достоверность результатов работы подтверждается корректностью постановки задач исследований; представительным объемом достоверной статистической информации, для обработки которой использовался апробированный математический аппарат; теория построена на известных, проверяемых фактах и хорошо согласуется с данными производственных наблюдений; удовлетворительной сходимостью результатов моделирования с реальными процессами формования торфяного сырья, описываемыми в научной литературе и наблюдаемыми на производстве.

Основные положения работы, результаты теоретических и экспериментальных исследований докладывались и получили положительную оценку на 4 конференциях, в том числе за последние 3 года в 2-х международных конференциях: 80-я международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования» (Магнитогорск, 2022), XVIII Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (Санкт-Петербург, 2022).

**Личный вклад автора** заключается в постановке цели, формулировании задач и разработке методики исследований; непосредственном участии в получении исходных данных; обработке и анализе условий работы модуля горного оборудования; разработке экспериментального стенда; проведении

экспериментальных исследований по формированию торфяного сырья; проведении экспериментальных исследований по оценке электрофизических свойств торфяного сырья; разработке схемных и конструктивных решений модуля формирования торфяного сырья; обработке и интерпретации экспериментальных данных; в подготовке публикаций, отражающих основные положения и результаты диссертационного исследования.

**Публикации по работе.** Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 7 печатных работах, в том числе в 2 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 введения, четырех глав, заключения и библиографического списка, трех приложений. Диссертация изложена на 106 страницах машинописного текста, в том числе содержит 12 таблиц, 50 рисунков. Список цитируемой литературы включает 114 источников.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель, идея, задачи и научная новизна работы, раскрыты теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, соответствие паспорту специальности, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов работы, личный вклад соискателя, данные о публикациях автора.

**В первой главе** приведен обзор состояния изученности рассматриваемой темы исследования. Дан обзор существующих машин и оборудования для реализации процессов добычи и карьерной переработки торфяного сырья. Проведен обзор и анализ существующих способов формирования торфяного сырья. Представлены данные по электрическим свойствам торфяного сырья.



**Во второй главе** представлен технологический процесс получения торфяных фигур. Проведено исследование процесса формования, что позволило разработать методику расчета процесса формования.

**В третьей главе** для подтверждения теоретических положений по формованию фигур сушки приведена программа методики проведения экспериментальных исследований, проводимых в лабораторных условиях. На основе предложенных технических решений разработана экспериментальная установка по формованию торфяного сырья. Предложены методики экспериментальных исследований процесса формования различной степени разложения торфяного сырья с добавлением торфяного сырья низкой степени разложения и армирования древесными стружками в качестве связующей добавки.

**В четвертой главе** представлены результаты экспериментальных исследований формования торфяного сырья. Предложены рекомендации по внедрению процесса формования торфяного сырья в комплекс по добыче и переработке торфяного сырья на неосушенных месторождениях. Представлено новое техническое решение модуля формования торфяного сырья (патент № 191627).

Основные результаты работы отражены в следующих защищаемых положениях:

**1. Экспериментально установлено, что изменение влаги от 92 % до 84 % формуемого торфяного сырья высокой степени переработки достоверно описывается степенной зависимостью в функции давления формования фигуры и ее омического сопротивления, что позволяет с достаточной для практики точностью получать фигуры торфяного сырья в модуле формования заданной плотности и содержания влаги, при этом зависимость от степени разложения торфяного сырья или состава смеси влагоотделение в процессе формования различно при сохранении единой тенденции, а применение коэффициента приведения, равного отношению фактического значения сопротивления к базовой величине, позволяет оценить процент влаги и плотности в конкретной фигуре сушки.**

Проведенные теоретические исследования позволили разработать методику для расчета процесса формования фигур сушки. Вна-

чале определяется необходимая толщина фигур сушки после формования с учетом ее усадки (формула 1):

$$H_{\phi} = H_{\phi c}(1 + K_y), \quad (1)$$

где  $H_{\phi c}$  - толщина фигуры по техническим условиям, м;  $K_y$  - коэффициент объемной усадки фигуры.

Необходимая удельная загрузка пресса ( $q$ ) определяется по выражению 2:

$$q = H_{\phi} \cdot \gamma_{тс}, \quad (2)$$

где  $\gamma_{тс}$  - плотность торфяного сырья, кг/м<sup>3</sup>.

Линейный размер по толщине фигур сушки под давлением, в зависимости от степени разложения торфа (формула 3):

$$h = \frac{H_{\phi} - 0,02}{0,93} \text{ или } h = H_{\phi} - 2,6. \quad (3)$$

Относительная деформация торфяного сырья при формовании  $\frac{H_{тс}}{h}$  и расчётное давление формования связаны выражением 4:

$$P_{ст} = P_K + b_0 \left( \frac{H_{тс}}{h} - 1 \right), \quad (4)$$

где  $P_{ст}$  - давление формования, Па;  $P_K$  - давление торфяного сырья в контейнере, Па;  $b_0$  - коэффициент уравнения, зависящий от степени разложения торфа и загрузки пресса.

Влага фигур сушки после формования (формула 5):

$$w_{\phi c} = \frac{h}{H_{тс}} (1 + w_{тс}) - 1, \quad (5)$$

где  $H_{тс}$  - высота слоя торфяного сырья, м;  $w_{тс}$  - влага торфяного сырья, %.

Для получения фигур заданной влаги и плотности, необходим контроль параметров, который осуществляется посредством измерения удельного омического сопротивления (на заданном расстоянии между электродами) для оценки влаги и плотности формованной продукции.

На основе выполненного анализа электропроводности торфяного сырья, было произведено экспериментальное исследование на

основе процесса формирования торфяного сырья разной степени разложения. Были получены данные, с помощью которых построены зависимости омического сопротивления от влаги и плотности торфяного сырья разной степени разложения (рисунок 1).

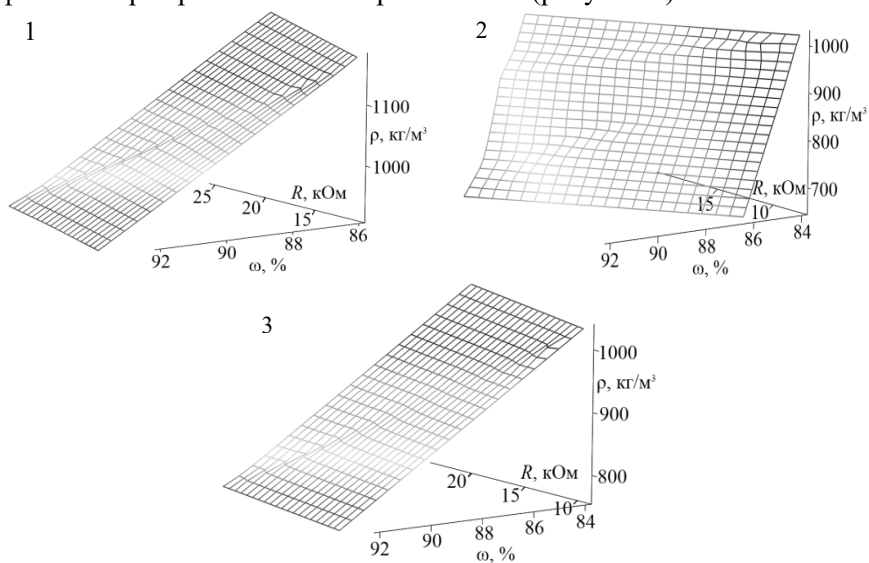


Рисунок 1 – Зависимость омического сопротивления от влаги и плотности торфяного сырья разной степени разложения

1 - торфяное сырье R=22 %, 2 - торфяное сырье R =5 %, 3 - композит с матрицей из механически переработанного торфяного сырья R =22 % и добавки торфяного сырья R =5 % (2:1)

Выявлена функциональная связь между изменением омического сопротивления от влаги и плотности, имеющая высокий коэффициент корреляции равный 0,98, что подтверждает первое положение.

При этом, учитывая возможность работы на торфяном сырье различных месторождений, предложено проводить оценку содержания влаги и плотности материала по относительному коэффициенту удельного омического сопротивления, равного отношению фактической величины удельного омического сопротивления к базовой величине, определенной предварительно для данного торфяного сырья.

Для устранения указанного явления предложен алгоритм процесса формования (рисунок 2).



Рисунок 2 – Алгоритм процесса формования

**2. Экспериментально установлено, что ориентация фигуры формования при выгрузке для ее последующей сушки таким образом, что направление сил гравитации совпадает с градиентом уплотнения фигуры, способствует ее упрочнению, водоотделение при формовании фигуры из смеси торфяного сырья средней степени разложения с армирующими добавками в виде торфа низкой степени разложения в пропорции 2:1 или древесных стружек в пропорции 32:1, до 20 % выше, чем водоотделение механически переработанного торфяного сырья без соответствующих добавок, при этом обеспечивается снижение крошимости фигуры сушки до 18 %.**

На основе эксперимента по формованию торфяного сырья выявлено, что водоотделение при формовании фигуры из смеси торфяного сырья с армирующими добавками в виде торфа низкой степени разложения в пропорции 2:1 до 20 % выше (образец № 3), чем водоотделение механически переработанного торфяного сырья без соответствующих добавок (образец № 1) (рисунок 3).

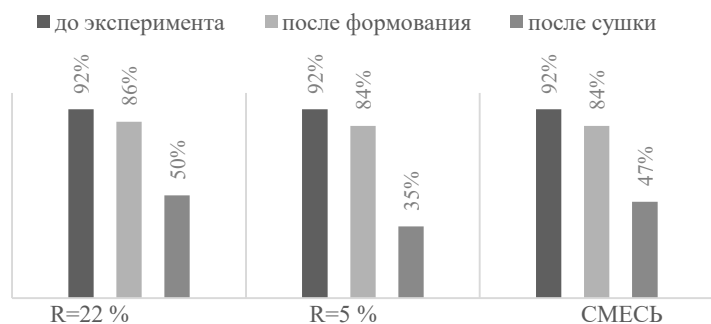


Рисунок 3 – Изменение влаги торфяного сырья при формовании

На основании полученных данных по экспериментальным исследованиям построены степенные зависимости влаги от давления формования торфяных фигур после формования (рисунок 4). Наиболее интенсивное обезвоживание фигур сушки достигается при давлениях формования до 0,2 МПа. Наиболее рациональный интервал для формования фигур сушки 0,2 МПа.

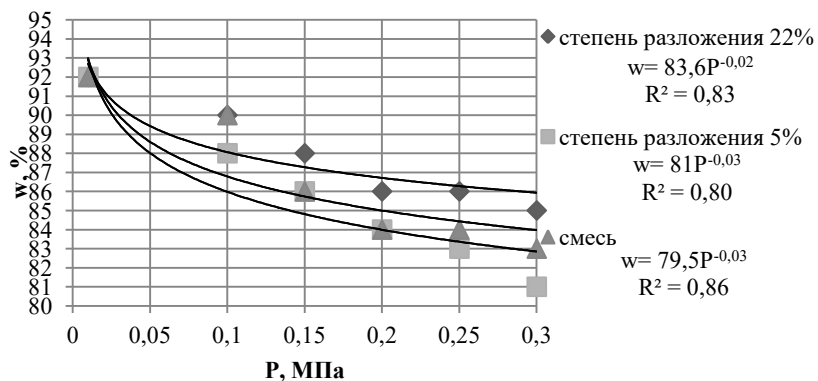


Рисунок 4 – Зависимость влаги фигуры сушки от давления формования

На рисунке 5 представлена линейная зависимость влаги торфяной фигуры от продолжительности выдержки под давлением. По окончании формования торфяного сырья продолжительность вы-

держки больше 2 секунд не дает существенного снижения влаги фигур сушки, а ведет к снижению производительности прессы.

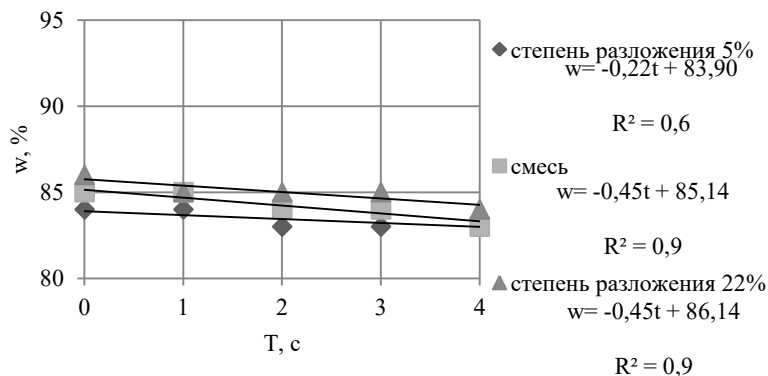


Рисунок 5 – Зависимость влаги торфяной фигуры от продолжительности выдержки под давлением

По экспериментальным исследованиям изменения плотности торфяного сырья разной степени разложения при формовании (рисунок 6), была получена степенная зависимость. Исходя из данных, плотность фигур сушки после формования не должна превышать  $1175 \text{ кг/м}^3$  для торфяного сырья средней степени разложения и  $1037 \text{ кг/м}^3$  для смеси. В этом случае фигуры после сушки будут иметь достаточную пористость.

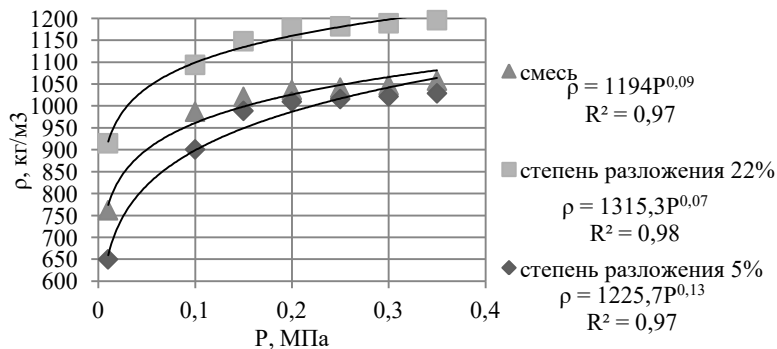


Рисунок 6 – Зависимость плотности торфяного сырья от давления формования

Также была произведена экспериментальная сравнительная оценка процесса естественной сушки торфяных фигур, армированных древесной стружкой, и соответствующих фигур без добавок. На основе полученных экспериментальных данных было выявлено, что интенсивность высыхания торфяных фигур сушки, армированных древесной стружкой, ввиду повышенной пористости теряют большую массу, в отличие от брикетов из торфяного сырья без дополнительных добавок за одинаковые промежутки времени. При этом формованные фигуры, армированные древесной стружкой, подвержены меньшему растрескиванию при сушке и обладают не меньшей прочностью по сравнению с кусками из чистого торфяного сырья. Сушка торфяных фигур в положении, неизменяемом после формования, т.е. когда направление сил гравитации совпадает с градиентом уплотнения фигуры, приводит к уменьшению растрескивания (рисунок 7).

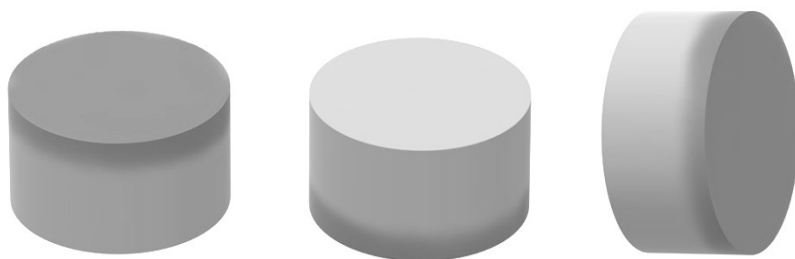


Рисунок 7 – Положение сушки в эксперименте

Для определения прочностных качеств у высушенных групп образцов (образец 1 – торфяная фигура из торфа  $R=22\%$ , образец 2 – торфяная фигура из торфа  $R=22\%$  с добавлением торфа  $R=5\%$ , образец 3 – торфяная фигура с добавлением древесной стружки), был проведен эксперимент по крошимости торфяных фигур после сушки (рисунок 8). Полученные данные говорят о том, что добавление стружки в торфяные фигуры сушки не оказывает отрицательного воздействия на их прочностную способность, а, наоборот, армирует форму фигуры сушки. Таким образом, второе положение, вынесенное на защиту, следует считать доказанным.

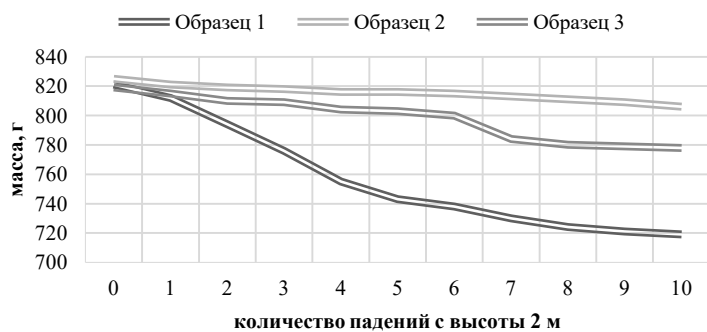


Рисунок 8 – Изменение массы фигур сушки в процессе оценки их крошимости

Таким образом, регулируя параметры формирования фигур сушки в зависимости от поступающего сырья, можно управлять процессом формирования с целью получения продукции требуемого качества.

Базируясь на проведенных исследованиях, предложен комплекс по добыче и переработке торфяного сырья на неосушенных месторождениях (рисунок 9). В основу процесса входит добыча торфяного сырья, далее сырье поступает на блок разделения, откуда древесные включения поступают в блок дробления, а торфяное сырье на измельчение. После подготовительных работ торфяное сырье перемешивается и отправляется на формование. В блоке перемешивания торфяное сырье усредняют или получают композит торфяного сырья и древесного измельченного сырья. В блоке формования осуществляют формовку фигур сушки либо из чистого торфяного сырья, либо из композита, исходя из требований к продукции. Затем сырье по конвейеру транспортируется для дальнейшей сушки.



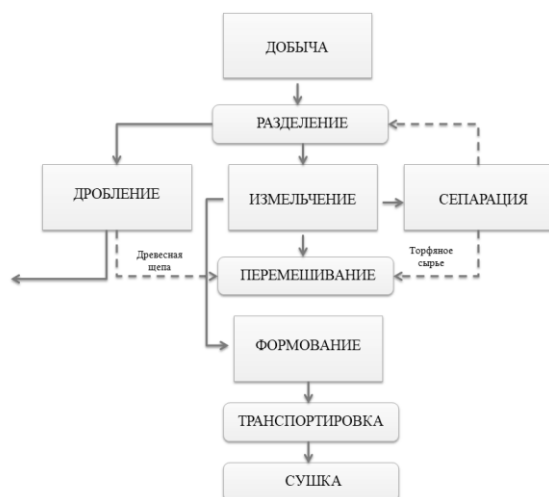


Рисунок 9 – Комплекс по добыче и переработке торфяного сырья

Данное решение положено в основу контейнерного модуля по формованию торфяного сырья для мини-ТЭС ООО «СЕВЗАПТЕХНИКА».

Предложенная новая научная идея позволит в будущем полностью автоматизировать работу модуля и способствовать снижению крошимости при транспортировании готового продукта.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой предлагается новое решение актуальной задачи – обоснование и выбор параметров модуля формования в составе комплекса по добыче и переработке торфяного сырья на неосушенных месторождениях, представлено новое научно обоснованное техническое решение в виде параметров модуля формования торфяного сырья.

1. На основе анализа наиболее интенсивное обезвоживание фигур сушки достигается при давлениях формования до 0,3 МПа. В интервале давлений от 0,1 до 0,3 МПа между влажностью сформованной фигуры сушки и давлением формования существуют степенная зависимость. Наиболее рациональный интервал для формования фигур сушки 0,2 МПа.

2. Торфяные фигуры с необходимыми физико-механическими свойствами могут быть получены при следующих режимах формования: продолжительность выдержки под давлением – 2 с, плотность фигур сушки после формования не должна превышать  $1175 \text{ кг/м}^3$  для торфяного сырья средней степени разложения и  $1037 \text{ кг/м}^3$  для смеси. В этом случае фигуры после сушки будут иметь достаточную пористость.

3. Исходя из эксперимента по изменению омического сопротивления в торфяном сырье при формовании достоверно описывает степенную зависимость в функции давления формования фигуры и ее омического сопротивления, что позволяет получать фигуры торфяного сырья в модуле формования заданной плотности и содержания влаги, при этом зависимость от степени разложения торфяного сырья или состава смеси влагоотделение в процессе формования различна при сохранении единой тенденции, а применение коэффициента приведения, равного отношению фактического значения сопротивления к базовой величине позволяет оценить процент влаги в конкретной фигуре сушки.

4. Определено, что ориентация фигуры формования при выгрузке для ее последующей сушки таким образом, что направление сил гравитации совпадает с градиентом уплотнения фигуры, способствует ее упрочнению, водоотделение при формовании фигуры из смеси торфяного сырья с армирующими добавками в виде торфа низкой степени разложения в пропорции 2:1 или древесных стружек 32:1, до 20 % выше, чем водоотделение механически переработанного торфяного сырья без соответствующих добавок, при этом обеспечивается снижение крошимости фигуры сушки до 18 %.

5. На основании проведенных исследований выявлены функциональные зависимости формования торфяного сырья. Проведены оценочные лабораторные исследования по формованию торфяного сырья. Предложены технические решения модуля формования функциональных элементов агрегатированного торфодобывающего комплекса горного оборудования для работы на неосушенных месторождениях защищены патентами на изобретения РФ № 191627 «Прессовое устройство формования и обезвоживания торфяного сырья» и

№ 2651721 «Технологический модуль первичной переработки». Результаты исследований использованы ООО «Севзаптехника», г. Санкт-Петербург на стадии формирования исходных данных для разработки технического задания на проектирование комплекса оборудования по добыче и переработке торфяного сырья для участка недр местного значения.

6. Развитие идеи учета величины силового воздействия при формировании торфяного сырья посредством оценки плотности и влаги фигуры сушки по относительной величине удельного омического сопротивления и повышения качества формуемой фигуры при сушке учетом совпадения направления гравитационных сил и градиента уплотнения фигуры, является перспективным направлением в развитии теории и практики горного оборудования для производства энергоплотного торфяного топлива при реализации наилучших доступных технологий в рамках климатически-нейтральной хозяйственной деятельности.

#### **СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

*Публикации в изданиях из Перечня ВАК:*

1. Иванов, С.Л. Оценка нагрузок при измельчении торфяного сырья естественного влагосодержания роторной дробилкой / А.А. Коконков, Д.Д. Северикова, С.Л. Иванов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – №. 10. – С. 43-48. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-10-0-48-53

2. Михайлов, А.В. Методы интенсификации полевой сушки торфяного сырья и способы ее механизации / О.Ж. Гармаев, Д.Д. Северикова, А.В. Михайлов // Интернет-журнал Науковедение. – 2017. – Т. 9. – № 3.

*Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus:*

3. Ivanov, S.L. Experimental estimation of specific heat of combustion of agglomerated peat fuel / A.A. Kokonkov, **D.D. Lyah**, S.L. Ivanov, G.A. Stroykov, P.V. Ivanova // IPDME 2019 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 378 (2019) 012046 DOI:10.1088/1755-1315/378/1/012046.

4. Ivanov, S.L. Autonomous complex module for peat development on watered deposits / А.А. Коконков, **Д.Д. Liakh**, S.L. Ivanov // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 194 (2018) 032011 DOI:10.1088/1755-1315/194/3/032011.

*Публикации в прочих изданиях:*

5. Звонарев, И.Е. Формование торфоблоков измельченного торфяного сырья естественной влажности / **Д.Д. Северикова**, И.Е. Звонарев // Сборник трудов IV международной научно-практической конференции. Отв. ред. В.В. Габов, Н.С. Голиков. – 2016. – С. 110-112.

6. Иванов, С.Л. Модуль подготовки торфо-древесной смеси комплекса горного оборудования для разработки обводненных торфяных месторождений / А.А. Коконков, **Д.Д. Лях**, С.Л. Иванов // Сборник трудов научно-практической конференции «Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация». Санкт-Петербург: СПбФ НИЦ МС. – 2018. – С.165-167.

7. Иванов, С.Л. Обоснование параметров модуля формования торфяного сырья и энергомассовых характеристик комплекса оборудования по добыче и переработке торфа / **Д.Д. Лях**, И.Н. Худякова, С.Л. Иванов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 6. – С. 93–108.

*Патенты:*

8. Патент № 191627 U1, МПК В01D 29/82, С02F 11/12, С10F 7/04. Прессовое устройство формования и обезвоживания торфяного сырья: № 2019110655 : заявл. 09.04.2019: опубл. 14.08.2019 / **Д.Д. Лях**, А.А. Коконков, С.Л. Иванов, О.Ж. Гармаев ; заявитель СПбГУ. – 5 с.: ил.

9. Патент № 2651721 С1, МПК С10F 7/02 Технологический модуль первичной переработки : №2017122661 : заявл. 27.06.2017, опубл. 23.04.2018 / А.А. Коконков, **Д.Д. Северикова**, С.Л. Иванов ; заявитель СПбГУ. – 5 с.: ил.