

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»

На правах рукописи

Фадеев Дмитрий Владимирович



ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ
ПЛАТФОРМЫ КОМПЛЕКСА ДОБЫЧИ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ НА
НЕПОДГОТОВЛЕННОЙ ЗАЛЕЖИ

Специальность 05.05.06 – Горные машины

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Иванов С.Л.

Санкт-Петербург – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 СПОСОБЫ ДОБЫЧИ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ	10
1.1 Структура и запасы торфа в Российской Федерации и в мире.....	10
1.2 Классификация торфа	14
1.3 Применение торфа на современном этапе.....	15
1.4 Характеристика торфяного месторождения.....	17
1.5 Способы добычи торфяного сырья и применяемое при этом оборудование.....	19
1.5.1 Резной способ добычи торфа	22
1.5.2 Технология добычи фрезерного торфа	23
1.5.3 Гидромониторный способ	24
1.5.4 Экскаваторный способ.....	26
1.5.5 Добыча на обводненных месторождениях	27
1.6 Выводы по главе 1	28
ГЛАВА 2 ОБОСНОВАНИЕ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ПЛАТФОРМЫ КОМПЛЕКСА ДЛЯ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ ИЗ НЕОСУШЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	31
2.1 Анализ существующих платформ для добычи и переработки торфяного сырья.....	31
2.2 Схемные решения конструкции плавучей платформы	33
2.3 Обоснование габаритов понтона	39
2.4 Принцип работы платформы.....	42
2.5 Выбор органа перемещения	45
2.6 Выводы по главе 2.....	50
ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ОЦЕНКЕ УСИЛИЙ В ОПОРАХ РАМЫ ПЛАТФОРМЫ.....	52
3.1 Теоретическая оценка усилий в опорах платформы при решении статически неопределенной задачи.....	52
3.2 Экспериментальная оценка усилий в опорах платформы при решении статически неопределенной задачи на физической модели.....	57
3.3 Направляющие скольжения и их расчет	61
3.4 Выводы по главе 3.....	68

ГЛАВА 4 МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЗОК В ОПОРАХ ШАГАЮЩЕЙ ПЛАТФОРМЫ ГОРНОГО КОМПЛЕКСА	70
4.1 Математическое обоснование выбора упрощенных моделей и методов расчета функциональных узлов	70
4.2 Исследование параметров динамического изгиба конструкции	79
4.3 Моделирование процесса перемещения платформы	82
4.4 Реализация конструкции платформы в виде заявки на изобретение	86
4.5 Выводы по главе 4	87
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	89
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	91
ПРИЛОЖЕНИЕ А Свидетельство о государственной регистрации патента на изобретение «плавучая платформа».....	109
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Свидетельство о государственной регистрации патента на изобретение «трансформируемое сооружение»	111
ПРИЛОЖЕНИЕ В Акты внедрения результатов исследования	113

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Добыча торфяного сырья с использованием существующего горного оборудования сопряжена с необходимостью водопонижения, что негативно влияет на флору и фауну ареала, ведет к деградации территорий и, в конечном счете, оказывает влияние на изменение микроклимата. «Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года» предполагает разработки наилучших доступных технологий и, в частности, климатосберегающих. Переход к таким геотехнологиям при добыче торфяного сырья требует создания новых горных машин и комплексов способных функционировать на обводненных территориях. При этом для комплексов горных машин необходимо создавать специальные самоходные платформы. Таким образом, создание самоходной платформы комплекса добычи торфяного сырья для применения на неподготовленной залежи является актуальной.

Степень разработанности темы исследования

Основополагающие научные разработки в области добычи и переработки сырья инновационными методами представлены трудами таких авторов, как Антонов В.Я., Афанасьев А.Е., Бессонов Е.А., Богатов Б.А., Варенцов В.С., Гамаюнов С.Н., Гревцев Н.В., Жигульская А.И., Жуковский Н.Е., Журавлев А.В., Зюзин Б.Ф., Корчунов С.С., Кузнецова Л.М., Малков Л.М., Михайлов А.В., Опейко Ф.А., Панкратов Н.С., Самсонов Л.Н., Селеннов В.Г., Солопов С.Г., Терентьев А.А., Фомин В.К., Штин С.М., Ялтанец И.М., Arvo Leinonen, Donald Clarke, Kari Mutka, Tom Malterer и другие ученые.

В трудах этих ученых недостаточно глубоко рассмотрены вопросы обоснования и выбора параметров механизма перемещения платформы комплекса добычи торфяного сырья на неподготовленной залежи, что требует дополнительных теоретических и экспериментальных исследований.

Целью исследования является выявление закономерностей процесса функционирования механизма перемещения при пошаговом перемещении платформы комплекса добычи торфяного сырья по неосушенной залежи, для

научно обоснованного технического решения шагающей плавучей платформы горного комплекса, что вносит значительный вклад в развитие горной отрасли страны.

Идея исследования заключается в том, что по мере отработки месторождения пошаговое перемещение плавучей платформы, состоящей из взаимосвязанных между собой понтонов, подвижные понтоны шагания относительно платформы перемещают по фронту движения последней по специальному алгоритму с установкой прикольных свай и последующим закреплением о дно выработки, после чего вся система перемещается по водной поверхности, отработанной части месторождения во фронтальном направлении, наезжая на вперед выдвинутые понтоны шагания.

Задачи исследования:

1. Провести анализ теоретических и экспериментальных исследований по теме диссертационной работы;
2. Провести обзор и анализ существующих комплексных технологических решений по добыче и переработке торфяного сырья;
3. Провести теоретические исследования оценки усилий в линейных подшипниках скольжения;
4. Предложить алгоритм перемещения платформы;
5. Провести экспериментальные исследования на моделях механизма шагания платформы;
6. Разработать имитационную модель процесса шагания платформы с оценкой кинематических и силовых параметров движения в опорах скольжения механизма шагания платформы;
7. Предложить технические решения плавучей шагающей платформы.

Научная новизна работы:

Предложен алгоритм и разработана имитационная модель для решения статически неопределенной задачи – оценки усилий, возникающих в опорах при пошаговом перемещении платформы горного комплекса, позволяющих учитывать неравномерность загрузки палубы платформы.

Теоретическая и практическая значимость работы:

Предложено решение задачи учета и оценки нагрузок в стержневых опорах шагающей плавучей платформы и соответствующих нагрузках линейных подшипников скольжения понтонов шагания.

Предложены конструктивные и схемные решения плавучей платформы с механизмом шагания для размещения горного оборудования для отработки неосушенных торфяных месторождений.

Результаты диссертационной работы приняты к использованию для разработки технического задания в АО «ОмскВодоканал» и ЗАО «Пургаз» на проектирование комплекса добычи и переработки торфяного сырья для участков недр местного значения, также могут быть рекомендованы для разработки конструкторской документации при создании инновационных решений для добычи и переработки торфяного сырья.

Соответствие паспорту специальности

Тема исследования соответствует следующим областям исследования паспорта научной специальности 05.05.06 – Горные машины: п.4. «Обоснование и выбор конструктивных и схемных решений машин и оборудования во взаимосвязи с горнотехническими условиями, эргономическими и экологическими требованиями».

Методология и методы исследования. При решении поставленных задач используется комплексный подход, включающий научный анализ и обобщение теоретических и экспериментальных исследований в области горных машин и оборудования торфяного производства и функционирования этих машин, а также компьютерное моделирование. Методологической основой работы является системный подход к изучаемым средствам добычи, а также теоретический анализ и обобщение результатов фундаментальных и прикладных работ отечественных и зарубежных авторов, методы теории проектирования горнодобывающих комплексов, многокритериального анализа, имитационного моделирования по средствам программного продукта «Ansys 2019 R3».

Положения, выносимые на защиту:

1. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждена работоспособность схемы пошагового перемещения платформы, по разработанному алгоритму, при этом перемещение понтонов внешнего периметра обеспечивает движение платформы в любом из четырех направлений, по средствам силовых гидроцилиндров в линейных подшипниках скольжения.

2. Усилие в опорах между палубой платформы и понтонами с достаточной для инженерных расчетов точностью может быть оценено, как совместное решение статически неопределенных задач в каждой из линий опор, условно расчленяющих платформу по принципу д'Аламбера, при этом имитационная модель процесса взаимодействия опор палубы платформы и взаимодействующих с опорами понтонов учитывает неравномерность загрузки палубы платформы и обеспечивает оценку загрузки опор платформы в контакте последних с неподвижными гнездами и линейными подшипниками скольжения.

Степень достоверности и апробация результатов работы. Теория построена на известных, проверяемых данных, фактах, в т.ч. для предельных случаев, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертационной работы. Использовано сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике. Экспериментальные результаты получены на сертифицированном оборудовании.

Основные положения работы, результаты теоретических и экспериментальных исследований докладывались и получили положительную оценку на международных конференциях: 59-ая международная научная конференция студентов и молодых ученых в Краковской горно-металлургической академии (г. Краков, Польша, 2018 г.); 14-ая международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» (г. Тула, 2018 г.); 7-ая международная научная конференция студентов и молодых ученых во Фрайбергской горной академии Freiburger-St.Petersburger Kolloquiumjunger Wissenschaftler, (г. Фрайберг,

Германия, 2018 г.); международная научно-техническая конференция «Чтения памяти В.Р. Кубачека: Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности» (г. Екатеринбург, 2019 г.); международная научно-практическая конференция «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME» (г. Санкт-Петербург, 2019 г.); 3-я международная научная конференция «Наука будущего - наука молодых» (г. Сочи, 2019 г.); III - международная научная конференция «Науки будущего» IV Всероссийского форума «Наука будущего - наука молодых» (г. Санкт-Петербург, 2020 г.); 77-ая международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования» (г. Магнитогорск, 2020 г.).

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач диссертационного исследования; анализе зарубежной и отечественной научной литературы по теме исследования; в анализе параметров горных машин и оборудования торфодобывающего комплекса горного оборудования; в обосновании выбора схемного решения для комплекса оборудования; в разработке алгоритма и имитационной модели шагающей платформы добычи торфяного сырья на неосушенных месторождениях; в получении исходных данных и научных экспериментах; в обработке и интерпретации экспериментальных данных; в подготовке публикаций, отражающих основные положения и результаты диссертационного исследования; в апробации результатов исследования; разработке экспериментальных стендов; теоретическом обосновании параметров усовершенствованных конструкций оборудования по торфодобыче; анализе промысловых исследований.

Публикации результатов диссертационной работы. Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 9 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 1 статье – в изданиях, входящих

в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получено 2 патента на изобретения.

Структура работы. Диссертация состоит из оглавления, введения, 4 глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 166 наименований и 3 приложений. Диссертация изложена на 115 страницах машинописного текста, содержит 53 рисунка и 9 таблиц.

ГЛАВА 1 СПОСОБЫ ДОБЫЧИ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1.1 Структура и запасы торфа в Российской Федерации и в мире

Торф – органическая горная порода, образующая в результате отмирания и неполного распада болотных растений в условиях повышенного увлажнения при недостатке кислорода и содержания не более 50 % минеральных компонентов на сухое вещество [34], рисунок 1.1.



Рисунок 1.1 – Принцип образования торфяной залежи [127]

Торф – второе по запасам (после каменного угля) органическое топливо России. Запасы торфа в стране составляют $175,6 \cdot 10^9$ т (в 40 % условной влажности) или $61,3 \cdot 10^9$ т условного топлива. Промышленные запасы торфа (с глубиной залежи более одного метра) расположены на площади $50,84 \cdot 10^6$ га, что почти равно всей территории Франции [61].

Российская Федерация является лидером среди всех стран мира по запасам торфа, а именно, доля торфа, находящегося на территории страны составляет 35 % мировых запасов, около 60 % из них по технологическим факторам оценены как потенциально извлекаемые [98]. Кроме того, торф относится к возобновляемому топливу, его ежегодный прирост на территории России оценивается в $250 \cdot 10^9$ т (или $88 \cdot 10^6$ т условного топлива) [35]. В России доля занятых торфяниками земель достигает 31,8 % в Томской области (Васюганские

болота) и 12,5 % – Вологодской [138]. В переводе на условное топливо запасы торфа оцениваются в $61,3 \cdot 10^9$ т, что больше запасов нефти и газа, вместе взятых [29]. Васюганское болото является самым уникальным болотом в мире на заболоченной территории Западной Сибири, которая по концентрации болот, их расположению и интенсивности заболачивания не имеет аналогов на земном шаре, рисунок 1.2 [19, 40, 63]. Васюганские болота граничат с Томской, Омской, Тюменской, Новосибирской областями, а также Ханты -Мансийским автономным округом, несомненно, оказывая в особенности климатическое воздействие на прилегающие регионы [20]. По данным на 2003 год на торфяном месторождении Васюганское сосредоточено $18,7 \cdot 10^6$ т торфа, что составляет 16 % от запасов всего Западно-Сибирского региона. Разведанные запасы торфа Васюганского болота на 2021 год составляют 10^9 т торфа [19, 20, 40].

Васюганские болота располагаются в междуречье реки Оби и водораздела реки Иртыш, по значимости и ценности сравнимы многими учеными с озером Байкал, по оценке ученых 400 км^3 составляет пресная вода, а сами Васюганские болота содержат более 800 небольших озер, многие реки берут начало именно из этих болот [19, 20, 40, 63].



Рисунок 1.2 – Фрагмент Васюганских болот [126]

Применение торфа безгранично, в энергетическом комплексе он используется в качестве топлива для производства электроэнергии [77, 144]; тепла

на электростанциях или непосредственно как источник тепла для промышленных, жилых и других целей [121]; в садоводстве и сельском хозяйстве в качестве удобрения [11, 73]; в химической технологии и медицине для получения активированного угля, смол и воска, лекарственных препаратов и пр. [9, 11, 107, 108]. Кроме того, торф противодействует парниковому эффекту, связывая углерод, поэтому в условиях принятого Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН об изменении климата, направленного на сокращение углерода и повышению качества поглотителей и накопителей парниковых газов, торф становится особенно ценным природным ресурсом [43, 122]. Поэтому с одной стороны именно Васюганские болота оказывают значительное влияние на климат Сибири, а с другой, представляют собой препятствие к глобальному потеплению планеты [19, 20, 40].

Помимо Васюганских болот запасы торфа в целом равномерно распределены по территории РФ. Издавна в связи с наличием на территории страны такого природного богатства изучением торфа занимались многие советские и российские ученые, такие как: Антонов В.Я. [4, 5, 92]; Афанасьев А.Е. [6, 7, 117]; Вавилов П.М. [14]; Варенцов В.С. [17, 18]; Веллер М.А. [21]; Волларович М.П. [24, 37]; Горячкин В.Г. [30-32, 93]; Зюзин В.А. [29, 37]; Наумович В.М. [72, 73]; Раковский В.Е. [107, 108]; Севергин В.М. [37]; Сидякин С.А. [93, 94]; Солопов С.Г. [95, 120, 125]; Тюремнов С.Н. [128] и другие.

Основополагающие научные разработки в области добычи и переработки сырья инновационными методами представлены трудами таких авторов, как Антонов В.Я. [4, 5, 92]; Афанасьев А.Е. [6, 7, 117]; Богатов Б.А. [12, 13]; Гамаюнов С.Н. [4, 25]; Корчунов С.С. [51]; Михайлов А.В. [65–71, 84, 85, 88, 89]; Иванов С.Л. [67, 70, 84–89]; Самсонов Л.Н. [21]; Штин С.М. [144, 145]; Ялтанец И.М. [146, 147] и другие.

Впервые в науке растительное происхождение торфа было установлено в 1759 году первым русским академиком М.В. Ломоносовым, который внес несомненный вклад в развитие науки о торфе [59]. Помимо М.В. Ломоносова [3, 22, 49, 59], к вопросам изучения добычи торфа обращались такие видные

исследователи, как И.Г. Леман [56]; А.К. Шлегельмильх [143]. В XIX веке к вопросу исследования добычи торфа в своих трудах обращались Г. Энгельман [115]; И. Чернопяттов [115]; В.В. Докучаев [36, 74]; П.С. Соловьев, однако, все же их труды больше посвящены науке болотоведения. Лишь в труде Г. Энгельмана 1810 года упоминается об осушении болот для добычи торфяного сырья [115]. Научной сферой исследователей XX века в основном была физика торфа, исследователями в этой области являются М.П. Волярович [24] – основатель научной школы «Физика торфа», исследования А.Е. Афанасьева [6, 7, 117] в этой области связаны с кусковым торфом и сапропелем. Впервые открыл метод выплавки чугуна на торфе П.М. Вавилов [14]. Помимо физики торфа авторы занимались такой научной сферой, как химия торфа [55, 107, 108, 121]. К исследователям в этой области относятся – В.Е. Раковский – основатель научной школы «Химия и химическая технология торфа» [107, 108]. Вопросами механической переработки торфа занимались В.М. Наумович [73, 74], его труд посвящен сушке торфа и получению готовых торфяных брикетов для использования в качестве топлива и В.Г. Горячкин [30–32, 93], работы которого также посвящены изучению процессов добычи торфа и производной от него продукции.

Видным ученым XX века в области геоботаники торфа является С.Н. Тюремнов [128].

В то время торфяная промышленность является главным сегментом ТЭК и обеспечивает национальную безопасность России [122, 148]. К 1988 году в результате ряда правовых и экономических реформ темпы добычи торфа начали быстро сокращаться. По мнению Маркова В.А. [61] периодов развития торфяной промышленности пять. По мнению современных исследователей [37], таких периодов два, первый – бурное развитие отрасли и второй – спад в области добычи торфа, когда из двухсот действующих предприятий сохранилось не более 50 [37].

1.2 Классификация торфа

Существуют три основных типа торфа: верховой, низинный и торф переходного типа [34]. Каждый вид торфа в свою очередь делится на подтипы и группы (виды), рисунок 1.3.

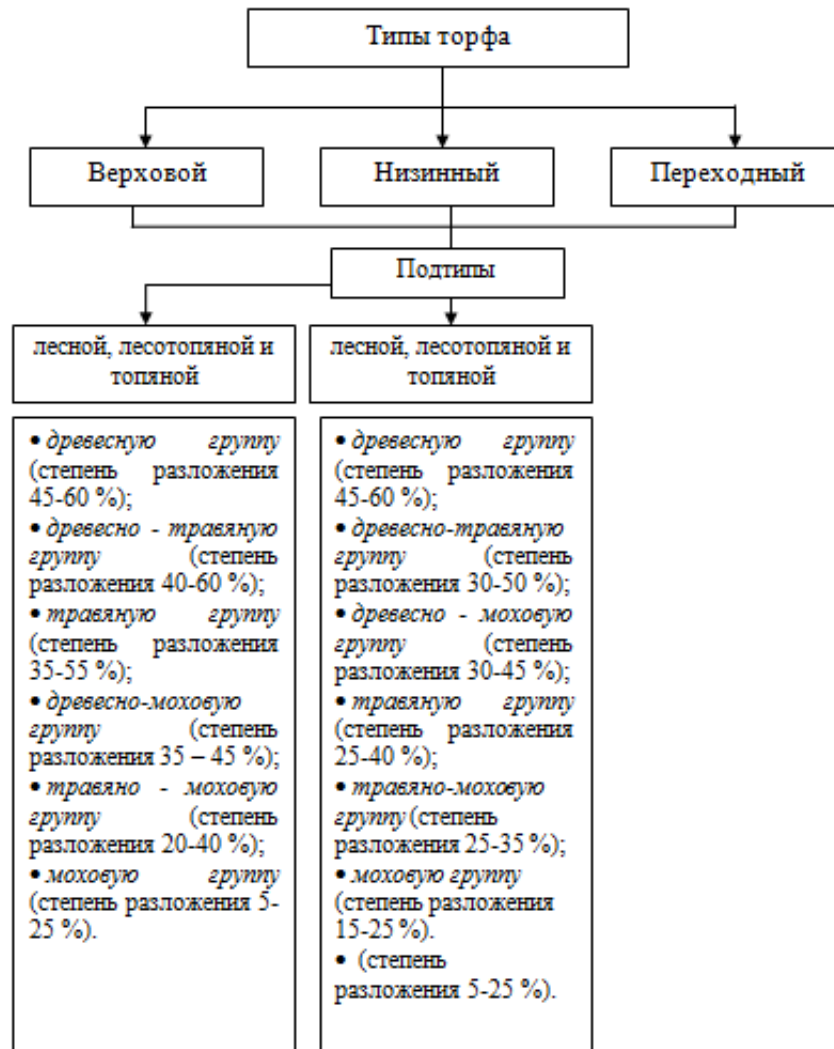


Рисунок 1.3 – Классификация торфов

Верховой торф представлен олиготрофной растительностью увлажненной атмосферными осадками, содержит зольные элементы 1–5 %, органические вещества – 99 – 95 %.

Низинный торф – торф, который образован эфтрофного вида растительностью, располагается в долинах рек, содержит в составе олиготрофной растительности не более 10 %, переувлажнение его основы (ольхи, мха, осоки)

вызвано, как правило, грунтовыми водами, процент зольности составляет 6–18 %.

Торф переходного типа – образован при переувлажнении грунтовыми водами, бедными минеральными солями, зольностью 4 – 6 % [34].

1.3 Применение торфа на современном этапе

Исторически сложилось, что торф играет роль энергического ресурса с XVIII века, развиваясь от источника тепла для жилищ до основного источника топлива для промышленности [39]. Применение торфа практически во всех отраслях промышленности и секторах экономики делает данный природный ресурс необходимым для добычи и сегодня [35, 98]. На протяжении веков торф играл ключевую роль в энергетике страны и активно использовался в сельском хозяйстве и других отраслях [35, 46]. На современном этапе основными видами использования торфа в секторах экономики являются: применение торфа в сельском хозяйстве, в качестве удобрения, как сырьё для химической промышленности и в качестве топлива для электростанций [46, 48, 104, 118, 145].

Металлургия: ранее торф использовался в виде метобрикетов как топливо в данной отрасли, на данный момент торф больше используется в качестве метофильтров для очистки стали и цветных металлов. В особенности актуальным на современном этапе является использование торфа как сорбента в алюминиевой промышленности для снижения углеродного следа от производства красных шламов и выбросов углекислого газа в атмосферу. Использование торфа как местного ресурса в данном случае позволяет существенно снизить затраты на дорогостоящие природоохранные мероприятия, необходимые для существования производства в рамках экологической повестки, а также значительно уменьшить пагубное воздействие отходов алюминиевого производства на окружающую среду [14, 26, 77, 124].

Помимо алюминиевой промышленности торф широко используется в иных секторах экономики, представленных на рисунке 1.4.

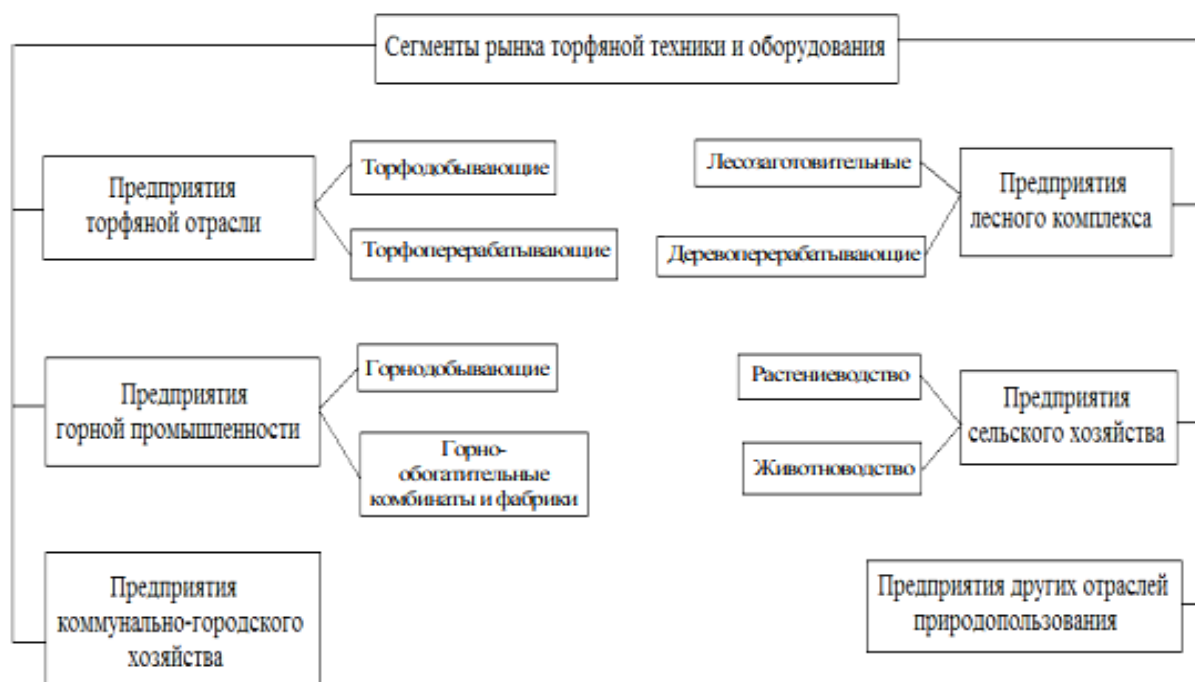


Рисунок 1.4 – Сегменты рынка торфяного машиностроения в РФ [37]

Химическая промышленность: из торфа получают этиловый спирт, фенол, воск, парафин, уксусную и щавелевые кислоты. Особенно торф ценится в химической промышленности, готовые компоненты, полученные из торфа путем химических и физических реакций, применяют для синтеза новых химических веществ, например, осахаренный торф применяется для производства спирта. Кроме того, торф используется в качестве сорбента, впитывая в себя вместе с жидкостью негативные вещества в нефтепродуктах, растворах [9, 55, 107, 108, 118, 121].

Сельское хозяйство: в данной отрасли торф используется для создания почвосмесей в качестве органики, стимулирует рост растений, в том числе комнатных, почвосмеси используется также для теплиц и рассады. Кроме того, верховой и низинный торф с определенной степенью разложения используется для производства удобрений в промышленных масштабах, торфяная вода также используется для подкормки растений. В животноводстве верховой торф используется в качестве подстилки, кормовых дрожжей [11, 73].

Энергетический комплекс: в качестве брикетов используется для отопления частных домов, является основой малой энергетики страны. В качестве топлива используется верховой или переходный торф, который с помощью

горных машин превращают в порошок, брикеты, гранулы или пеллеты [77, 88, 129].

Строительство: благодаря своей высокой теплопроводности низинный и верховой торф используется в строительстве в качестве теплоизоляционных блоков и плит, а также из торфа изготавливают торфозит – наполнитель для пористого бетона. Вытяжка из торфяной воды используется в строительстве в качестве добавки к бетону. Также торф используется в качестве фильтров в ливневках, гидроизоляционных сооружениях [35, 104, 123, 127].

Медицина: применяется в качестве бактерицидного и противовоспалительного средства, широко применение торфа в косметологии, в санаторно-курортных и оздоровительных целях, стоматологии [35, 104, 127].

Помимо перечисленных выше сфер применения торфа, главным его достоинством является то, что именно торф противодействует парниковому эффекту [39, 43, 77, 122], поэтому становится особенно ценным природным ресурсом [43].

Как уже было сказано ранее, Правительством РФ разработана Энергетическая стратегия до 2035 года [35], согласно которой, развитие энергетического комплекса должно осуществляться экономически эффективно за счет применения местных ресурсов электроснабжения, в особенности для удаленных регионов. Для достижения данной цели необходима модернизация современных комплексов добычи и переработки торфяного сырья, поэтому далее будут рассмотрены существующие технические решения в области добычи торфа [122].

1.4 Характеристика торфяного месторождения

Накопление торфа разного состава в определенной последовательности формирует торфяное месторождение и определяет его развитие [34]. В результате торфяное месторождение обладает уникальными характеристиками и имеет характерные черты строения, под которыми понимается характеристика и процент содержания растительности, воды и минеральных веществ. В

соответствии с классификацией торфа выделяют: залежи низинного типа, верхового, смешанного и переходного. Наиболее распространены залежи низинного типа их доля распространения по территории РФ составляет 45 %, верхового 41 %, процент содержания залежей смешенного типа составляет 11 %, а переходного 3 % [34].

Торфяные месторождения верхового и низинного типа в зависимости от способа добычи торфяного сырья, которые будут рассмотрены далее, могут быть как осушаемые, так и неосушенными.

Под *торфяным болотом* понимается болото с отложениями торфа от 0,3 до 1,0 м в неосушенном состоянии [34].

Заболоченная земля – это болото с минеральными почвами или отложениями торфа не более 0,3 м в неосушенном состоянии [34].

Процесс осушения болот вызван их освоением, в целях повышения экономического потенциала торфяных месторождений. В естественной среде торфяные болота обводнены и остаются влажными из-за низкой гидравлической проводимости, которая сдерживает влагу [71].

После осушения месторождение теряет качество торфяной воды, в которой уже наблюдается низкая щелочность, отсутствуют взвешенные и необходимые питательные вещества [71].

Проблеме обхода осушения месторождений посвящено не мало научных трудов, большое внимание данному вопросу уделялось в западных странах экспортерах торфа. Несмотря на то, что темпы добычи роста торфа по сравнению с темпами его образования, значительно ниже, на сегодняшний день, наиболее прогрессивными и, так называемыми, «технологиями будущего» в условиях международной торфяной стратегии – являются технологии добычи торфа в условиях неосушенных месторождений в целях сохранения экологического баланса окружающей среды [77, 98].

1.5 Способы добычи торфяного сырья и применяемое при этом оборудование

Технологии добычи торфа сводятся к двум основным видам: фрезерование и экскавация, таблица 1.1 [15, 10, 21, 25, 37, 65, 66, 68, 88, 117].

Таблица 1.1 – Способы добычи торфа

Основа способа добычи торфа	Вид добываемого торфа–сырца	Способ производства торфяной продукции
Экскавация	Кусками	Ручной резной
		Машино- резной
	Комковатый	Экскаваторный
		Багерный
Гидромеханизация	Гидромасса	Бульдозерный
		Гидравлический
		Земснарядный
Механическое рыхление	Крошкообразный	Скважинная гидродобыча торфа
		Фрезерный
		С пассивным рыхлением
		Фрезформовочный

По обоим способам добычи разработаны комплексные механизированные системы [33]. В результате добычи получают кусковой или фрезерный торф. Классификация существующих комплексов и машины для добычи торфяного сырья представлена на рисунках 1.5-1.6. При создании данной классификации авторами за основу было выбрано разделение существующих машин на комплекты и комплексы. В качестве классифицирующего признака выбран технологический процесс.

В соответствии с приведенной классификацией существующие комплексы торфяных машин подразделяются на пять классов общего назначения:

- 1) для рытья и ремонта осушителей торфяных месторождений;
- 2) для подготовки поверхности залежи к разработке;
- 3) для производства фрезерного торфа;
- 4) для добычи производства кускового торфа;
- 5) для погрузки, перегрузки и транспортирования торфа;

Рассмотренная выше классификация торфяных машин также позволяет заключить, что многие операции и процессы механизированы и имеются условия

для автоматизации определенных операций производства торфа, а именно переход к дистанционному и автоматизированному управлению комплексом полного цикла [144, 145].

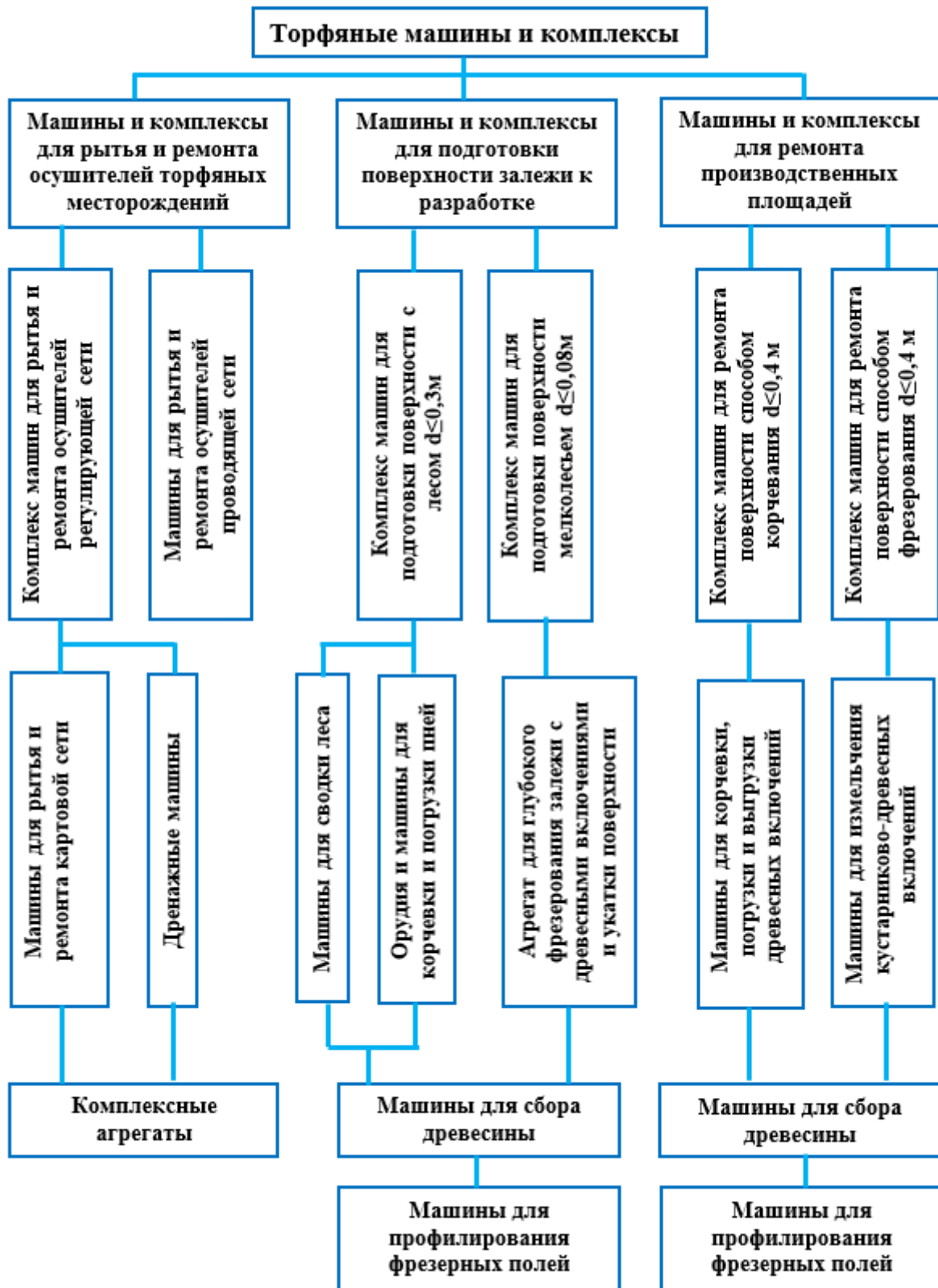


Рисунок 1.5 – Классификация торфяных машин

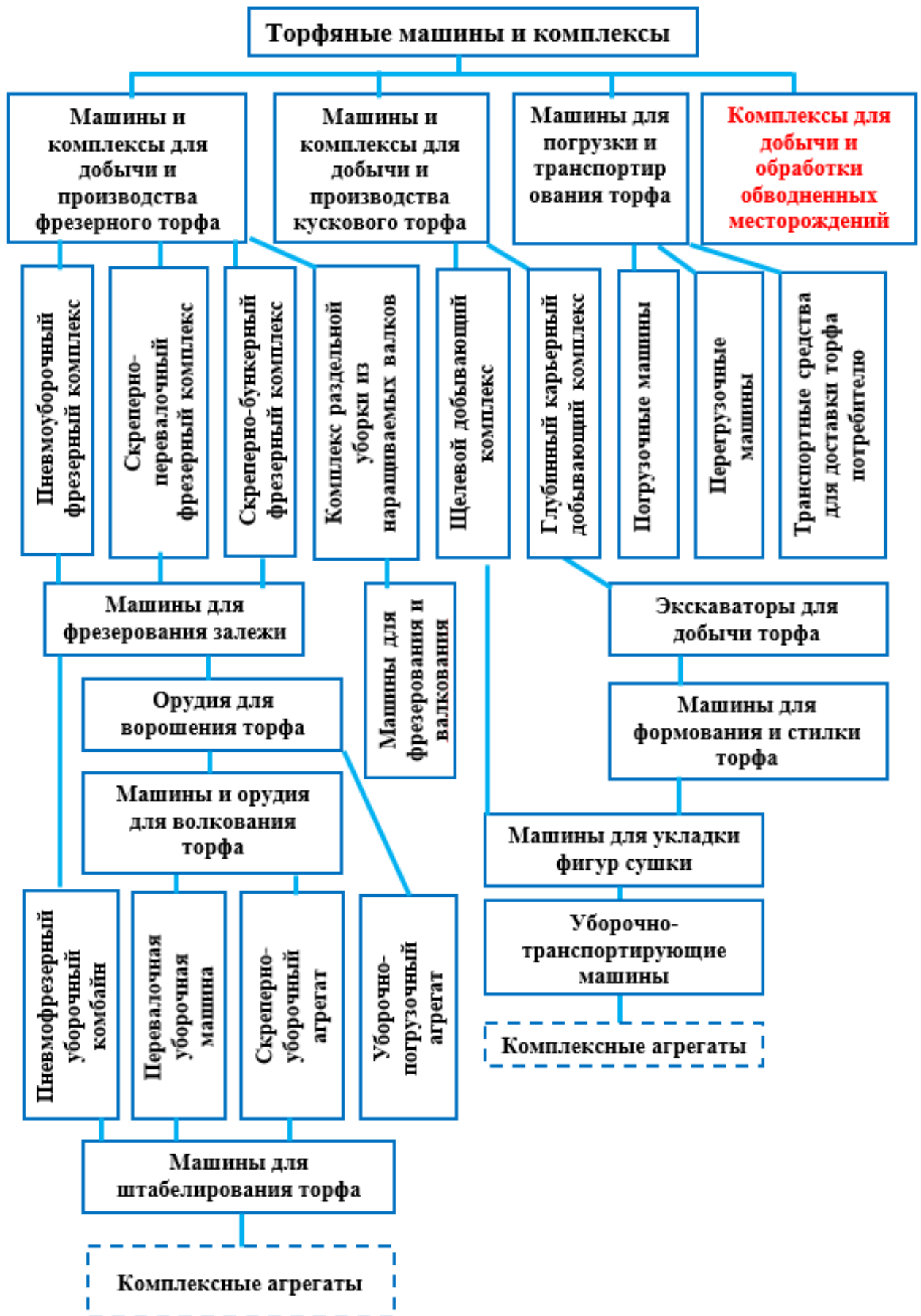


Рисунок 1.6 – Классификация торфяных комплексов машин

1.5.1 Резной способ добычи торфа

Ретроспективный анализ развития торфяной промышленности в Российской Федерации, история модернизации торфяных машин, исследования способов добычи торфа со времен российской империи до сегодняшних дней, показывает, что способы добычи торфяного сырья совершенствовались по мере роста объемов и темпов добычи, а также с появлением новых способов добычи происходила модернизация торфяных машин [4, 10, 12, 15, 25, 30, 60].

Впервые добыча торфа в Российской империи происходила резным способом, использование торфа было связано с отоплением домов брикетами (кирпичами, которые крестьяне вырезали у границ болота) [59, 115]. Трудоемкая работа занимала много времени, чаще всего ее приостанавливала вода, которая заполняла карьер после вырезки торфа.

Постепенно из хаотичного вырезания торфа сложилась система, в которой были выделены участки на местности для централизованного осушения торфа, напоминающая внешне карьеры машинно-формовочной добычи торфа. Следующим этапом стала механизация добычи торфа резным путем, однако важный признак этого способа сохранился, структура торфа оставалась по-прежнему одинаковой [25, 98].

Следующим этапом в развитии резного способа становится – резной-формовочный способ, формование торфа уже подразумевает нарушение его структуры, однако такой процесс позволяет добиться прочности и плотности торфа. Появляются элеваторные машины, благодаря которым извлечение торфа из карьера происходит с помощью транспортера [10, 21].

Достоинством данного способа является сохранение наиболее естественной структуры и свойств торфа. Однако, при анализе самого процесса, можно сказать о том, что такой способ подразумевает высокие трудозатраты, низкие темпы добычи и отсутствие рентабельности.

Несмотря на то, что данный способ не требует высокой степени осушения залежи, *к недостаткам* данного способа можно отнести следующее: добыча торфа таким способом может осуществляться только на беспнистой залежи, при

подготовке площади для добычи путем выкорчевывания будут нарушены свойства торфа, такие как монолитность и цельность кусковой продукции, после цикла остается рваная поверхность, что заметно проявляется при сушке продукции [10, 15, 21, 27].

1.5.2 Технология добычи фрезерного торфа

Для получения готовой продукции фрезерным способом выполняются такие технологические операции, как фрезерование или измельчение верхнего слоя залежи, сушка фрезерного торфа, его последующая уборка и штабелирование готовой продукции, далее происходит транспортировка в перерабатывающие цеха.

Способ фрезерования подразумевает выполнение операции на строго определенной глубине. На сегодняшний день существуют различные модификации фрезерной технологии.

Добыча торфа фрезерным способом в промышленных масштабах началась в 1930 году, далее данным способом добывалось 27 % от всей отечественной торфяной продукции [10, 17, 18, 28, 29, 118].

К недостаткам фрезерной добычи торфа можно отнести отсутствие гарантии стабильности качества торфяной продукции, что связано с неоднородностью условий добычи, посторонними включениями, различной зольностью и иными факторами, в результате которых резко снижается теплота сгорания торфа [32, 115, 118].

Достоинством данного способа является увеличение сезонности добычи торфяного сырья и низкая себестоимость продукции, данный способ добычи популярен до сих пор и практически не претерпел модернизации [4, 118, 140].

Начиная с 1930 года совершенствовались машины добычи и переработки торфа фрезерным способом [17, 18].

При сохранении текущих параметров удалось добиться резкого снижения пыления комбайна, так как большая часть воздуха, содержащая пыль, возвращалась, способствуя активизации фрезерной крошки.

Расстояние между собранными ранее валками составляло 2,5 - 4,5 метра, с этих валков вдоль картовых каналов производится сбор торфа. На рисунке 1.7 приведен общий вид фрезера МТФ – 14 [118].



Рисунок 1.7 – Фрезер МТФ – 14 [118]

Фрезерный способ при минимальной энергоемкости позволяет достичь наибольшей механизации процесса добычи торфяного сырья. Поэтому целесообразным считается достижения возможности замены пассивным резанием торфяной залежи в условиях минимального осушения. При достижении таких условий структура торфа будет максимально приближена к естественной, сократится содержание пылевидной фракции в составе. Этап осушения участка, по-прежнему остается, в технологической цепочке добычи торфа фрезерным способом, однако степень осушения должна быть минимальной лишь для прохода специализированной техники, а срок полной разработки участка не должен превышать 5 лет.

1.5.3 Гидромониторный способ

Гидромониторный способ добычи торфа построен на гидроторфе или гидравлическом способе, когда путем гидромониторов торфяная залежь размывается и торф превращается в жидкообразную массу. Далее масса при помощи торфососа попадает на поле сушки, ограниченные земляными дамбами

высотой 0,4 м, после просушки торфяная масса разрезается на куски, как ручным способом, так и с помощью трактора [27].

Прототипом данного способа добычи торфяного сырья стал способ водяной струи, применяемый в золотодобывающей промышленности. Русским инженером Р.Э. Класоном данному способу было положено начало, позднее им был создан торфонасос принцип действия которого описан выше. Классификация гидромониторов представлена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Классификация гидромониторов

Классифицирующий признак	Гидромониторы	
	Вид	Подтип
По способу управления	С ручным управлением	
	С дистанционным управлением	
По способу передвижения	Самоходные	Перемещаемые во время остановки работы с разборкой одного соединения
	Несамоходные	Передвигаемые с помощью телескопической трубы
По положению относительно разрабатываемого забоя	Ближнего действия	—
	Дальнего действия	

На рисунке 1.8 представлен пример существующего гидромонитора.

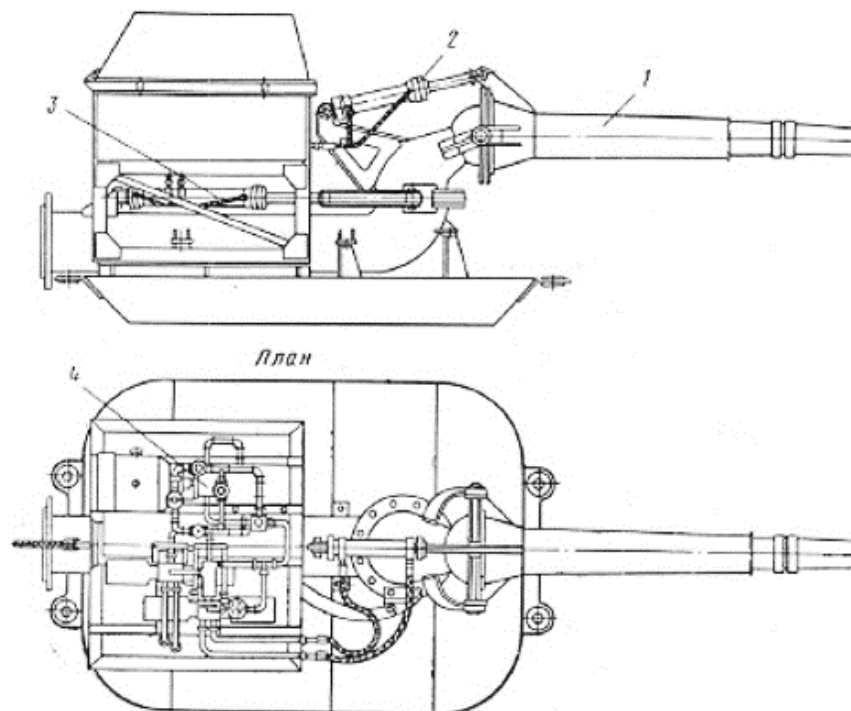


Рисунок 1.8 – Гидромонитор ГМН – 250С [27]

Способ добычи торфяного сырья гидротомонитором применялся на протяжении 25 лет, занимая одно из ведущих мест среди способов по торфодобыче. Достоинством данного способа является низкая трудоемкость, а также невысокая себестоимость продукции, высокая производительность труда. Однако, фрезерный способ добычи оказался по сравнению с гидроторфом еще более производительным и снизил себестоимость продукции в 2,5 раза, вследствие, чего гидравлический способ добычи практически перестал применяться [147].

1.5.4 Экскаваторный способ

Еще одной разновидностью способа добычи торфа является экскаваторный способ, который возник еще в начале прошлого века и оставался популярным до 60-х годов двадцатого столетия, пример приведен на рисунке 1.9.

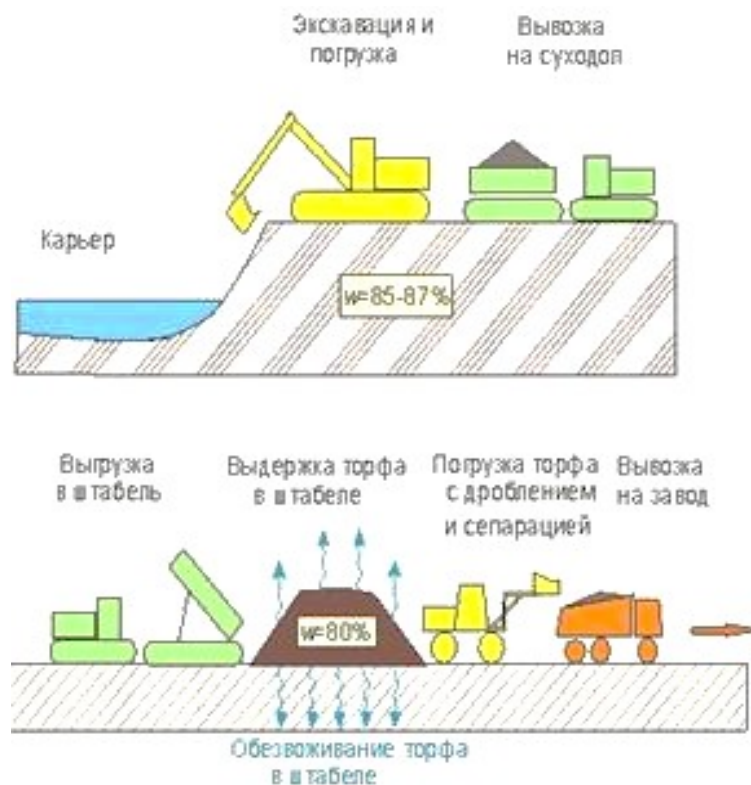


Рисунок 1.9 – Экскаваторный способ добычи [104]

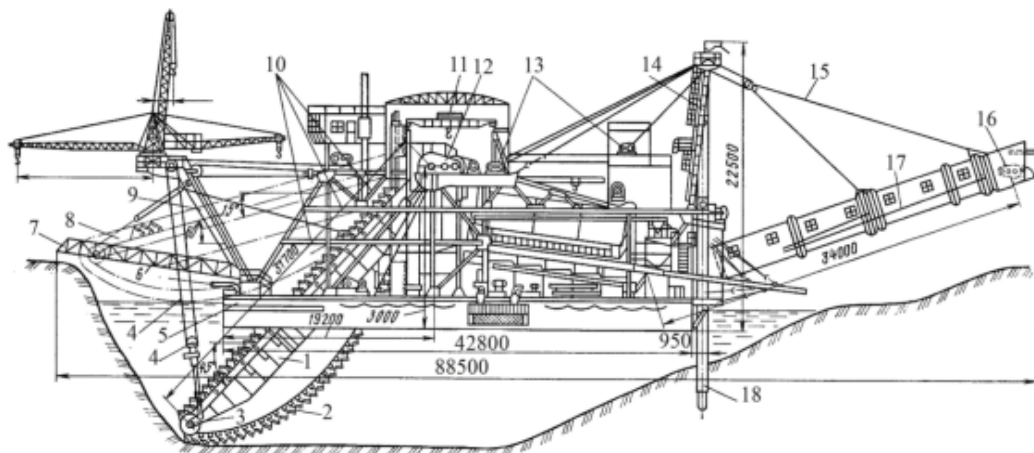
Получают кусковой торф с помощью щелевого фрезерования на глубину до 0,4 м, используя комплект оборудования, состоящий из трех добывающих машин и одной уборочной машины, выполняющей также функции валкователя. Машины для производства кускового торфа методом щелевого фрезерования используются

на залежах любого типа степень разложения не ниже 15 %, но наиболее эффективно – на беспнистых низинных залежах. Таким образом, сферы применения экскаваторного и послойно-щелевого способов совпадают не полностью, что позволяет использовать оба способа как дополняющие друг друга [4, 25].

Недостатком такого способа добычи торфа является наличие обводненных участков, в связи с чем существует проблематика дальнейшего использования месторождения, а также серьезные финансовые затраты, что приводит к существенному удорожанию такого способа добычи торфяного сырья.

1.5.5 Добыча на обводненных месторождениях

Данный способ применяется для обводненных россыпей месторождений. Такие комплексы агрегатированы оборудованием по добыче и переработке торфа драгами (рисунки 1.10 – 1.11) [38]. При использовании драг разрабатываются породы различной плотности, кроме содержащих валуны, цемент, породы высокой вязкости.



- 1 – ковшовая рама; 2 – ковшовая цепь; 3 – нижний ковшовый барабан; 4 – подвеска ковшовой рамы; 5 – понтон; 6 – гидромонитор; 7 – береговой мостик; 8 – ковшовая рама в поднятом положении; 9 – передняя мачта; 10 – суперструктура; 11 – мостовой кран; 12 – главный привод; 13 – лебедки подъема стаккера; 14 – лестница; 15 и 16 – подвес и привод главного конвейера; 17 – главный привод; 18 – свая

Рисунок 1.10 – Схема драги [118]



Рисунок 1.11 – Общий вид драги [58]

Технологический комплекс на основе средств гидромеханизации заключается в следующем: торф достаётся землесосным снарядом, торфяная пульпа по плавучему пульпопроводу и магистральному пульпопроводу подаётся на инерционный грохот, далее происходит разделение включений в составе торфа от основной массы, далее торфяная пульпа заходит в генерирующую ёмкость в виде вертикального отстойника [57, 58]. В результате отстаивания торф проходит на горизонтальную центрифугу, далее получают два продукта: торф влажностью 60–70 % и фугат. Далее из торфяной массы с помощью гранулятора производятся торфяные пеллеты [28, 29].

Достоинством данного способа является отсутствие водопонижения, но практически во всех способах добычи главным вопросом остается сезонность добычи и полная автоматизация технологической цепочки «добыча-переработка» в рамках одного комплекса оборудования, а не объединенных только технологической связью фактически удаленных друг от друга на месторождении агрегатов.

Поэтому при соблюдении баланса сохранения окружающей среды и развития торфяной отрасли актуальным вопросом остается создание перспективных технических решений комплексов торфяных машин [28, 29].

1.6 Выводы по главе 1

1. На основе проведенного анализа литературных источников отечественных и зарубежных ученых по тематике исследования, можно сделать вывод о том, что Российская Федерация обладает наибольшими запасами торфа,

которые могут быть использованы в качестве местного источника топлива и для иных нужд государства, в том числе в качестве применения в таких областях промышленности, как химическая, медицинская, сельскохозяйственная и т.д. Однако, использование торфа, в первую очередь, требует изменение способов, методов и темпов добычи этого вида сырья, что в свою очередь подтверждается и литературным обзором существующих технологий торфодобычи. Согласно Энергетической стратегии РФ до 2035 года торфяная отрасль наряду с газовой и нефтяной является одной из отраслей топливно-энергетического комплекса РФ, который играет ключевую роль в формировании доходов бюджетной системы Российской Федерации. Использование торфа предполагается в качестве местного вида топлива, по-прежнему, для удовлетворения коммунально-бытовых потребностей, а, следовательно, предполагает освоение удаленных, труднодоступных богатым торфом регионов, не обладающих эффективным постоянным электроснабжением.

2. Однако, эффективная и рациональная разработка месторождений в данных регионах позволит пополнить местный бюджет, повысит занятость населения, в рамках Энергетической стратегии позволит повысить энергетическую безопасность страны.

3. На данный момент наиболее популярными видами добычи торфяного сырья являются фрезерный и карьерный способы. При фрезерном способе добычи наиболее распространённым является (поверхностно-послойный) тип, который предполагает значительные затраты на подготовительные мероприятия, как экономические, так и трудовые, а именно, работы по осушению, корчеванию, профилированию и т.д. Наиболее неблагоприятным с экологической точки зрения является процесс осушения, который создает природоохранные риски и наносит значительный вред окружающей среде, проявляющийся в природных пожарах, повышении уровня запыленности, нарушении водного баланса почвы. При карьерной добыче торфа значительно меньше технологическая цепочка машин, однако, по-прежнему, отсутствуют мобильные комплексы добычи и переработки

торфяной продукции, способные эффективно функционировать на неосушенных месторождениях.

4. Для эффективной и рациональной добычи торфяной продукции и последующей ее переработки необходимо создание комплексных автономных модулей, позволяющих работать в труднодоступных участках и малообеспеченных энергетически удаленных регионах, примером которого являются Васюганские болота – крупнейшее торфяного месторождение, расположенное в Западной Сибири, рассмотренное в первой главе данного диссертационного исследования. Как было выявлено с помощью обзора научной литературы, попытки создания таких комплексов уже были предприняты ранее, однако, существующие технологические решения являются маломобильными и требуют совершенствования и доработки в особенности части органа перемещения и габаритов.

После проведенного анализа для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести обзор и анализ существующих комплексных технологических решений по добыче и переработке торфяного сырья;
2. Провести теоретические исследования оценки усилий в линейных подшипниках скольжения;
3. Предложить алгоритм перемещения платформы;
4. Провести экспериментальные исследования на моделях механизма шагания платформы;
5. Разработать имитационную модель процесса шагания платформы с оценкой кинематических и силовых параметров движения в опорах скольжения механизма шагания платформы;
6. Предложить технические решения плавучей шагающей платформы.

ГЛАВА 2 ОБОСНОВАНИЕ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ПЛАТФОРМЫ КОМПЛЕКСА ДЛЯ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ ИЗ НЕОСУШЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

2.1 Анализ существующих платформ для добычи и переработки торфяного сырья

В условиях интенсификации торфяного производства во главу угла поставлены приоритетные задачи реформы в области машиностроения, модернизации оборудования в целях выполнения требований научно-технического прогресса (далее НТП), в том числе с учетом зарубежного опыта [145, 146].

Для определения существующих платформ был произведен патентный поиск существующих изобретений в области добычи и переработки торфяного сырья [83-95].

В качестве источников информации были выбраны такие страны как Россия (RU), Украина (UA), США (US), Австралия (AU), Китай (CN), Финляндия (FIN), Канада (CA), Японии (JP), Великобритании (UK) в связи с тем, что, например, в Финляндии торф признан постепенно возобновляемым источником – биотопливом, к 2023 году в стране планируется восстановить 12 тыс.га дренажных болот – процент производства местной тепловой электроэнергии.

К сожалению, зеленый курс Латвии к 2020 году привел к тому, что страна практически лишается отрасли, имеющей большое значение для производства продуктов массового потребления, данной отраслью является добыча и переработка торфяной продукции. Белоруссия является страной, также хорошо обеспеченной запасами торфа, в 2021 году было добыто $1,6 \cdot 10^6$ т. торфа, из них $1,4 \cdot 10^6$ т. фрезерного – для производства торфяного топлива и 234 тыс. т нетопливного [78].

Канада также является крупнейшим экспортером торфа, доля экспорта торфа этой страны от всех стран экспортеров на 2018 год составила 12,4 %, по прогнозам на 2019-2023 год этот процент только увеличится, рисунок 2.1.

Поэтому особый интерес представляют современные разработки многих европейских стран касаясь торфяной тематики, в особенности схемные и конструктивные решения существующих комплексов и наличия в них автономности и полного цикла производства продукции [2].



Рисунок 2.1 – Структура экспорта торфа в мире по данным на 2018 год [78]

В ходе исследования были рассмотрены схемные решения и исполнительные органы плавающей платформы, используемой для манипуляций с торфом. Изучив патентные документы, можно сделать вывод о том, что все изобретения и полезные модели имеют различие в конструкции узлов и самой платформы, такие как форма, материал, положение рабочих органов. На основе проведенного анализа, выявлена новизна и эффективность существующих технических решений. Также проведен анализ на наличие прототипов, их достоинства и недостатки, проведено сопоставление разрабатываемого технического решения с прототипом.

В основном все изобретения и полезные модели предназначены для увеличения универсальности и улучшения производительности.

2.2 Схемные решения конструкции плавучей платформы

В качестве прототипа изобретения был выбран патент RU № 2197407, опубл. 27.01.2003 г. [84] относится к горнодобывающей отрасли и используется на водохранилищах и обводненных месторождениях для добычи и переработки сырья [84].

Сущность изобретения заключается в том, что осуществляется экскавация плавающих по акватории водохранилища сплавин с помощью технологической цепочки в виде необходимого набора модульного оборудования.

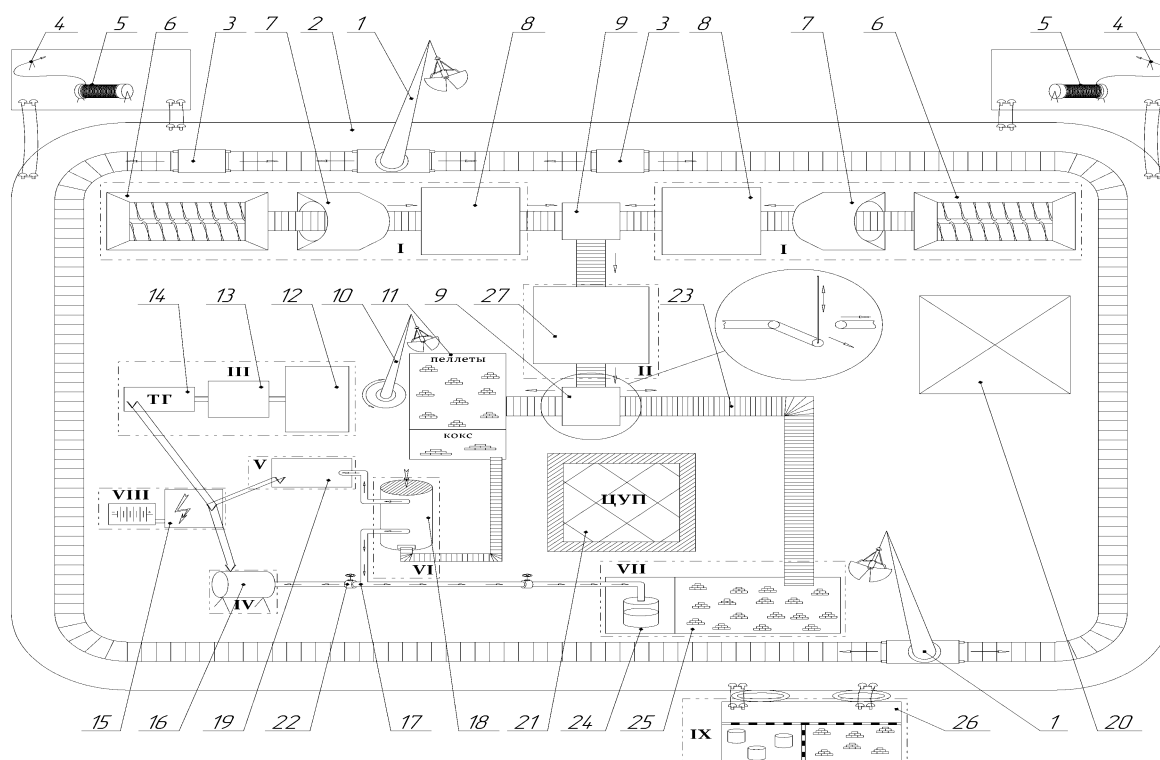
Данный комплекс автономен, так как из различных фракций торфяного сырья выделяет электроэнергию [84].

Его недостатком является то, что вся конструкция подвижна и не имеет общей рамы для монтажа оборудования. Помимо этого, отсутствует универсальность фиксирующих элементов. Также шарнирное соединение имеет одну степень свободы, что может привести к увеличению нагрузки на узлы [141], рисунок 2.2.

Данный подход был подробно рассмотрен в работе [141], где были созданы схемы взаимодействия функциональных элементов горного комплекса [141].

Работа посвящена созданию технологического решения, на котором будет размещен такой комплекс горного оборудования, обоснование его схемного решения, функциональных элементов, расчет и оценка нагрузок, при соблюдении условия эффективного функционирования такого горного комплекса на неосушенных месторождениях в удалённых малообеспеченных энергетически регионах Сибири, в том числе на Васюганском месторождении.

В качестве базы для установки комплекса горного оборудования предлагается плавучая платформа, которая позволит, комплексу оборудования, расположенному на ней, передвигаться по месторождению и постепенно отрабатывать его, рисунок 2.2 [86].

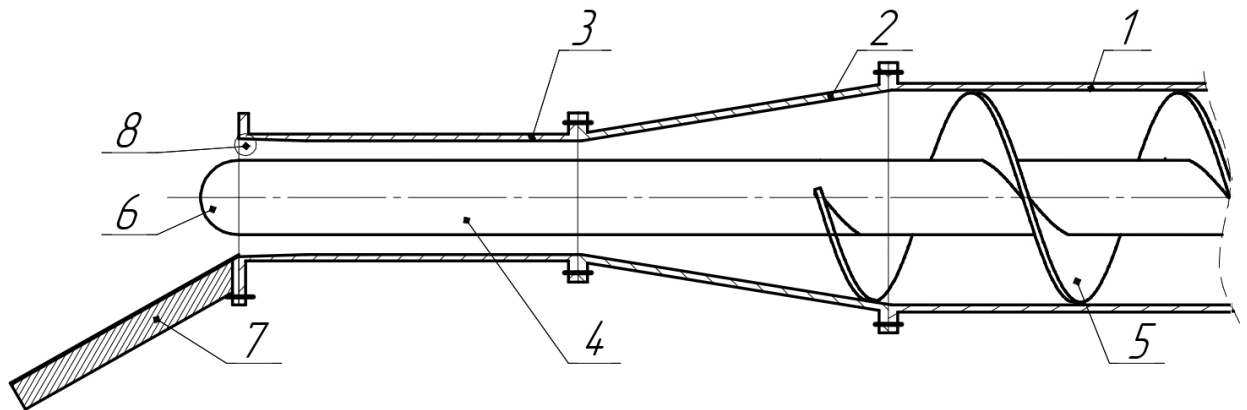


I – модуль подготовки сырья; II – модуль прессования; III – модуль производства электроэнергии из твердого топлива; IV – модуль производства электроэнергии из жидкого топлива; V – модуль производства электроэнергии из газа; VI – газогенератор; VII – модуль перегрузки готовой продукции; VIII – электроэнергетический модуль; IX – склад готовой продукции; 1 – экскаватор с грейферным захватом; 2 – плавучее основание; 3 – мобильный бункер; 4 – плавучее основание механизмов крепления к сплаине; 5 – анкер с тросом и барабаном лебедки; 6 – дробилка; 7 – сушилка; 8 – мельница; 9 – перегружатель; 10 – поворотный кран; 11 – склад твердого топлива; 12 – печь твердого топлива; 13 – паровая турбина; 14 – турбогенератор; 15 – электрощитовая; 16 – дизель-генератор; 17 – магистрали жидкого топлива; 18 – газо-, бензогенератор (жидкого топлива); 19 – газотурбинная установка; 20 – жилой отсек; 21 – пультовая (ЦУП – центр управления платформой); 22 – заслонки; 23 – транспортировочные пути; 24 – склад жидкого топлива; 25 – склад твердого топлива; 26 – склад готовой продукции; 27 – пресс-экструдер [84].

Рисунок 2.2 – Автономный плавучий комплекс по патенту RU 2599117 [84]

Для данного комплекса в модуле прессования была подробно рассмотрена конструкция шнекового пресса, который повышает эффективность переработки добываемого торфа в силу особенностей его конструкции с разделением на три зоны: нагнетательную, сжатия и формующую рисунок 2.3.

Плотность материала начинает расти в зоне нагнетающего корпуса 1 с винтовыми лопастями нагнетающего шнека 5, на протяжении всей длины шнека. Наибольший рост плотности материала возникает в корпусе сжатия 2. Прочность формируемого материала начинает интенсивный рост в зоне нагнетающего корпуса 1 и продолжается до определенной точки в зоне сжатия 2, затем происходит затухание интенсивности роста этого показателя.



- 1 – нагнетающий корпус; 2 – корпус сжатия; 3 – формирующий корпус;
 4 – пустотообразователь; 5 – нагнетающий шнек; 6 – шарообразная пробка;
 7 – подпружиненный укладчик; 8 – букель.

Рисунок 2.3 – Формирующий мундштук шнекового пресса

После нагнетающего шнека 5 устанавливается формирующий корпус 3 с пустотообразователем 4, где происходит уплотнение и окончательное формирование торфяного трубчатого куса. На конце пустотообразователя 4 установлена шарообразная пробка 6 для снижения вероятности разрушения изначально заданной формы куса мундштуком шнекового пресса.

В целях создания сопротивления передвижению торфяной массы в формирующем корпусе 3 мундштука шнекового пресса выполнен обратный букель 8 в форме расширяющегося конуса с полным углом раскрытия два градуса. Попадая в букель 8, торфяная масса подвергается поперечному обжатию,

вызванному сужением поперечного сечения формующего корпуса 3. Таким образом, плотность в направлении, перпендикулярном к оси формующего корпуса 3 возрастает, а также в связи с интенсивным поперечным обжатием куска, снижается вероятность его излома.

Для того, чтобы торфяной кусок не терял свою первоначальную геометрическую форму после вертикальной стилки на поле сушки, в прессе должно создаваться необходимое давление формования, которое обеспечивается конструкцией нагнетающего шнека 5, а также формой и размерами формующего корпуса мундштука 3, создающего требуемое уплотнение непрерывно движущейся прессуемой массы за счет противодействия, создаваемого корпусом сжатия 2 формующего мундштука шнекового пресса. Плотность сформованного торфяного куска, после выхода из формующего мундштука, должна удовлетворять требованиям сохранения заданной формы без видимых дефектов, после вертикальной стилки куска на поле сушки, рисунок 2.3.

На выходе торфяной кусок отламывается под действием силы собственного веса и сопровождается подпружиненным укладчиком. Подпружиненный укладчик выполнен в форме цилиндрического желоба, покрытого антиадгезионным лаком, для снижения коэффициента трения торфяного куска об его поверхность. [137].

С учетом недостатков вышеприведенной разработки [84], предложено решение в виде многопонтонной плавучей платформы, рисунок 2.4, 2.5 [86].

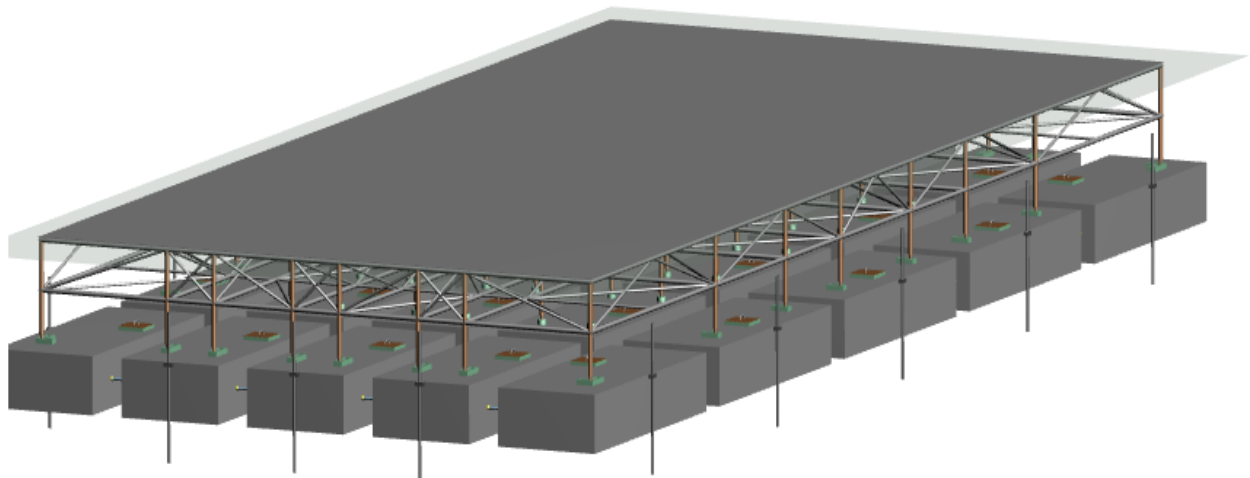


Рисунок 2.4 – 3D модель платформы [86]

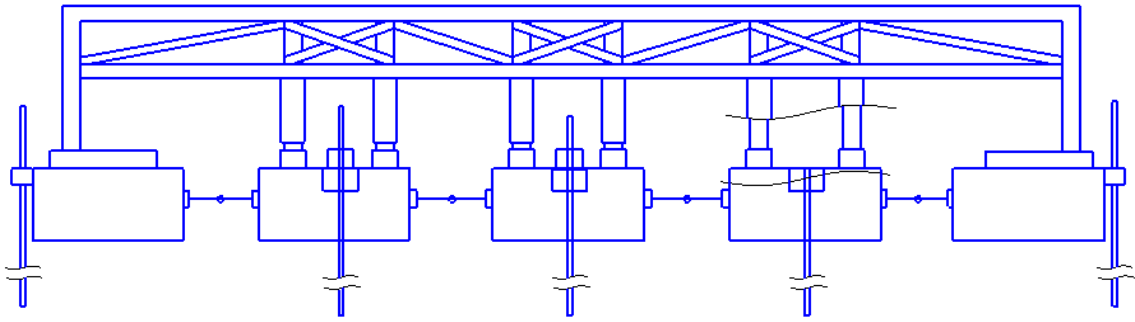
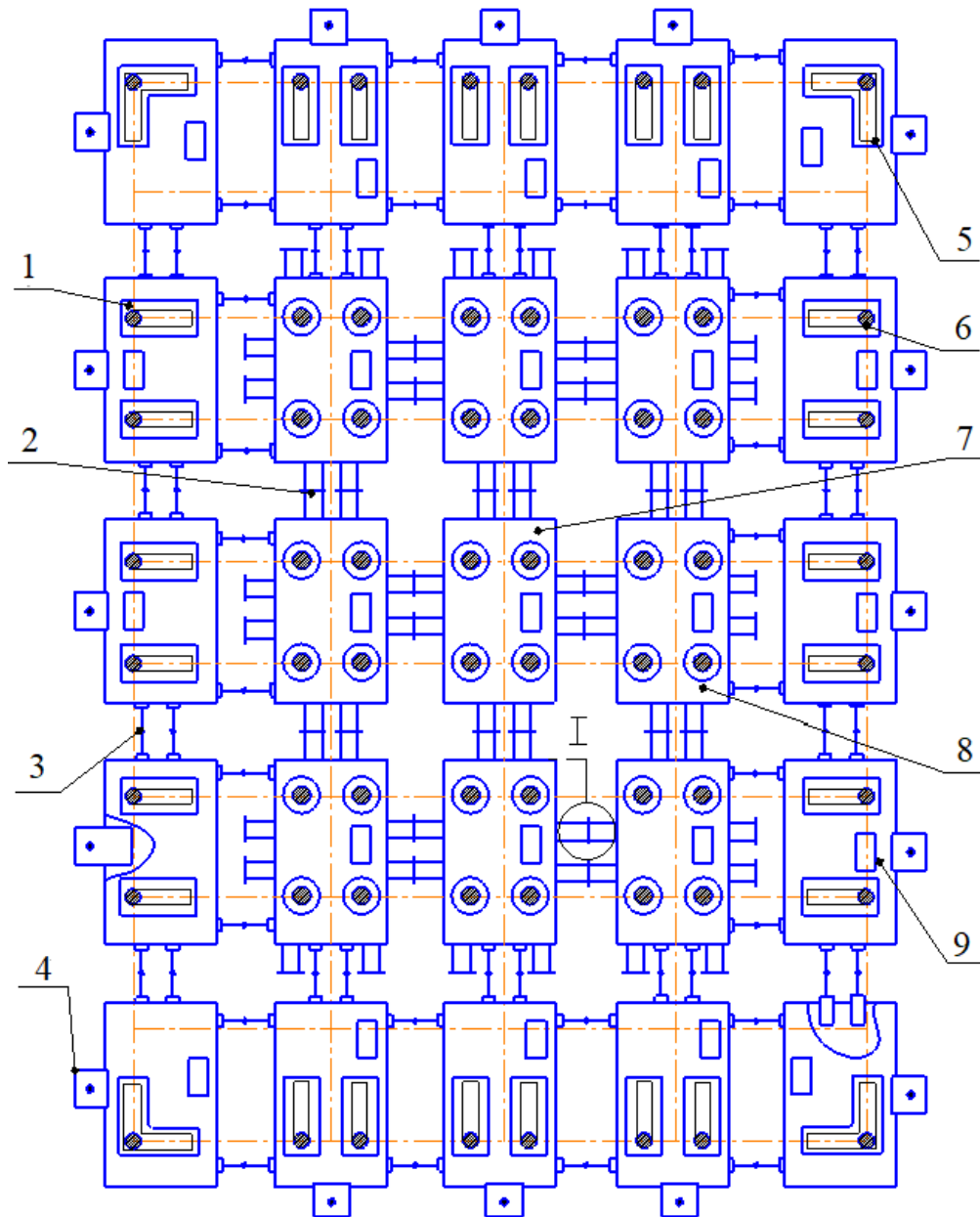


Рисунок. 2.5 – Общая схема платформы с рамной обвязкой [86]

Данный комплекс состоит из матрицы герметичных понтонов с пустотелым многослойным корпусом в котором находятся люки. Соединяются в единую структуру понтоны специальными фиксирующими элементами. На понтонах находится каркасная рама, имеющая «палубу», на которой находится комплект оборудования для добычи и переработки торфа. На кромках понтонов внешнего периметра находятся сваекрутные механизмы для фиксации платформы о дно месторождения [86].

Понтоны на внешних гранях имеют парные замковые соединения с возможностью их ограниченного перемещения, выполненных в виде полупетель со съемным шкворнем, и полусцепок, корпуса которых выполнены телескопическими, с силовыми элементами, в виде линейных двигателей, при этом полусцепками оснащены внешние понтоны периметра платформы, а на внутренних понтонах второго ряда периметра на стороне сопряжения с внешними установлены дополнительные полусцепки, соединяемые с соответствующими полусцепками внешних понтонов периметра, при этом часть внешней рамы установленной по периметру платформы, соединена с внешними понтонами периметра с возможностью их относительного перемещения под неподвижной рамой в специальных направляющих, соединение опоры с гнездом выполнено в виде соединения пяты с упорным сферическим подшипником, рисунок 2.6 [86].



1 – линейный подшипник скольжения; 2 – фиксирующий элемент петельное соединение; 3 – фиксирующий элемент сцепка; 4 – сваякрутный механизм; 5 – угловая направляющая; 6 – гнездо; 7 – внутренний понтон; 8 – понтон внутреннего периметра; 9 – понтон внешнего периметра

Рисунок 2.6 – Понтонная матрица платформы [86]

В долгосрочной перспективе добыча торфа на обводненных и заболоченных территориях с применением многопонтонной плавучей платформы автономного комплекса позволит значительно сократить время на добычу полезных ископаемых и тем самым сократить сроки рекультивации земель значимых объектов. Перемещение платформы за счет линейного привода позволяет вести

добычу торфа в граничных рамках лицензионного участка, а габариты – задействовать платформу в малых месторождениях торфа нестандартной формы.

В дальнейшем, будет более подробно представлена методика расчета данного плавучего основания.

2.3 Обоснование габаритов понтона

Основой разработанного технического конструктивного решения (плавучей платформы) являются понтоны, составляющие понтонное основание. Габариты в таблице 2.1 для понтонов выбраны на основании размеров универсальных существующих контейнеров [101, 102, 113].

Таблица 2.1 – Габариты понтона

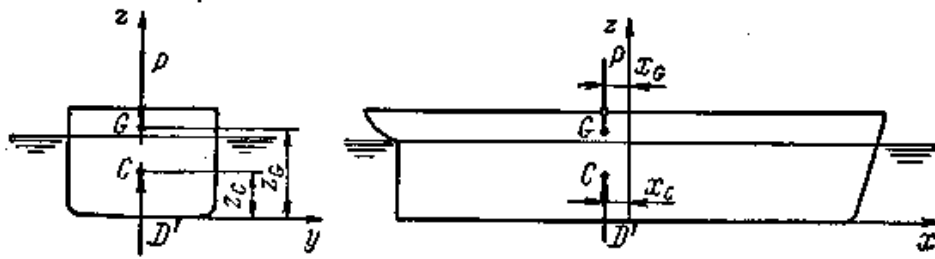
Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Объем, м ³	Площадь, м ²	Грузоподъемность (норма погрузки), Н	Вес понтонa, кг
5,59	2,33	1,18	16	13,7	$10,85 \cdot 10^4$	2200

Так как предлагаемое техническое решение – самоходная плавучая платформа является изобретением, функционирующим в условиях болот, с глубиной от 1,2 – 5,1 м, то расчеты по ее техническим характеристикам, в том числе определению нагрузки в соответствии с которой платформа будет сохранять положительную плавучесть необходимо проводить на основе знаний в области мореходных качеств судна, к которым в том числе относится *плавучесть судна*.

Для расчета сил действующих на понтон (рисунок 2.7) применяется метод конечных элементов [3]. Суть данного метода заключается в том, что непрерывная величина аппроксимируется с помощью дискретной модели и делится на конечное число элементов. Чтобы сохранить непрерывную величину вдоль границ элемента, выделяют определенный полином [3, 144].

Первая сила – вес понтона P , которая складывается из весов корпуса, механизмов, топлива и запасных частей [144].

Вторая сила – сила Архимеда (D). Точка приложения силы (точка C) является геометрическим центром тяжести погруженного объема понтона [144].



G – центр тяжести; C – центр величины (поддержания);

x_3 и x_C – расстояния от плоскости мидель – шпангоута до центра тяжести и центра величины

Рисунок 2.7 – Точки приложения сил [144]

Чтобы понтон был в равновесии его вес должен быть равен силе поддержания, $P=y$; $V=D$ и центр тяжести и центр величины объекта лежали на одной вертикали. Любое перемещение, прием или расход груза на понтоне ведет к смещению центра тяжести.

Вес воды, вытесненной плавающим объектом, называется его весовым водоизмещением, измеряется в тоннах и обозначается буквой D (этой же буквой иногда обозначается сила поддержания). Объем воды, вытесненной плавающим понтоном, называется расчетным водоизмещением, обозначается буквой V . Зная объем погруженной части корпуса понтона, можно определить объем вытесненной воды, или расчетное водоизмещение. Учитывая, что корпус понтона сделан в виде прямоугольного ящика длиной $L=5,8$ м и шириной $B=2,3$ м и плавает с осадкой $T=0,7$ м, то объем погруженной части такого объекта легко найти по формуле (2.1) [144]:

$$V=L \cdot B \cdot T \quad (2.1)$$

где V – расчетное водоизмещение, $9,4 \text{ м}^3$;

Зная объемное водоизмещение понтона, легко получить весовое водоизмещение по формуле (2.2) [144]:

$$D=\gamma \cdot V, \quad (2.2)$$

где D – весовое водоизмещение понтона, т;

γ – удельный вес воды ($\gamma=9820 \text{ Н/м}^3$).

По окончании расчетов получаем, что один понтон выдерживает до 7 т. Учитывая габариты понтонов, рассчитана металлическая конструкция (палубный настил). Общие габариты: ширина – 12 м, длина – 20 м.

Металлический профиль (квадратный): сторона $a = 0,03$ м; толщина стенки $S=0,01$ м; углеродистая сталь $\rho=7850$ кг/м³; общая длина трубы $L=148$ м. В итоге, общая масса палубного настила $M=730$ кг.

Зададимся необходимыми параметрами для вычисления: M – общая масса платформы по формуле (2.3) [144]:

$$M = m_{\text{пон}} + m_{\text{н}} = 26400 + 1800 = 28200, \quad (2.3)$$

где M – общая масса платформы, т;

$m_{\text{пон}}$ – масса понтонного основания, т;

$m_{\text{н}}$ – масса настила, т.

$$V = \frac{276360}{9820} = 28,14 \quad (2.4)$$

где g – ускорение свободного падения, принимаем равный $9,8$ м/с².

Итого, расчетное водоизмещение $V=28,14$ м³.

Помимо расчётного водоизмещения необходимо определить изменение осадки [144] по формуле (2.5):

$$\Delta T = \frac{\rho}{\rho_s}, \quad (2.5)$$

где ΔT – изменение осадки, м;

ρ – масса принимаемого или снимаемого груза, т;

ρ_s – плотность воды, т/м³;

S – площадь грузовой ватерлинии, м².

Запас плавучести определяется по формуле (2.6) [144]:

$$V_{\text{зп}} = S_{\text{квл}} \cdot (H - T) \cdot (1 + k), \quad (2.6)$$

где $V_{\text{зп}}$ – запас плавучести, м³;

$S_{\text{квл}}$ – площадь грузовой ватерлинии, м²;

H – высота платформы над водой, м;

k – эмпирический коэффициент.

Относительный запас плавучести плавучей платформы определяется по формуле (2.7) [144]:

$$P_{отн} = \frac{V_{зп}}{V}, \quad (2.7)$$

где V – расчётное водоизмещение понтона, м³.

Таким образом, на величину водоизмещения влияет количество грузов, находящихся на понтоне. На посадку влияет количество грузов и расположение их по длине и ширине объекта. На остойчивость понтона влияет количество грузов и их расположение по высоте. Поэтому очень важно знать, какие грузы находятся на понтоне, их вес и как они расположены по длине, ширине и высоте. Сведения с перечислением наименований всех составных частей, с указанием их весов и положения центра тяжести их по длине, ширине и высоте понтона, дающие при суммировании полный вес понтона и положение его центра тяжести по длине, ширине и высоте, называются нагрузкой понтона. Основными факторами нагрузки являются: корпус, механизмы, топливо, снабжение, запас водоизмещения [144].

Следует уточнить, что при расчете положительной плавучести понтона (способность понтона находиться на воде в равновесии без опоры) в разрезе вне зависимости от вида конструкции заключается только в расчете условий, обеспечивающих это состояние.

2.4 Принцип работы платформы

Автономный комплекс при добыче без осушения торфяного месторождения работает следующим образом. Производительность платформы во многом определяется режимом работы механизма шагания, рисунок 2.8. Выемка торфа начинается с выбора фронта направления относительно понтонов внешнего периметра. Далее зафиксированный комплекс при помощи свайного механизма позиционируется на месторождении.

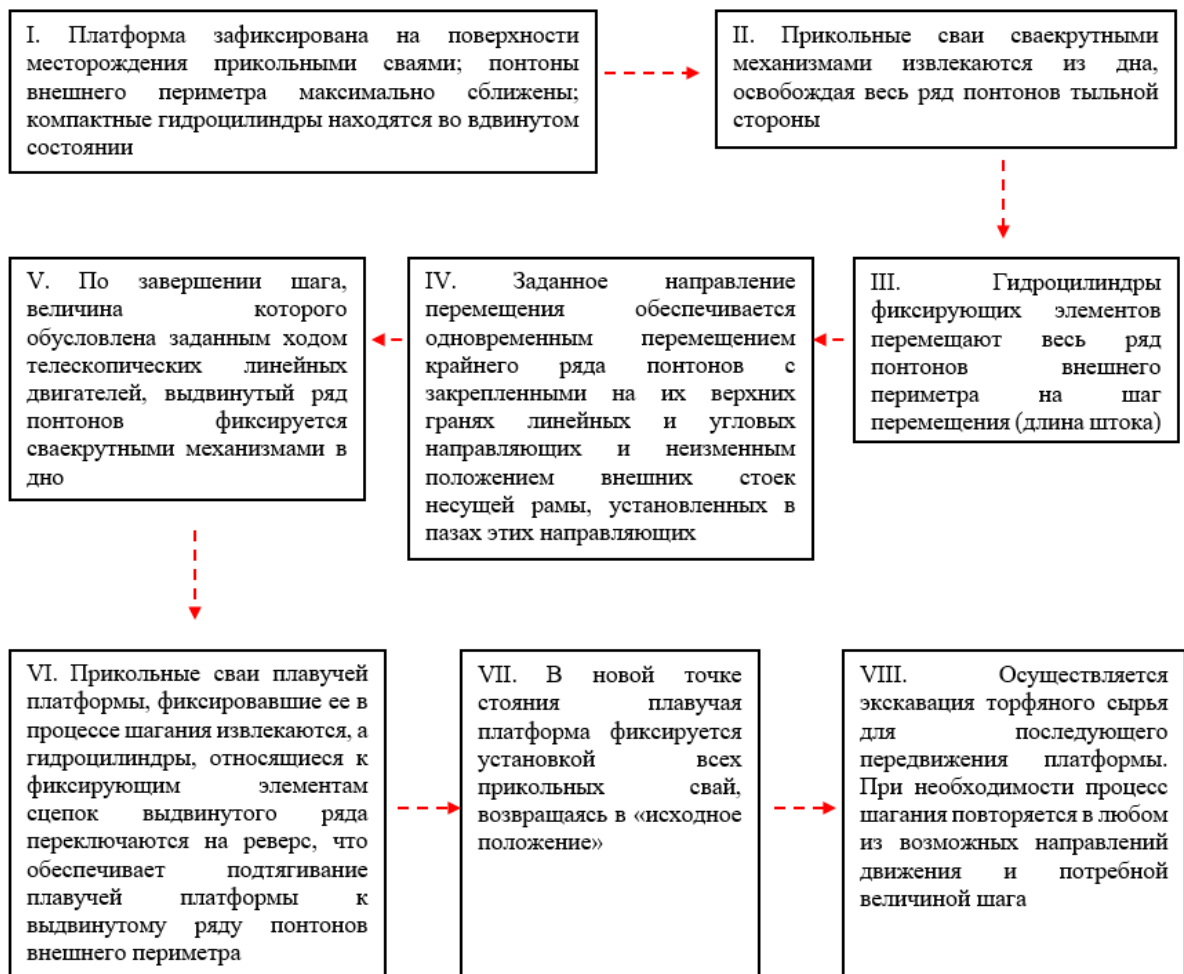
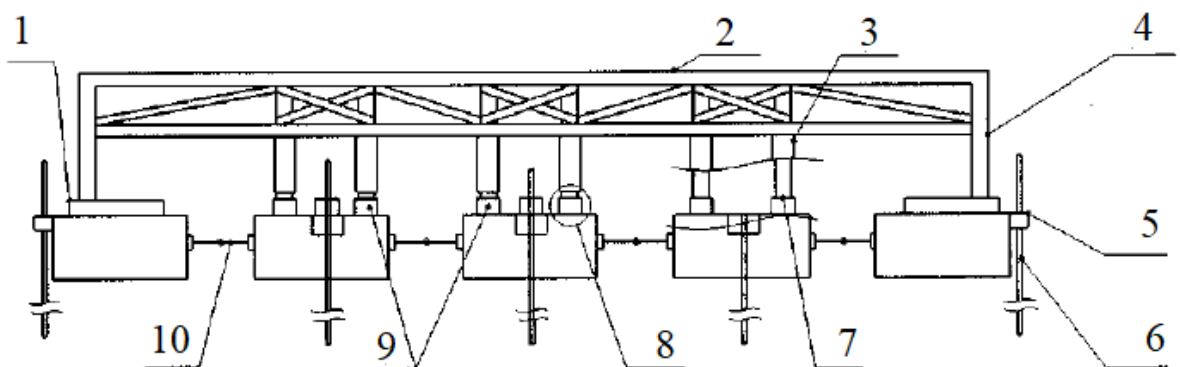


Рисунок 2.8 – Блок - схема цикла функционирования механизма шагания горного комплекса

Принцип шагания осуществляют, когда прикольные сваи установлены на понтоне, могут перемещаться только по вертикали (рисунок 2.9).



1 – линейный подшипник скольжения; 2 – несущая рама с палубным настилом; 3, 4 – опора; 5 – сваякрутный механизм; 6 – прикольная свая; 7 – гнездо; 8 – упорный подшипник; 9 – линейная направляющая; 10 – линейный двигатель

Рисунок 2.9 – Устройство шагающего механизма

Алгоритм цикла шагания платформы по отработанной части неосушенного месторождения следующий:

- исходное положение, прикольные сваи по внешнему периметру зафиксированы о дно залежи, платформа фронтом приближена к забою;
- комплексом горного оборудования производят экскавацию торфяного сырья по фронту платформы на всю мощность залежи на величину шага перемещения;
- после осуществления выемки прикольные сваи со стороны забоя извлекают и осуществляют выдвижение понтонов фронта на величину шага перемещения, после чего извлеченные прикольные сваи закрепляют о дно выработанного пространства;
- прикольные сваи с тыльной и боковых сторон платформы сваекрутными механизмами извлекают, освобождая тем самым платформу для перемещения по фронту, включают линейные гидравлические двигатели и подтягивают платформу к забою, при этом опоры платформы перемещаются в линейных подшипниках скольжения;
- по окончании цикла шагания платформа фиксируется прикольными сваями по всему внешнему периметру рисунок 2.10.

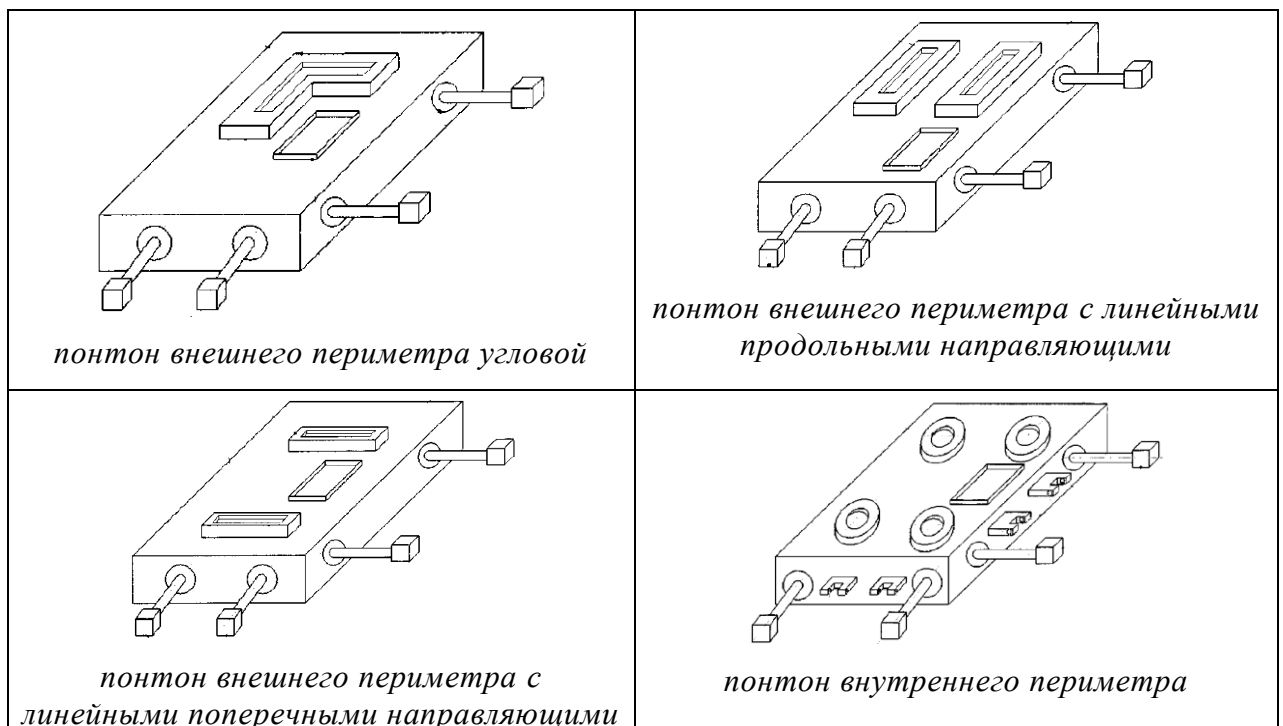


Рисунок 2.10 – Схемные решения понтонов платформы

Величина шага определяется длиной хода линейного двигателя, выполненного в виде компактного гидроцилиндра, но, как правило, это расстояние не должно превышать критического расстояния выдвижения телескопического корпуса. Такие манипуляции обеспечиваются одновременным перемещением крайнего ряда понтонов с закрепленными на их верхних гранях линейных и угловых направляющих линейных подшипников скольжения и внешних стоек несущей рамы. Таким образом, происходит шагание платформы [131, 132].

2.5 Выбор органа перемещения

Органом для перемещения рядов платформы был выбран компактный гидравлический линейный привод (таблица 2.2), который состоит из следующих основных компонентов, рисунок 2.11 [44]:

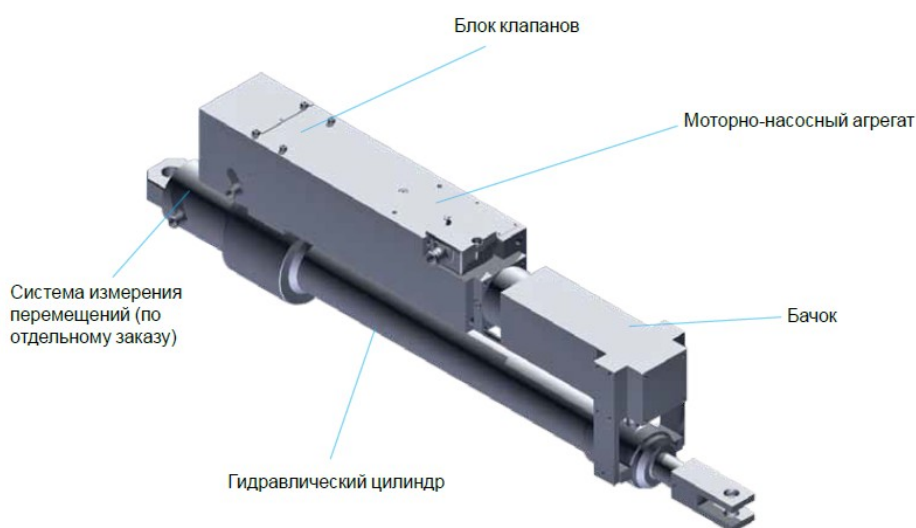


Рисунок 2.11 – Компактный гидравлический линейный привод [44]

Таблица 2.2 – Характеристика линейных гидравлических двигателей

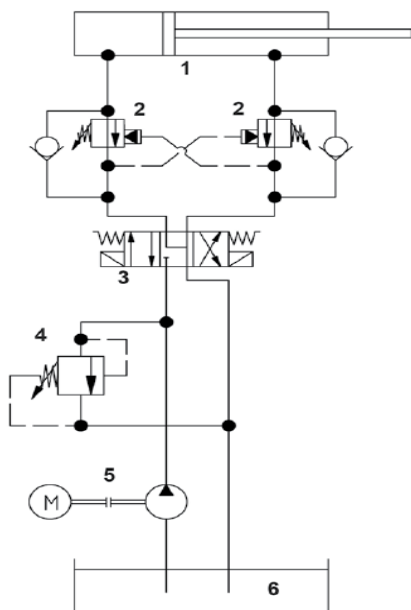
Усилие		Ход, м	Скорость		Диаметр штока, м	Рабочее давление, МПа	Потребление электроэнергии, кВт
Прямой ход, кН	Обратный ход, кН		Прямой ход, мм/с	Обратный ход, мм/с			
781,3	500	2,5	3,8	6	0,15	16	4

Основываясь на специфической проектной концепции «мотор под маслом», данный высокопрочный привод, способен работать в самых экстремальных условиях окружающей среды. По сравнению с обычными гидравлическими системами, данный встроенный электромотор и его обмотки хорошо защищены герметичным корпусом от любых вредных воздействий окружающей среды:

- 1) шестеренчатый насос (приводимый в действие 2-х полюсным асинхронным электромотором с многофазным током) создает гидравлическое давление, которое направляется через соответствующие клапаны и каналы непосредственно на верхнюю или нижнюю сторону поршня гидравлического цилиндра;
- 2) благодаря специальному размещению фланцев на цилиндре для того, чтобы обеспечить поток масла, нет никакой необходимости в подключении к приводу труб и шлангов;
- 3) механическое усилие, прилагаемое к штоку поршня, зависит от создаваемого гидравлического давления и поверхности поршня;
- 4) фактическое усилие привода не зависит от положения поршня или же хода цилиндра;
- 5) клапан регулировки давления обеспечивает изменение усилия в установленных пределах;
- 6) два спускных тормозных клапана обеспечивают гидравлическую блокировку фактического положения поршня и его сохранение после отключения системы от источника силового питания электромотора;
- 7) большой выбор насосов под различную величину потока обеспечивает широкий диапазон скоростей перемещения приводов различного размера;
- 8) специальная технология клапанов обеспечивает защиту привода от внезапных пиков нагрузки, возникающих во время работы из-за ударов и тряски [44].

Выбор и модификация компактного гидравлического линейного привода НКAL (рисунок 2.12) определяются способами его применения и условиями внешней среды, установленными пользователем (т.е. производительностью, частотой срабатывания и функциями управления), которые указаны в таблицах

2.3-2.4, а также его технической конструкцией (защита от коррозии, взрывозащитное исполнение, защита от всплесков импульсов и вибрации).



- 1 – гидравлический цилиндр; 2 – спускной тормозной клапан; 3 – клапан переключения переднего-заднего хода (втягивание/выдвижение);
4 – предохранительный клапан; 5 – моторно-насосный агрегат; 6 – бачок

Рисунок 2.12 – Гидравлическая схема [44]

Таблица 2.3 – Характеристики привода

Описание	Стандартная конструкция
Напряжение/частота привода	230– 690 V / 50 Hz или 60 Hz 3 AC
Напряжение на клапанах	12 V DC, 24 V DC и 48 V DC; 115 V AC и 230 V AC;
Рабочий режим	S3: до 60–и циклов переключений в час при 20 %-ном рабочем цикле
Класс защиты	IP 56 согласно DIN EN 60529
Гидравлическая жидкость	Pentosin CHF 11S
Размещение и крепление штока поршня	люверс/проушина; шарнирно–сочлененная подвеска; вильчатая головка; резьбовой штырь

Таблица 2.4 – Комплектация гидропривода

Описание	Стандартная конструкция	Специальные исполнения
Встроенный электромотор	Асинхронный электродвигатель (2-полюсной) Изоляция класса F	<ul style="list-style-type: none"> •Изоляция класса F •Термическая защита обмоток (РТС) термистрами; •Нагрев обмоток электромотора и гидравлической жидкости.
Датчики/органы управления	<ul style="list-style-type: none"> •Индуктивные бесконтактные переключатели M12x1 в крайних положениях цилиндра; •Напряжение датчиков: 10–30 V DC (другое напряжение – по отдельному запросу); • Тип сигналов: бинарные; • Защита IP 68; •Диапазон температур: –25 °C– +80 °C; 	<ul style="list-style-type: none"> •Индуктивные бесконтактные переключатели M12x1 в любом промежуточном местоположении; •Магнитострикционный измерительный преобразователь перемещения хода цилиндра; •Напряжение датчиков: 20...28 V DC (другое напряжение – по отдельному запросу); •Тип сигналов: аналоговые (4...20A); •Диапазон температур: –25 °C... +80 °C; •Привод с переменной скоростью с использованием пропорционального клапана в сочетании с измерительным преобразователем перемещения и соответствующим PLC; •Ручной насос для ручной активации привода на случай выхода из строя (например, электрического пробоя, отключения напряжения).
Размещение и крепление цилиндров	люверс/проушина; шарнирно–сочлененная подвеска; фланец крышки; вертикальная цапфа	Тангенциальная опора; опорная подушка; карданный подшипник.
Климатический /температурный диапазон	Температура окружающей среды: –25 °C... +45 °C	<ul style="list-style-type: none"> •Холодное исполнение (F) на температуру окружающей среды в пределах –40 °C... +40 °C (в период простоя рекомендуется подогрев обмоток электродвигателя, гидравлический цилиндр со специальным скребком ото льда); •Горячее исполнение (W) на температуру окружающей среды в пределах –10 °C... +70 °C, гидравлический цилиндр с политетрафторэтиленовыми и витоновыми уплотнениями.
Окраска	RAL 5008, тройной слой краски толщиной сухого покрытия 120 микрон (на основе полиакриловой системы цветов)	Антикоррозионная защита специальной краской DB (система Permascolor, основанная на эпоксидной смоле, железной слюдке и 2К акриловой смоле PUR), тройной слой краски толщиной сухого покрытия 180 микрон.

Если говорить об автоматизации данных приводов, то имеются комплектные системные решения, включая решения по контролю функций (таблицы 2.5) [44].

Таблица 2.5 – Специальные исполнения (по отдельному заказу)

Со штепсельным разъемом	<p>Оборудование электрораспределительной коробки с промышленным подключением IEC/EN 60309 – 1</p> <p><u>Механические характеристики:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> •Очень компактная конструкция; защита IP 66; байонетное крепление; •Подпружиненные контакты, обеспечивающие их постоянное давление и низкое сопротивление контактов; •Подключения с защитой их крепления даже в случае сотрясений и вибрации; <p><u>Электрические характеристики:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> •Напряжение: макс.500 V, макс. ток 20 А; •Оборудование: макс. 6 РН + Е; •Система посеребренных контактов с металлической окантовкой для идеальной передачи тока; •Контактная защита частей под напряжением (IP 2X с открытой крышкой).
Взрывозащитное исполнение	<p>Взрывобезопасная конструкция с проверочным сертификатом типа ЕС согласно Директиве 94/9 ЕС (ATEX), защита от возгорания «Increased safety Exe» в соответствии со стандартами EN 60079–0, EN 60079–3, EN 13463–1, EN 13463–5 и EN 13463–8</p> <ul style="list-style-type: none"> •Взрывозащитная маркировка: II 2G ck Ex e II T4 –20 °C ≤ Ta ≤ +50 °C; •Проверочный сертификат типа ЕС: BVS 06 ATEX E 039 X; •Обозначение изделия: оборудование группы II / категория 2G. Применение: защита от взрыва газа в открытых горных выработках, зонах 1 и 2.

В этом случае НКAL получает необходимые команды на перемещение с использованием специального контроллера EMG. При этом датчики, например, обнаруживают критическое выдвижение штока и передают данные и его положения и любых отклонениях на систему управления, которая после этого

выдает на привод соответствующие команды. Имеющийся в составе НКAL аналоговый измерительный преобразователь перемещения обеспечивает одновременную оценку как перемещения, так и хода поршня. Исходя из изменения давления, дополнительный пропорциональный клапан обеспечивает контроль давления и усилия. Таким образом, привод сочетает в себе достоинства гидравлического привода и электронного управления. Система бесперебойного электропитания гарантирует сохранение управления даже в случае выхода устройства из строя.

2.6 Выводы по главе 2

1. Проанализировав патентные документы, можно сделать вывод о том, что все изобретения и полезные модели имеют различие в конструкции узлов и самой платформы, такие как форма, материал, положение рабочих органов. В основном все изобретения и полезные модели предназначены для увеличения универсальности и улучшения производительности. Недостатком существующих технологических решений по добыче и переработке торфяного сырья является маломобильность и отсутствие автономности.

2. Обоснованы схемные решения усовершенствованного комплекса по добыче и переработки торфяного сырья – конструкции плавучей платформы.

3. Рассчитаны габариты и основные конфигурации понтонного основания плавучей платформы.

4. Сформирована технология передвижения платформы по неосушенному месторождению, а также сформированы принципы реализации функциональных схем плавучей платформы, обоснованы принципы функциональных элементов платформы.

5. Выбран в качестве органа перемещения платформы гидравлический цилиндр Р–780/1100–11–250/150, так как данный орган перемещения имеет ряд достоинств по сравнению с остальными технологическими решениями. К достоинствам данного органа перемещения можно отнести: способность работать в экстремальных условиях окружающей среды, герметичность

электрооборудования мотора, что снижает риск износа при интенсивных темпах добычи торфа.

ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ОЦЕНКЕ УСИЛИЙ В ОПОРАХ РАМЫ ПЛАТФОРМЫ

3.1 Теоретическая оценка усилий в опорах платформы при решении статически неопределенной задачи

Теоретическая оценка усилий в опорах платформы при решении статически неопределенной задачи по оценке усилий между опорами и понтонами в подшипниках скольжения и неподвижных опорах при воздействии внешней сосредоточенной силы F , действующей на палубном настиле рассмотрим схему рисунок 3.1 [2].

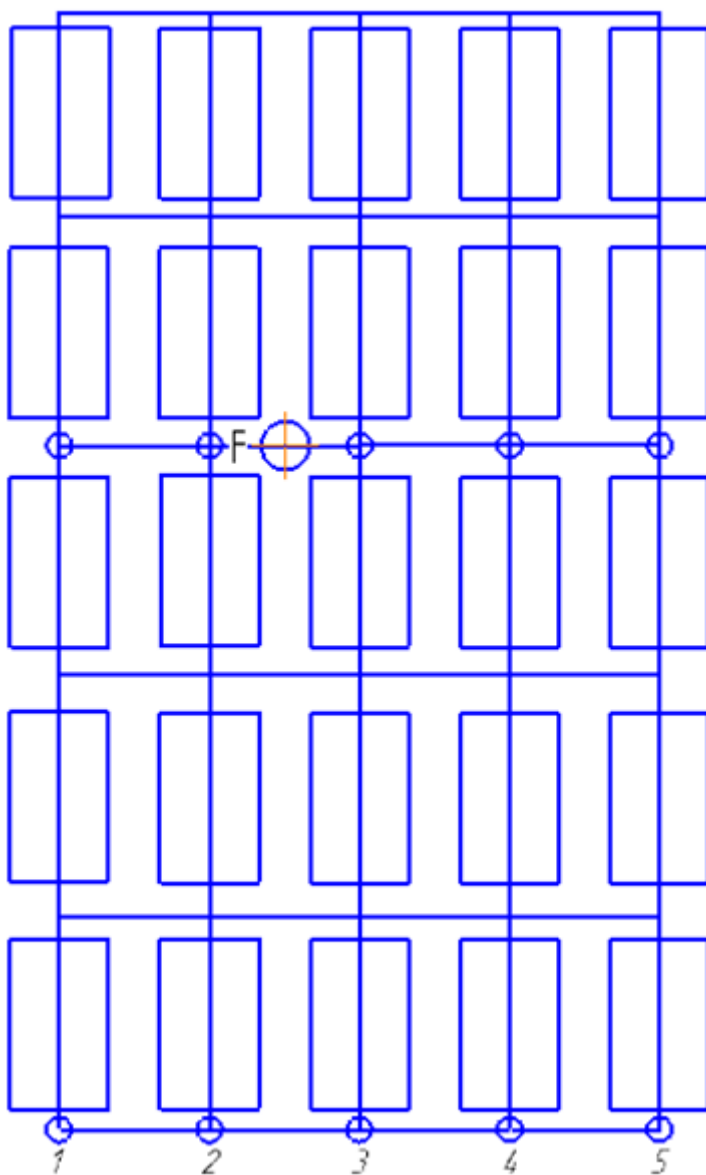


Рисунок 3.1 – Схема каркасной рамы и влияние общего усилия [2]

Далее выделяем определенный ряд опор и рассматриваем усилия действующие в опорах при статически неопределенной схеме загрузки. Условно оставляем только 2 опоры, последовательно переходя от одного понтона к другому рисунки 3.2 – 3.6. Составляем уравнения моментов относительно точки RP_1 .

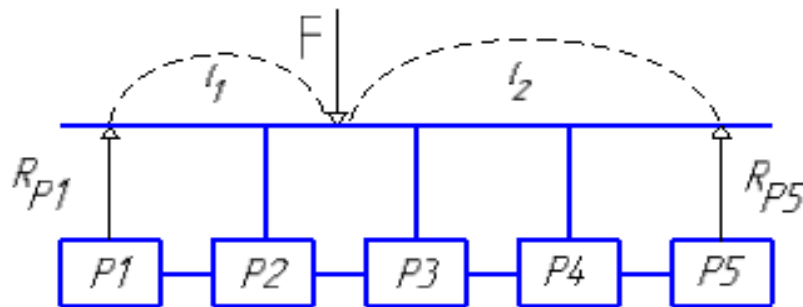


Рисунок 3.2 – Уравнение моментов относительно точки R_{P1}

Уравнение для M_5 описывается системой (3.1):

$$\begin{cases} R_{P1} = P_1 = P \\ Y_{P1} + Y_{P5} = F \\ Fl_1 = Y_{P5}(l_1 + l_2) \\ Y_{P5} = \frac{Fl_1}{l_1 + l_2} \\ Y_{R1} = F - Y_{P5} \end{cases} \quad (3.1)$$

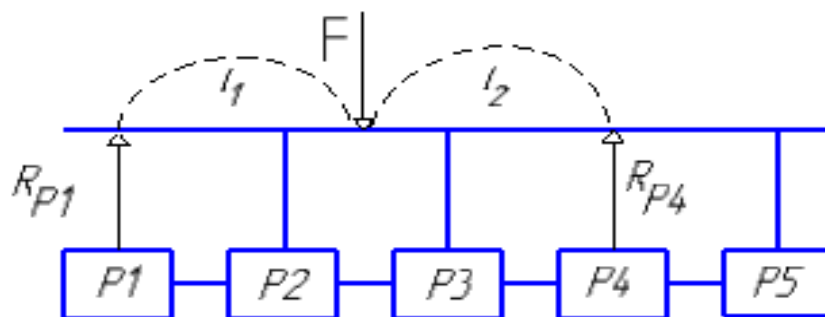


Рисунок 3.3 – Расчет уравнения моментов ($R_{P1} - R_{P4}$)

Уравнение для M_4 описывается системой (3.2):

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{P4} = P_4 = P \\ YP_4 + YP_4 = F \\ Fl_4 = YP_4(l_1 + l_4) \\ YP_4 = \frac{Fl_1}{l_1 + l_2} \\ YR_1 = F - YP_4 \end{array} \right. \quad (3.2)$$

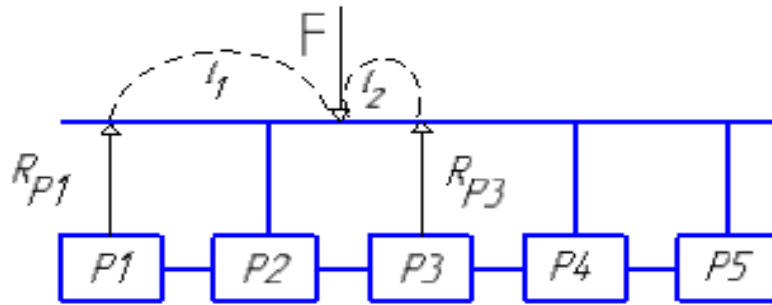


Рисунок 3.4 – Расчет уравнения моментов ($R_{P1} - R_{P3}$)

Уравнение для M_3 описывается системой (3.3):

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{P3} = P_3 = P \\ YP_1 + YP_3 = F \\ Fl_3 = YP_3(l_1 + l_3) \\ YP_3 = \frac{Fl_1}{l_1 + l_2} \\ YR_1 = F - YP_3 \end{array} \right. \quad (3.3)$$

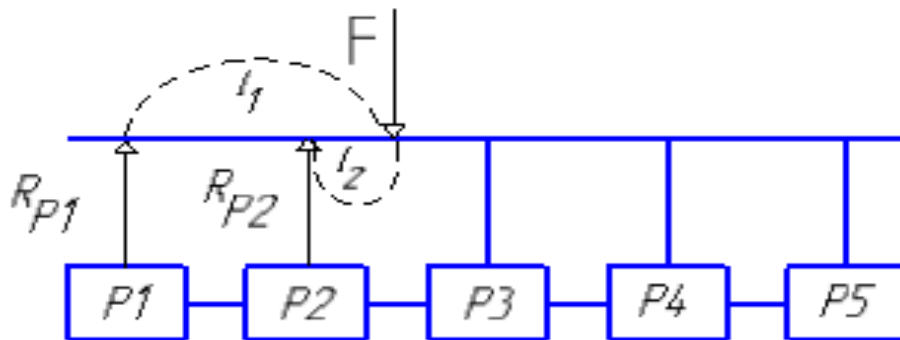
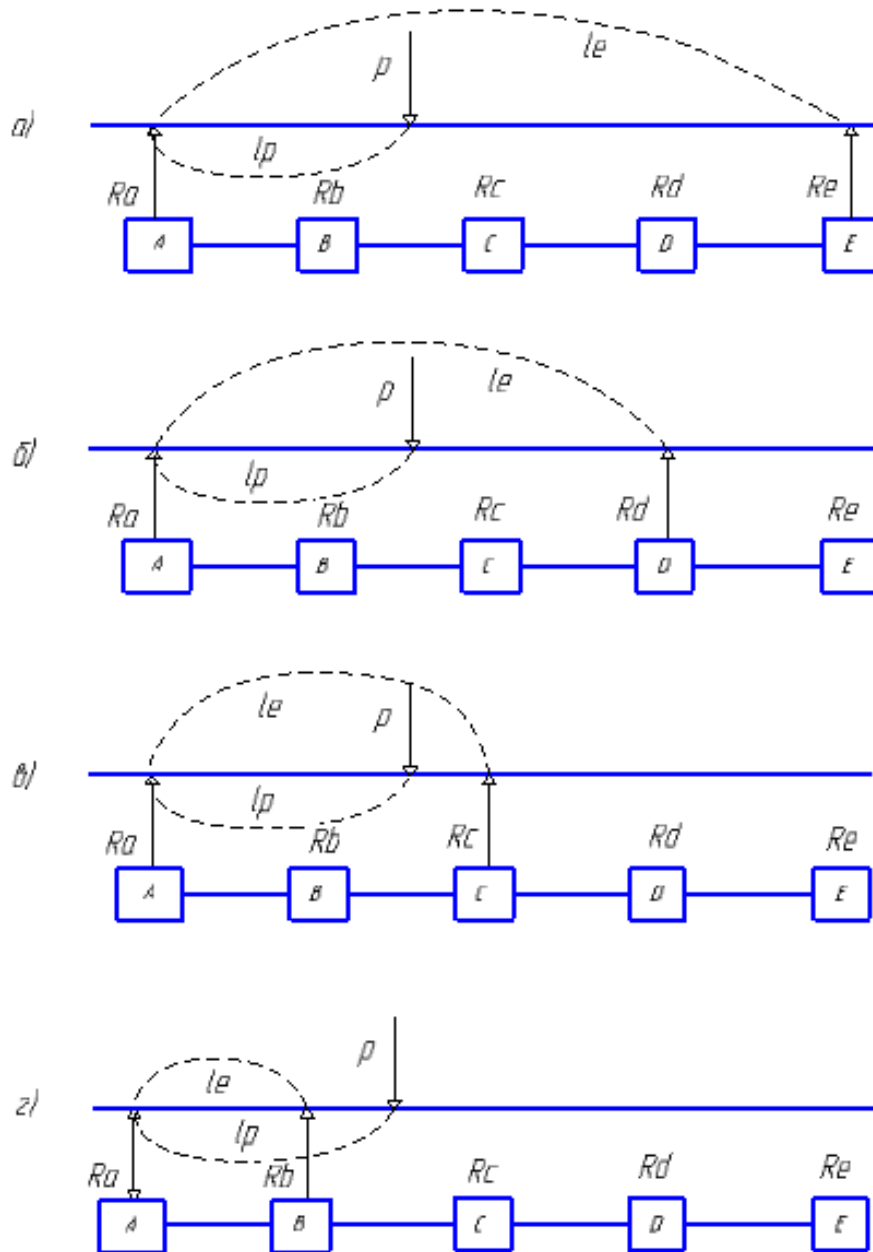


Рисунок 3.5 – Расчет уравнения моментов ($R_{P1} - R_{P2}$)

Уравнение для M_2 описывается системой (3.4):

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{P_2} = P_2 = P \\ YP_1 + YP_2 = F \\ Fl_2 = YP_2(l_1 + l_2) \\ YP_2 = \frac{Fl_1}{l_1 + l_2} \\ YR_1 = F - YP_2 \end{array} \right. \quad (3.4)$$



а, б, в, г – порядное изменение нагрузки с учетом положения опор

Рисунок 3.6 – Схема условной загрузки рамной конструкции

Для того чтобы определить какие усилия действуют в опорах при статически неопределенной схеме загрузки, условно оставляем только 2 опоры (опора А и опора Е), последовательно переходя от одного понтона к другому. Составляем уравнения сил нагрузки с учетом реакции в опорах и уравнения моментов приближаясь относительно точки А (3.5) и (3.6):

$$YR_A + YR_{E(DCB)} = P, \quad (3.5)$$

$$YR_{E(DCB)} + l_{E(DCB)} = l_p P, \quad (3.6)$$

где $YR_{(ABCDE)}$ – сила реакции в опоре;

P – общая нагрузка в раме;

l_E – расстояние между силами реакции опор;

l_p – плечо от силы реакции опоры А до точки приложения нагрузки P .

Решая совместно систему уравнений (3.5) последовательно определяя условные реакции в опорах. В результате вычисления по выражению (3.6) получаем величины условных реакций (3.7):

$$\begin{cases} YR_E = \frac{l_p P}{l_E}; & YR_E = P - YR_{A1} \\ YR_D = \frac{l_p P}{l_D}; & YR_D = P - YR_{A2} \\ YR_C = \frac{l_p P}{l_C}; & YR_C = P - YR_{A2} \\ YR_B = \frac{l_p P}{l_B}; & YR_B = P - YR_{A2} \end{cases} \quad (3.7)$$

Для выявления коэффициентов влияния проведем сложение условных величин (по вышеприведенным четырем схемам рисунок 3.6) по формуле (3.8):

$$YR_{A1} + YR_{A2} + YR_{A3} + YR_{A4} + YR_B + YR_C + YR_D + YR_E = 4P \quad (3.8)$$

используя (3.7) заменим в (3.9) соответствующие величины (3.10):

$$\begin{cases} YR_{A1} = f(P) \\ YR_{A2} = f(P) \\ YR_{A3} = f(P) \\ YR_{A4} = f(P) \end{cases} \quad \begin{cases} YR_E = f(P) \\ YR_D = f(P) \\ YR_C = f(P) \\ YR_B = f(P) \end{cases} \quad (3.9)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K_E = \frac{YR_E}{P} \\ K_D = \frac{YR_D}{P} \\ K_C = \frac{YR_C}{P} \\ K_B = \frac{YR_B}{P} \\ K_A = \frac{YR_A}{P} \end{array} \right. \quad (3.10)$$

Рассчитаем силы реакции опор R , H (3.11):

$$\left\{ \begin{array}{l} R_E = K_E P; \\ R_D = K_D P; \\ R_C = K_C P; \\ R_B = K_B P; \\ R_A = K_A P; \end{array} \right. \quad (3.11)$$

При оценке не были учтены погрешности экспериментального стенда (трение в узлах, закусывание пружин при линейном ходе, погрешности изгибов оргстекла и т.д.).

3.2 Экспериментальная оценка усилий в опорах платформы при решении статически неопределенной задачи на физической модели

Опорные узлы воспринимают всю нагрузку от размещенного на платформе оборудования и добытого торфяного сырья. При этом появляется статически неопределенная задача – оценки усилий, возникающих в опорах при их функционировании. Для того чтобы обеспечить работоспособность подвижных и неподвижных опор требуется выявить их загруженность. С этой целью была создана физическая модель рисунок 3.7 основания платформы с датчиками в виде пружин для оценки усилий, передаваемых на понтоны платформы от размещенной на раме сосредоточенной силы.

Стенд состоит из следующих комплектующих: оргстекло (палубный настил) 900x500x15 мм (1 шт); пеноплекс (понтон) 200x100x30 мм (12 шт); шпилька (опоры) М6x90 мм (24 шт); гайка М6 (120 шт); шайба М6 (148 шт); пружина сжатия проволока 51ХФА–Ш–30 (24 шт); монтажная металлическая лента (фиксирующие узлы).

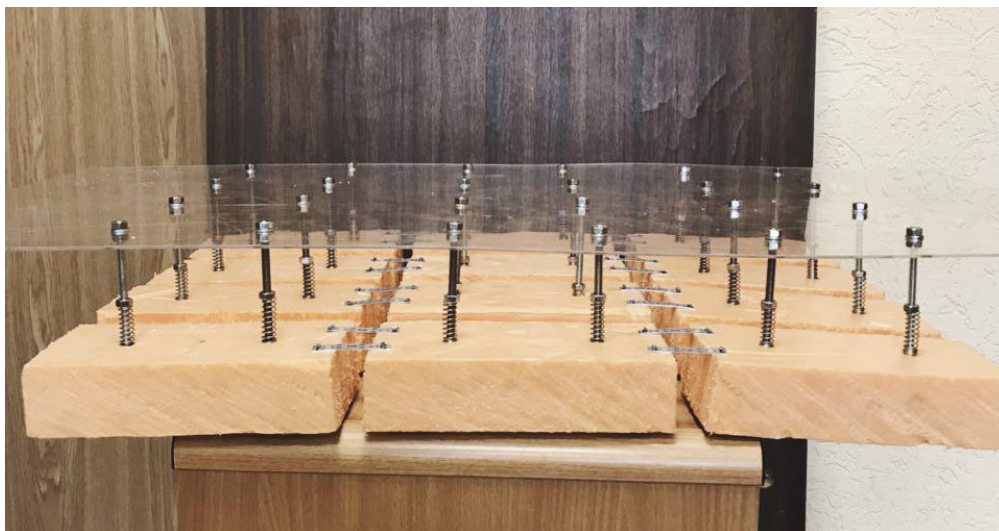


Рисунок 3.7 – Экспериментальный стенд

В качестве такой нагрузки применялся предварительно взвешенный груз, координаты расположения которого изменялись в соответствии с планом эксперимента рисунок 3.8.

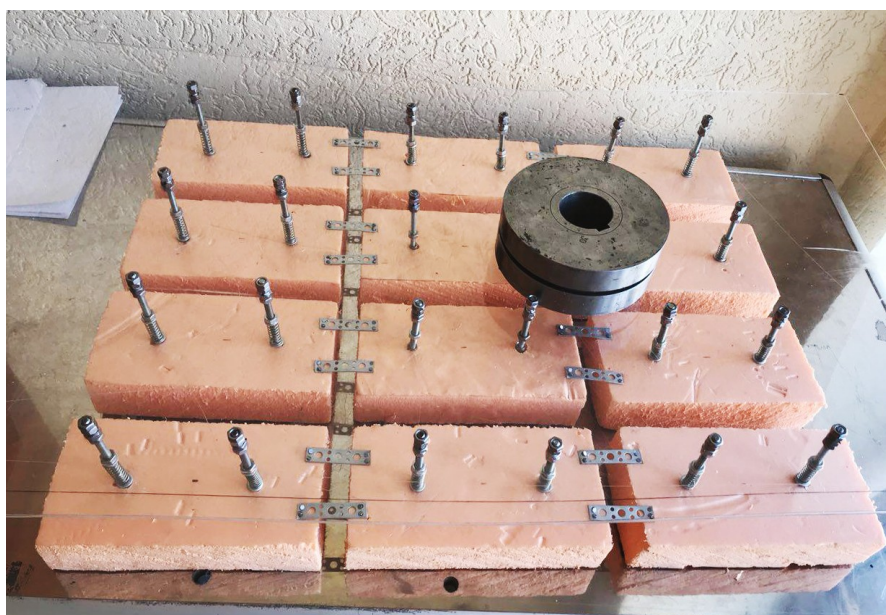


Рисунок 3.8 – Распределение груза на экспериментальном стенде

Методика проведения экспериментов

Проектирование и расчет по данной методике рекомендуется выполнять, придерживаясь следующей последовательности:

1. Выявляются конструктивные особенности сооружения и определяются значения предельных деформаций;
2. Определяются нагрузки, приложенные к поверхности понтона;
3. Назначаются размеры поперечного сечения и длина опоры;
4. Назначается расчетная схема опоры, определяется ее несущая способность по поверхности понтона и по материалу;
5. Определяется количество опор и рядов, а также расстояние между опорами на платформе;
6. Уточняется нагрузка, передающаяся на опоры, с учетом веса рамы и настила платформы. Проверяется выполнение условия несущей способности опоры.

В качестве нагрузки при проведении эксперимента таблица 3.1 были взяты грузы, весом 0,5; 1; 1,5; 2 кг. В ходе эксперимента производился расчет жесткости системы по закону Гука (3.12) [1]:

$$F = m \cdot g, \quad (3.12)$$

где m – масса, кг;

g – ускорение свободного падения $9,81 \text{ м/с}^2$.

Таблица 3.1 – Исходные данные

$F, \text{ Н}$	$\Delta l, \text{ м}$
0	0
4,9	0,008
9,8	0,014
14,7	0,020

Коэффициент упругости пружины k , Н/м, рисунок 3.9-3.10 рассчитывается по формуле (3.13–3.14):

$$k = \frac{F}{x}, \quad (3.13)$$

где x – коэффициент жесткости пружины;

F – сила упругости, Н.

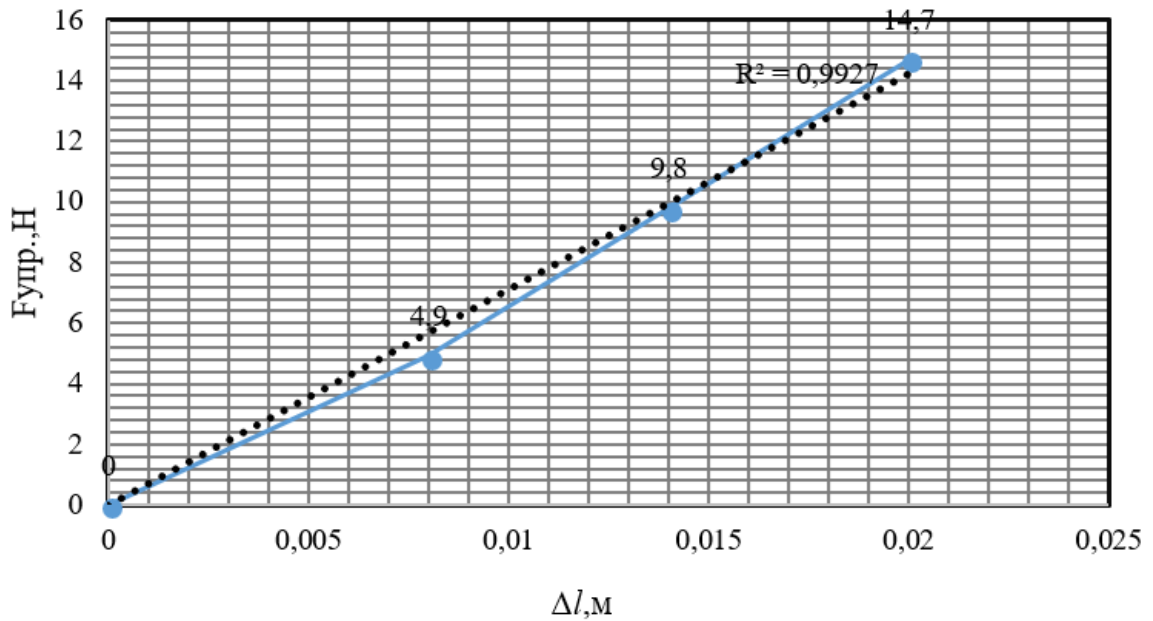


Рисунок 3.9 – Определение жесткости пружины

$$C = \frac{G \cdot d^4}{8D^3 \cdot n} = \frac{7,85 \cdot 10^4 \cdot 1 \cdot 10^4}{8 \cdot 9^3 \cdot 6} = 2,24, \quad (3.14)$$

где G – модуль сдвига, МПа (для пружинной стали $7,85 \cdot 10^4$);

d – диаметр проволоки, мм;

D – наружный диаметр пружины, мм;

n – число рабочих витков пружины.

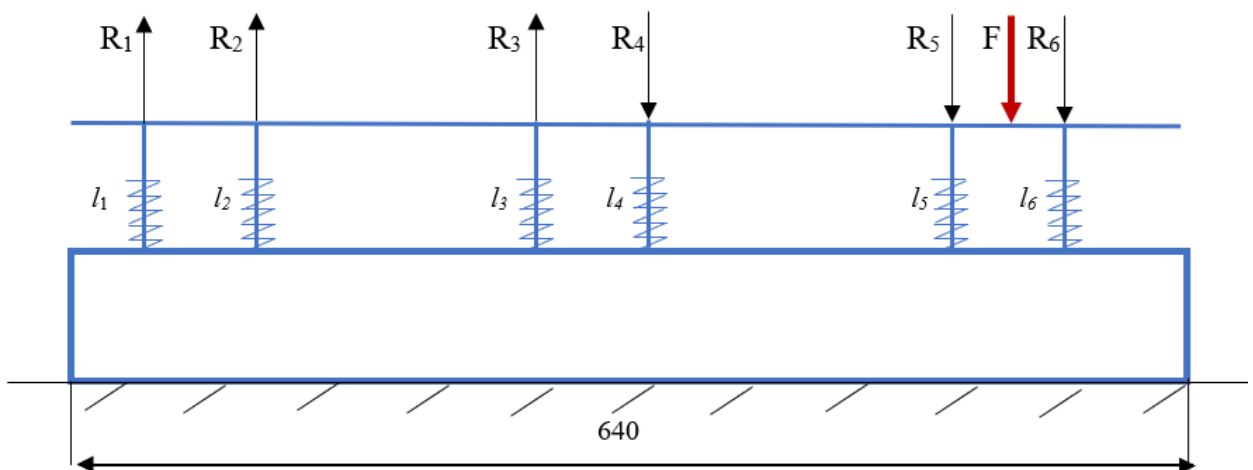


Рисунок 3.10 – Схема загрузки модели платформы [1]

При расчете сил реакций опор R , (Н) были получены следующие значения (3.15):

$$R_A = K_A P = 8,41 \cdot 9,8 = 82,42 \quad (3.15)$$

Тем самым проведя сравнительный анализ экспериментальных и теоретических значений, было выявлено небольшое расхождение до 15% в показаниях таблица 3.2.

Таблица 3.2 – Сравнительная таблица реакций в опорах

Условные реакции в опорах	Экспериментальные значения	Теоретические значения	Расхождение, %
R_A	71,68	65,95	13,03
R_B	64,96	63,01	5,49
R_C	51,52	48,02	7,29
R_D	42,56	38,42	10,78
R_E	35,84	32,05	11,83
R_F	31,36	27,44	14,29

В перспективе данная методика может применяться для решения задач статики конструкций опоры шагающей платформы.

3.3 Направляющие скольжения и их расчет

Целью направляющих скольжения является обеспечение перемещения узлов платформы с минимальными отклонениями от траектории, которая была задана с установкой в определённое заданное ранее положение. Также направляющие должны уменьшать сопротивление перемещения узлов платформы, обеспечивать работоспособность и длительность эксплуатации, уменьшать и по возможности устранять неравномерность перемещения и скачки при медленных движениях и в моменты трогания с места и остановок; обеспечивать демпфирование колебаний, возникающих при медленных перемещениях [52].

Для выполнения всех вышеперечисленных условий, необходимо, чтобы точно соблюдалась заданная геометрия направляющих, конструкция обладала жесткостью, демпфированием, долговечностью использования и т.д.

Давление от органов перемещения и массы узлов должно распределяться равномерно по всей длине направляющих. В то же время опрокидывающие

моменты сил тяги должны быть крайне малы при воздействии на подвижные узлы [52].

Учитывая тот факт, что опоры скольжения будут склонны к схватыванию, так как цикл перемещения в линейных направляющих несоизмеримо мал по сравнению со временем пребывания в исходном положении, принято решение использовать опоры полужидкостного трения со специальными антискачковыми маслами с использованием поверхностно-модифицированных дисперсных металлов наполнителей, это перспективный путь регулирования и улучшения свойств смазок и других гетерогенных систем. Эти опоры характеризуются высокой контактной жесткостью и хорошими демпфирующими свойствами. Кроме того, обеспечивают надежную фиксацию подвижного узла после его перемещения в заданную позицию.

Выбор направляющих для плавучей платформы в виде «ласточкиного хвоста» рисунок 3.11 обусловлен, в первую очередь, тем, что при таком способе оптимальным считается наличие 4-х плоскостей скольжения для восприятия нагрузок всех направлений. Также при таком способе расположения направляющих воспринимаются нагрузки опрокидывающих моментов.

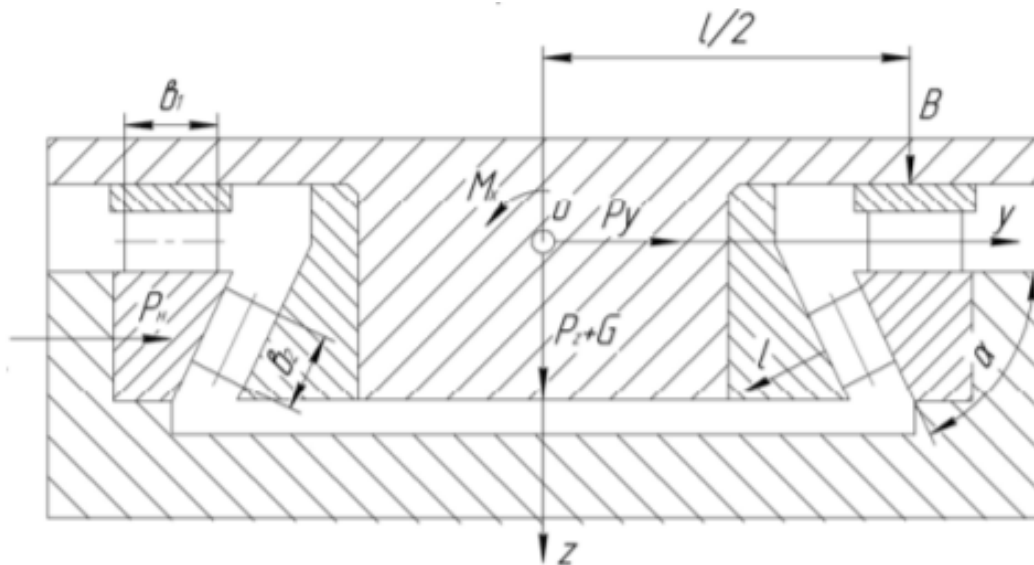


Рисунок 3.11 – Направляющие в виде «ласточкиного хвоста»

К недостаткам данных направляющих можно отнести: трудоемкость и сложность изготовления, как результат высокая стоимость, низкая степень жесткости, рисунок 3.12 используются при малых скоростях передвижения, не

обеспечивают высокую точность направляющих по отношению к заданной точке [52].

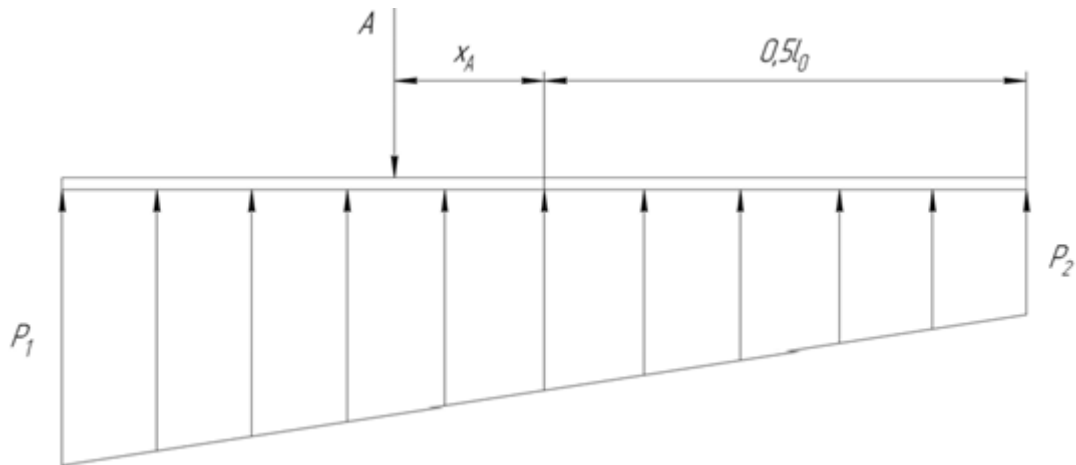


Рисунок 3.12 – Расчетная схема направляющих

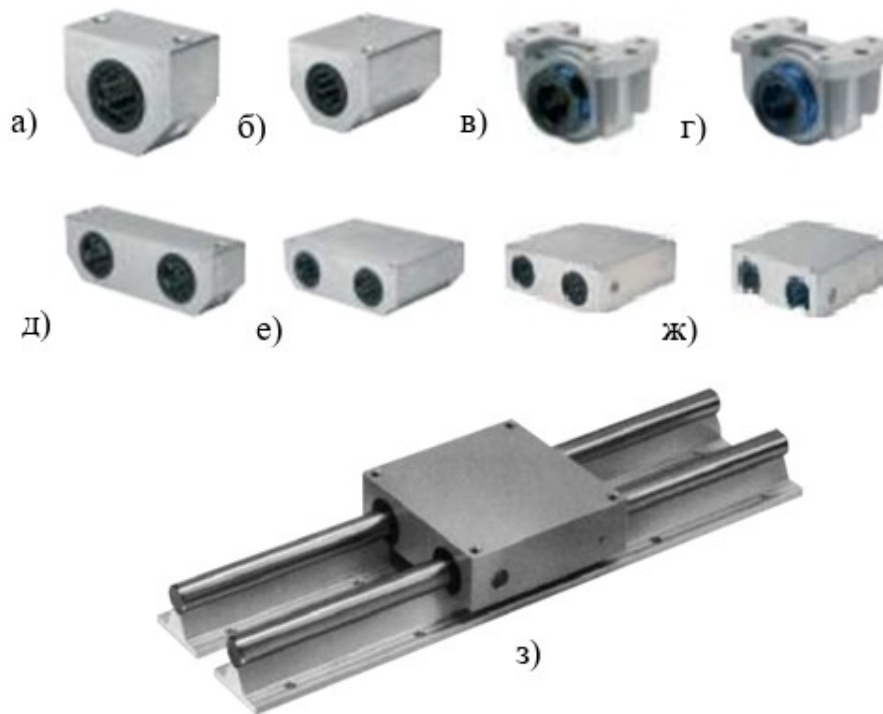
Главным критерием работоспособности направляющих является износостойкость, которая основывается на сохранении заданной на производстве точности, при снижении точности направляющих, соответственно, повышается и их износ. Кроме того, на износостойкость оказывают воздействие: материал направляющих, их обработка, суппорта, нагрузка и ее распределение, условия работы, в том числе смазочные материалы, уровень загрязнения, влажности при окислении и возникновении коррозии некоторых металлических конструкций и элементов, а также характер и скорость перемещения.

Оптимальными условиями работы являются: скорость работы до 1,5 м/с при условиях давления до 150 кПа.

Особое внимание при передвижении направляющих плавучих платформы следует уделить подшипнику скольжения – узел линейного перемещения, между подвижной и неподвижной частями которого происходит трение скольжения. Принцип действия основывается на том, что линейная направляющая закреплена на несущей конструкции, а пятник опоры к полезной нагрузке по отношению к которой и происходит движение.

Для обеспечения высокой износостойкости линейного подшипника применяются смазочные материалы для уменьшения трения при скольжении и соприкосновении с поверхностями металлоконструкций.

Различные виды подшипников скольжения представлены на рисунке 3.13, подшипники скольжения, как правило, отличаются по конструкции, материалу изготовления или материалу скольжения (пары трения) [102–105, 152, 153, 163].



а) LUHR 12-2LS; б) LTBR 25-2LS; в) и г) LUCT16A-2LS SKF; д) LTDR;
е) LQBR; ж) LQCD_LQCR; з) LZAU

Рисунок 3.13 – Примеры подшипников скольжения поступательного действия
В плоских направляющих сила трения скольжения F_T (3.16):

$$F_T = f \cdot F_N \quad (3.16)$$

где f – коэффициент трения-скольжения;

F_N – нормальное давление, Па.

Нужно учитывать, что материал и состояние поверхностей влияют на коэффициент трения f (3.17):

$$f = \operatorname{tg} \alpha \quad (3.17)$$

Углом трения (рисунок 3.14) называют угол α отклонения действительной реакции F_R поверхности от нормали вследствие появления сил трения.

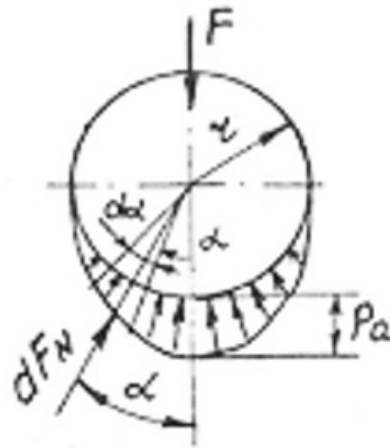


Рисунок 3.14 – Трение в цилиндрической направляющей [1]

Действительная реакция в направляющей [1] (3.18):

$$F_R = \sqrt{F_N^2 + F_T^2} = F_N \sqrt{1 + f^2} = \frac{F_N}{\cos \varphi}, \quad (3.18)$$

где F_T – сила трения скольжения направляющей, Н;

f – коэффициент трения-скольжения;

F_N – нормальное давление, Па;

Когда соединение приработавшееся, давление распределяется по косинусоидальному закону при движении пятника в цилиндрической направляющей (3.19):

$$P = P_a \cdot \cos \varphi, \quad (3.19)$$

где P – приработавшееся давление, Па;

P_a – удельная нагрузка на подшипник, Па.

Или же является постоянным в случае не приработавшегося соединения (3.20) [1]:

$$P = P_a \cdot C, \quad (3.20)$$

где C – динамическая грузоподъемность.

Рассмотрим случай приработавшейся цилиндрической направляющей. Нагрузка на направляющую – F , коэффициент трения – f . Элементарное нормальное давление на элементарном участке цилиндра, охватывающего угол $d\alpha$ и отклоненного от линии действия силы F на угол α (3.21–3.22) [1]:

$$dF_N = PdS = P_a \cdot \cos \alpha \cdot l \cdot r \cdot d_\alpha, \quad (3.21)$$

где dS – элементарная площадь контакта, м²;

l – длина направляющей, м;

r – радиус направляющей, м;

α – угол отклонения, градусы.

$$F = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} P_a \cdot l \cdot r \cdot \cos^2 \alpha \cdot d_\alpha. \quad (3.22)$$

Соответственно, амплитуда давления тогда рассчитывается по формуле (3.23):

$$P_a = \frac{F}{l \cdot r \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \alpha \cdot d_\alpha}. \quad (3.23)$$

Элементарная сила трения рассчитывается по формуле (3.24) [1]:

$$dF_T = d \cdot F_N \cdot f = P_a \cdot l \cdot r \cdot f \cdot \cos \alpha \cdot d_\alpha. \quad (3.24)$$

В таком случае полная сила трения будет рассчитываться по формуле (3.25):

$$F_T = \frac{F \cdot f}{\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \alpha \cdot d_\alpha} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \alpha \cdot d_\alpha = F \cdot f \cdot \frac{4}{\pi} = F \cdot f_{np}. \quad (3.25)$$

Стальные закалённые направляющие обеспечивают наивысшую износостойкость в паре с закалённым чугуном. Направляющие из стали выполняют в виде отдельных планок, которые приваривают к основному металлу. Материал накладных направляющих – низкоуглеродистые стали 20, 20Х, 20ХНМ, 18ХГТ с цементацией и закалкой до высокой твёрдости (60 – 65 HRC), азотируемые стали 38ХМЮА, 40ХФ, 30ХН2МА с глубиной азотирования 0,5 мм и закалкой до твёрдости (800-1000 HV). Чугунные элементы хромируют слоем толщиной 25-50 мкм обеспечивая твёрдость поверхности до 68 - 72 HRC.

Использование поверхностно-модифицированных дисперсных металлов наполнителей – перспективный путь регулирования и улучшения свойств смазок и других гетерогенных систем. Ранее показана продуктивность модифицирования порошков металлов препаратами на основе четвертичных соединений аммония (ЧСА) с использованием принципов молекулярного наслаивания. Опытная зависимость интегрального показателя трения трибосистемы со смазкой (масло И–20) от скорости окисления (с. о.). Разделение линейной (L) и нелинейной (N) компоненты во взаимосвязи $D=F$ (с. о.) позволило количественно оценить их соотношение в зависимости от программы модифицирования наполнителя в парах ЧСА. Представляет теоретический и практический интерес проведение аналогичного рассмотрения для зависимости D от гидрофобности наполнителя рисунок 3.15, оцениваемой по величине обратной адсорбции паров воды ($x=1/a$).

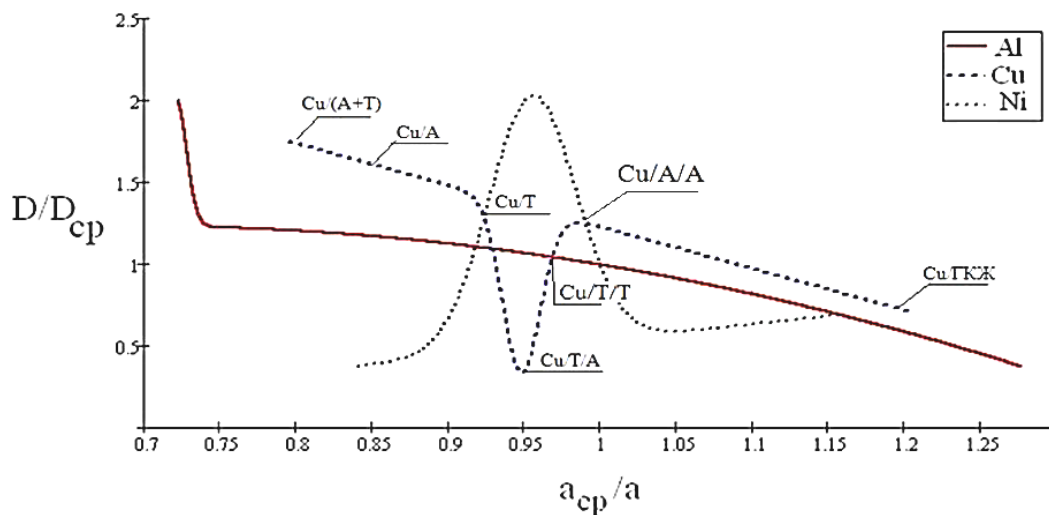


Рисунок 3.15 – Зависимость в нормированных координатах интегрального

показателя трения D для смазки с модифицированными порошками – наполнителями на основе Al, Cu, Ni от водоотталкивающих свойств наполнителя

На графике все зависимости, включая зависимость для Al-систем (где « a » очень мало), показывает усиление нелинейности зависимости в ряду Al, Cu, Ni (по наполнителю). Синергетический эффект снижения D для наполнителя вида Cu/T/A и аномальное существенное увеличение D с ростом гидрофобности Ni-наполнителей. D – показатель акустического сигнала, формируемого в подшипниковом узле, и представляет собой математическое ожидание амплитуды

акустического сигнала, генерируемого при силовом взаимодействии опоры в линейной направляющей, с учетом качества и количества антискачковой смазки.

По способности снижать интегральный показатель трения в трибологической паре со смазкой наполнителями на основе меди, никеля и алюминия их можно расположить в следующей последовательности рисунок 3.16 [125].

	$Ni/(A+T) \leq Ni < Ni/ГКЖ < Ni/A < Ni/T/A < Ni/T$	
N/L	0,31 0,10 0,13 0,49 1,55 2,43	↑ Усиление нелинейности зависимости $D = \Phi(1/a)$ в ряду разных металлов
	$Cu/T/A < Cu/ГКЖ < Cu/T < Cu/A < Cu/(A+T) < Cu$	
N/L	0,76 ≈ 0 0,051 ≈ 0 ≈ 0 ≈ 0	
	$Al/(A+T) < Al < Al/T/A < Al/T < Al/A$	
N/L	0,92 0,83 0,75 0,70 0,54	
	← Возрастание N/L (Al - образцы) →	
	← Уменьшение D →	

Рисунок 3.16 – Ряды снижения D (усиления антифрикционного эффекта) в трибосистемах, содержащих разные металлы, в зависимости от вклада нелинейной компоненты в зависимость $D = \phi(1/a)$

Логика детального изучения зависимости $D = \phi(1/a)$ связана с той важной ролью, которую играют водоотталкивающие свойства нанопленки поверхностно-активного вещества (ПАВ) на твердой поверхности для формирования максимального антифрикционного эффекта (минимизации силы трения) в системе.

Таким образом, подшипники скольжения подобраны с учетом моделирования нагрузок, что подробно рассмотрено в главе 4, давления не критичные и находятся в референтных значениях до 100 кПа, что соответствует условию беспрепятственного движения в линейных направляющих.

3.4 Выводы по главе 3

1. Приведена теоретическая оценка усилий в опорах платформы при решении статически неопределенной задачи в условиях внешних нагрузок.

2. Создана физическая модель основания платформы с динамометрическими датчиками для оценки усилий, передаваемых на понтоны платформы от размещенной на раме сосредоточенной силы в виде груза. На основе проведенного эксперимента определено, что стенд может выдерживать нагрузку в 352,8 Н, что в переводе на реальную установку отличается на 15 %.

3. Представлены результаты расчета элементов скольжения и опор платформы, рассмотрены критерии работоспособности направляющих опоры и подшипников скольжения, выделены оптимальные условия работы.

4. Приведены технические решения для реализации конструкции плавучей платформы в виде патента, на основе которых в последствии была создана технология работы комплекса горного оборудования.

ГЛАВА 4 МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЗОК В ОПОРАХ ШАГАЮЩЕЙ ПЛАТФОРМЫ ГОРНОГО КОМПЛЕКСА

4.1 Математическое обоснование выбора упрощенных моделей и методов расчета функциональных узлов

При расчете поперечных колебаний для опоры при воздействии динамических нагрузок необходимо решить граничную задачу главным условием которой является выбор такой системы координат, чтобы началом являлась сторона меньшего основания (4.1 – 4.5) [141]:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(EJ(x) \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) + m(x) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0, \quad (4.1)$$

где EJ – изгибная жесткость опоры, Н/м;

y – расстояние смещения платформы, м;

m – безразмерный коэффициент [141].

В таком случае граничные условия для EJ будут принимать вид (4.2 – 4.3):

$$EJ(x)y''(x,t)|_{x=0} = 0, \quad (4.2)$$

где y – продольное смещение опоры, м;

x – поперечное смещение опоры.

$$y(l,t) = 0, \quad (4.3)$$

где l – длина опоры, м.

Граничные условия описываются формулой (4.4) [141]:

$$EJ(x)y''(x,t)|_{x=0} = -c_\theta \theta - J_o \ddot{\theta}. \quad (4.4)$$

Условия начала расчетов (4.5 – 4.6):

$$y(x,0) = 0, \quad (4.5)$$

$$\dot{y}(x,0) = \dot{\theta}_o l \left(1 - \frac{x}{l} \right), \quad (4.6)$$

где c_θ – жесткость упругого поворота, Н/м;

J_o – момент инерции массы упорного подшипника относительно точки (центра) O ;

θ – угол поворота основания подшипника с учетом жесткой состыковки опоры с гнездом $\theta = y'|_{x=l}$;

θ_0 – начальная угловая скорость поворота основания подшипника [141].

При решении условия (4.6) при известных физико-механических параметрах опоры, уравнение принимает вид (4.7):

$$z^{v+2}y'''' + 2(v+2)z^{v+1}y''' + (v+2)(v+1)z^v y'' = -\frac{\gamma \cdot F_2 \cdot l}{E \cdot J_2 (1-k)^4} \cdot 4^v. \quad (4.7)$$

В качестве y'' обозначается производная по z . Условие (4.7) решается по методу Фурье путем подстановки в качестве исходных параметров (4.8):

$$y(\zeta, t) = \zeta^{-v} \sum_{n=1}^{\infty} \left[y_{0n} \cdot \zeta_0^v \cdot A_{\lambda_n} + u_{0n} \zeta_0^{v+1} \frac{2l}{\lambda_n (1-k)} \left(C_{\lambda_n} + \frac{2(v+1)}{\lambda_n \cdot \zeta_0} \cdot B_{\lambda_n} \right) + \frac{M_{0n}}{EJ_2} \zeta_0^{-v-2} \left(\frac{2l}{\lambda_n (1-k)} \right)^2 B_{\lambda_n} + \frac{P_{0n}}{EJ} \zeta_0^{-v-1} \left(\frac{2l}{\lambda_n (1-k)} \right)^3 D_{\lambda_n} \right] \sin(\omega_n \cdot t + \mu_n), \quad (4.8)$$

где $\sqrt{\zeta} = z$, $\zeta_0 = \sqrt{k}$, y_{0n} – прогиб опоры;

u_{0n} – угол поворота опоры;

M_{0n} – изгибающий момент;

Q_{0n} – поперечная сила в начале отсчета для n -ой формы колебаний соответственно.

Тогда собственные значения определяются по формуле (4.9):

$$\lambda_n = \sqrt[4]{\frac{16\omega_n^2 \cdot l^4 \cdot \gamma \cdot F_2}{(1-k)^4 EJ_2}}, \quad (4.9)$$

где λ_n – собственные значения;

ω_n – собственная частота колебаний, Гц;

μ_n – фаза n -й формы колебаний.

Параметры $A_{\lambda\zeta}, B_{\lambda\zeta}, C_{\lambda\zeta}, D_{\lambda\zeta}$ – аналог функций Крылова для неоднородной балки принимают вид (4.10– 4.13) [141]:

$$A_{\lambda\zeta} = \frac{1}{4} \lambda_n \zeta_0 [2(I_\nu(\lambda_n \zeta) K_{\nu+1}(\lambda_n \zeta_0) + K_\nu(\lambda_n \zeta) I_{\nu+1}(\lambda_n \zeta_0)) - \pi(J_\nu(\lambda_n \zeta) Y_{\nu+1}(\lambda_n \zeta_0) - Y_\nu(\lambda_n \zeta) J_{\nu+1}(\lambda_n \zeta_0))], \quad (4.10)$$

$$B_{\lambda\zeta} = \frac{1}{4} \lambda_n \zeta_0 [2(I_\nu(\lambda_n \zeta) K_{\nu+1}(\lambda_n \zeta_0) + K_\nu(\lambda_n \zeta) I_{\nu+1}(\lambda_n \zeta_0)) + \pi(J_\nu(\lambda_n \zeta) Y_{\nu+1}(\lambda_n \zeta_0) - Y_\nu(\lambda_n \zeta) J_{\nu+1}(\lambda_n \zeta_0))], \quad (4.11)$$

$$C_{\lambda\zeta} = \frac{1}{4} \lambda_n \zeta_0 [2(I_\nu(\lambda_n \zeta) K_{\nu+1}(\lambda_n \zeta_0) + K_\nu(\lambda_n \zeta) I_{\nu+1}(\lambda_n \zeta_0)) - \pi(J_\nu(\lambda_n \zeta) Y_{\nu+1}(\lambda_n \zeta_0) - Y_\nu(\lambda_n \zeta) J_\nu(\lambda_n \zeta_0))], \quad (4.12)$$

$$D_{\lambda\zeta} = \frac{1}{4} \lambda_n \zeta_0 [2(I_\nu(\lambda_n \zeta) K_{\nu+1}(\lambda_n \zeta_0) + K_\nu(\lambda_n \zeta) I_{\nu+1}(\lambda_n \zeta_0)) + \pi(J_\nu(\lambda_n \zeta) Y_{\nu+1}(\lambda_n \zeta_0) - Y_\nu(\lambda_n \zeta) J_{\nu+1}(\lambda_n \zeta_0))]. \quad (4.13)$$

В данном случае параметр $J_\nu(z)$ и параметр $Y_\nu(z)$ являются функциями Бесселя, а параметр $I_\nu(z)$ и параметр $K_\nu(z)$ являются модифицированными функциями Бесселя.

Тогда из выражений (4.2 – 4.4) появляются новые условия, при которых параметр M_{0n} будет принимать вид: $M_{0n} = 0$, а параметр Q_{0n} также будет равен 0, тогда при выполнении требований системы уравнений собственные значения функций будут рассчитываться по функции (4.14 – 4.15)

$$y_{0n} Z_n = y_0 \zeta^{-\nu} \zeta_0^\nu \left(A_{\lambda\zeta} - \alpha_n \left(C_{\lambda\zeta} + \frac{2(\nu+1)}{\lambda_n \cdot \zeta_0} B_{\lambda\zeta} \right) \right), \quad (4.14)$$

где

$$\alpha_n = \frac{\lambda_n \zeta_0 A_\lambda}{\lambda_n \zeta_0 C_\lambda + 2(\nu+1) B_\lambda}. \quad (4.15)$$

В таком случае условие определения производной собственной функции угла поворота будет определяется по формуле (4.16):

$$Z_n' = \frac{\lambda_n}{2} \zeta^{-v-1} \zeta_0^v \left(A_{\lambda\zeta} - \alpha_n \left(C_{\lambda\zeta} + \frac{2(\tilde{v}+1)}{\lambda_n \zeta_0} B_{\lambda\zeta} \right) \right). \quad (4.16)$$

Определение собственной функции изгибающего момента определяется по формуле (4.17):

$$z^{v+2} Z_n'' = \frac{\lambda_n^2}{4} \zeta^{v+2} \zeta_0^v \left(B_{\lambda\zeta} - \frac{2(v+1)}{\lambda_n \zeta} A_{\lambda\zeta} - \alpha_n \left(D_{\lambda\zeta} + \frac{2(v+1)}{\lambda_n \zeta_0} A_{\lambda\zeta} - \frac{2(v+1)}{\lambda_n \zeta_0} \left(C_{\lambda\zeta} + \frac{2(v+1)}{\lambda_n \zeta_0} \right) \right) \right). \quad (4.17)$$

Тогда определение собственной функции поперечных сил определяется по формуле (4.18):

$$(z^{v+1} Z_n''') = \frac{\lambda_n^3}{8} \zeta^{v+1} \zeta_0^v \left(B_{\lambda\zeta} - \alpha_n \left(D_{\lambda\zeta} + \frac{2(v+1)}{\lambda_n \zeta_0} A_{\lambda\zeta} \right) \right). \quad (4.18)$$

Для расчета параметров (функций) $\tilde{A}_{\lambda\zeta}, \tilde{B}_{\lambda\zeta}, \tilde{C}_{\lambda\zeta}, \tilde{D}_{\lambda\zeta}$, необходимо составить систему перехода соотношений, которая описывается следующими уравнениями, для $\tilde{A}_{\lambda\zeta}$ уравнение будет иметь вид (4.19):

$$(\zeta^{-v} A_{\lambda\zeta})' = \frac{\lambda_n}{2} \zeta^{-v-1} \tilde{A}_{\lambda\zeta}. \quad (4.19)$$

Тогда для $\tilde{B}_{\lambda\zeta}$ уравнение примет вид (4.20):

$$(\zeta^{-v} B_{\lambda\zeta})' = \frac{\lambda_n}{2} \zeta^{-v-1} \tilde{B}_{\lambda\zeta}. \quad (4.20)$$

Для $\tilde{C}_{\lambda\zeta}$ уравнение соотношение примет вид (4.21):

$$(\zeta^{-v} C_{\lambda\zeta})' = \frac{\lambda_n}{2} \zeta^{-v-1} \tilde{C}_{\lambda\zeta}. \quad (4.21)$$

Тогда для $\tilde{D}_{\lambda\zeta}$ соотношение будет определяться из условия (4.22):

$$(\zeta^{-v} D_{\lambda\zeta})' = \frac{\lambda_n}{2} \zeta^{-v-1} \tilde{D}_{\lambda\zeta}. \quad (4.22)$$

Алгоритм для решения статически неопределенной задачи заключается в следующем:

1. Оценка статистических нагрузок (создание параметрической модели) в основе которого лежит метод конечных элементов:

1.1 Определение нагрузок (опоры; платформы) рассчитывается суммарный вес оборудования на палубном настиле, рисунок 4.2.

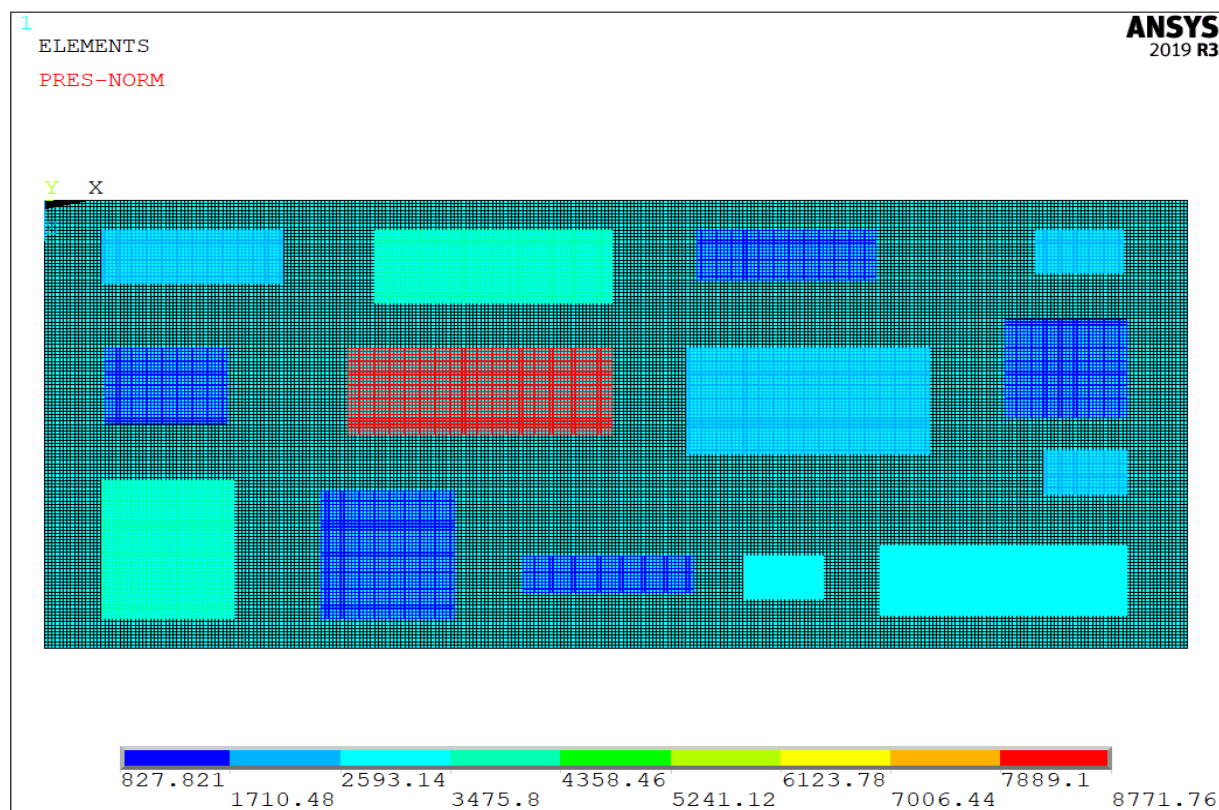


Рисунок 4.2 – Цветовая индикация давления оборудования на платформу

1.2 Определение сил поддержания: выталкивающая сила, т.е. сила Архимеда (4.23):

$$F_a = \rho \cdot g \cdot V, \quad (4.23)$$

где F – сила выталкивания, Н;

ρ – плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$;

g – ускорение свободного падения, $9,8 \text{ м}/\text{с}^2$;

V – объем тела, м^3 .

1.3 Моделирование сетки нагрузок (план понтонов; план расположения оборудования; составление плана суммарных нагрузок (компенсированные / некомпенсированные силы); определение собственного веса конструкции (веса понтона и веса рамы), рисунки 4.3 – 4.4.

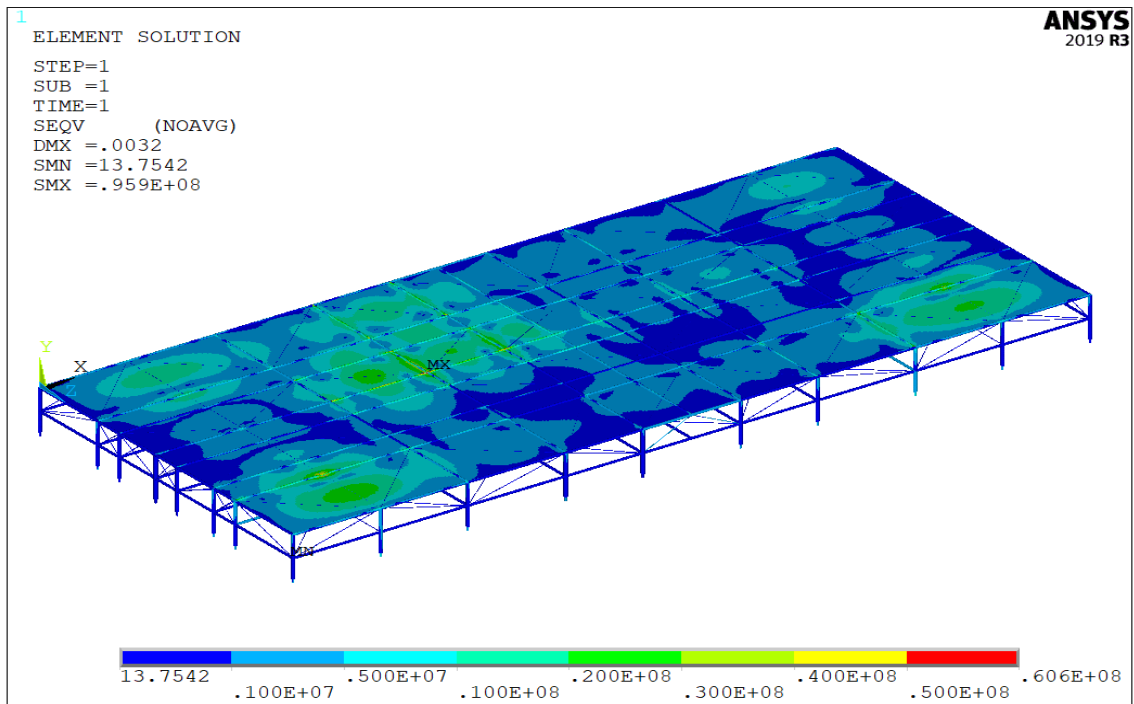


Рисунок 4.3 – Напряжения по принципу Мизеса

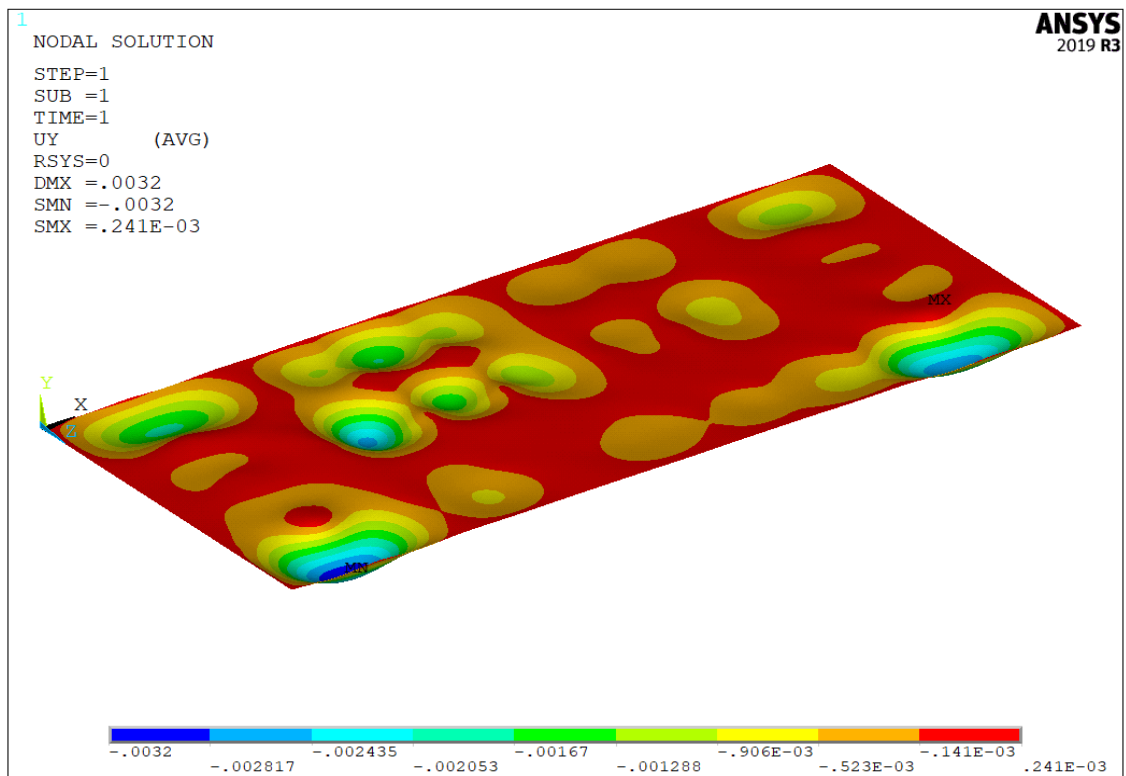


Рисунок 4.4 – Распределение нагрузок на палубном настиле (изометрия)

1.4 Создание 3-х мерного графика сил поддержания (расчет объемного водоизмещения понтона и его остойчивости), рисунок 4.5.

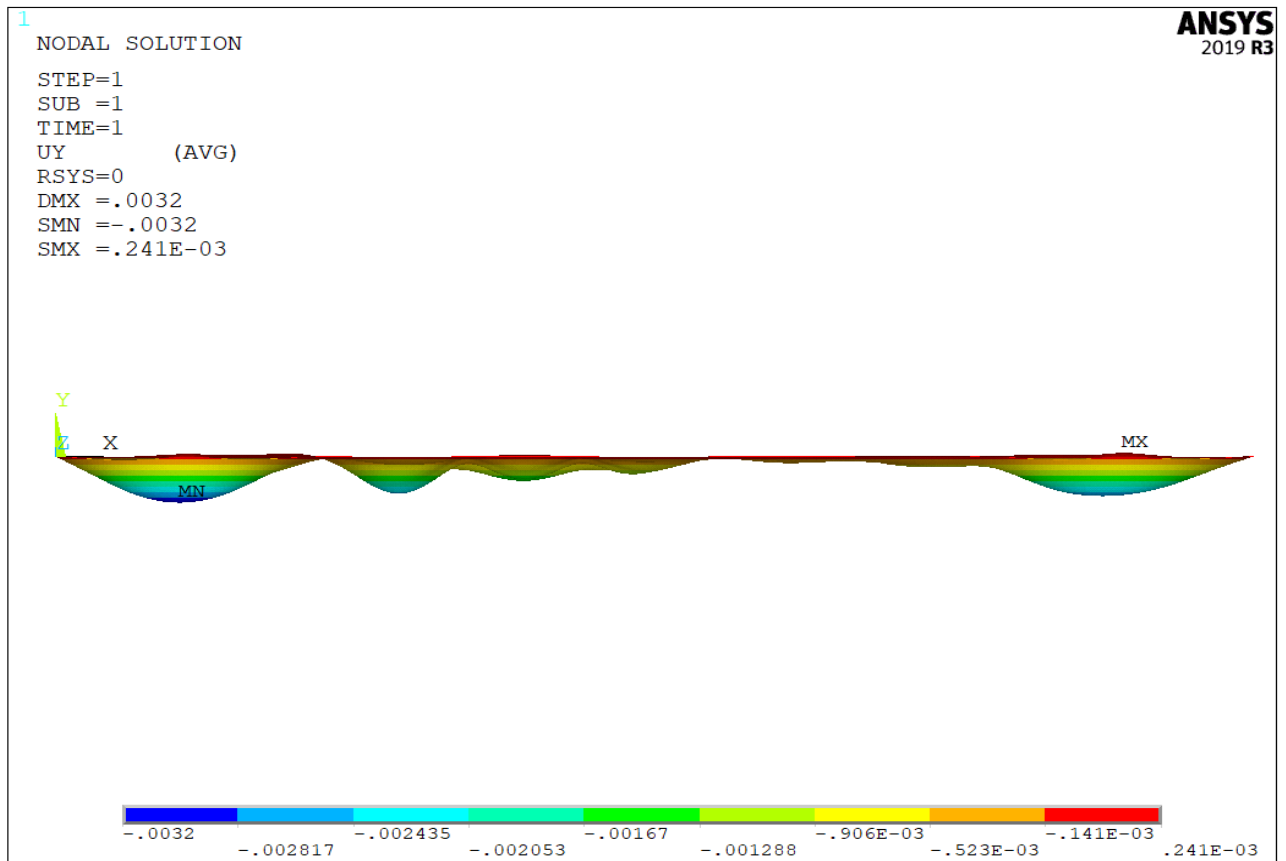


Рисунок 4.5 – Распределение нагрузок на палубном настиле (профиль)

2. *Оценка динамических нагрузок (моделирование процесса шагания и позиционирования платформы):*

2.1 Построение диаграммы перемещений (для отображения перераспределения нагрузок между опорами платформы, а также составления прогноза и исключения рисков опрокидывания или разрыва соединений понтонного основания) рисунок 4.6.

2.2 Решение контактной задачи (моделирование процесса движения опоры в линейной направляющей платформы), рисунок 4.7.

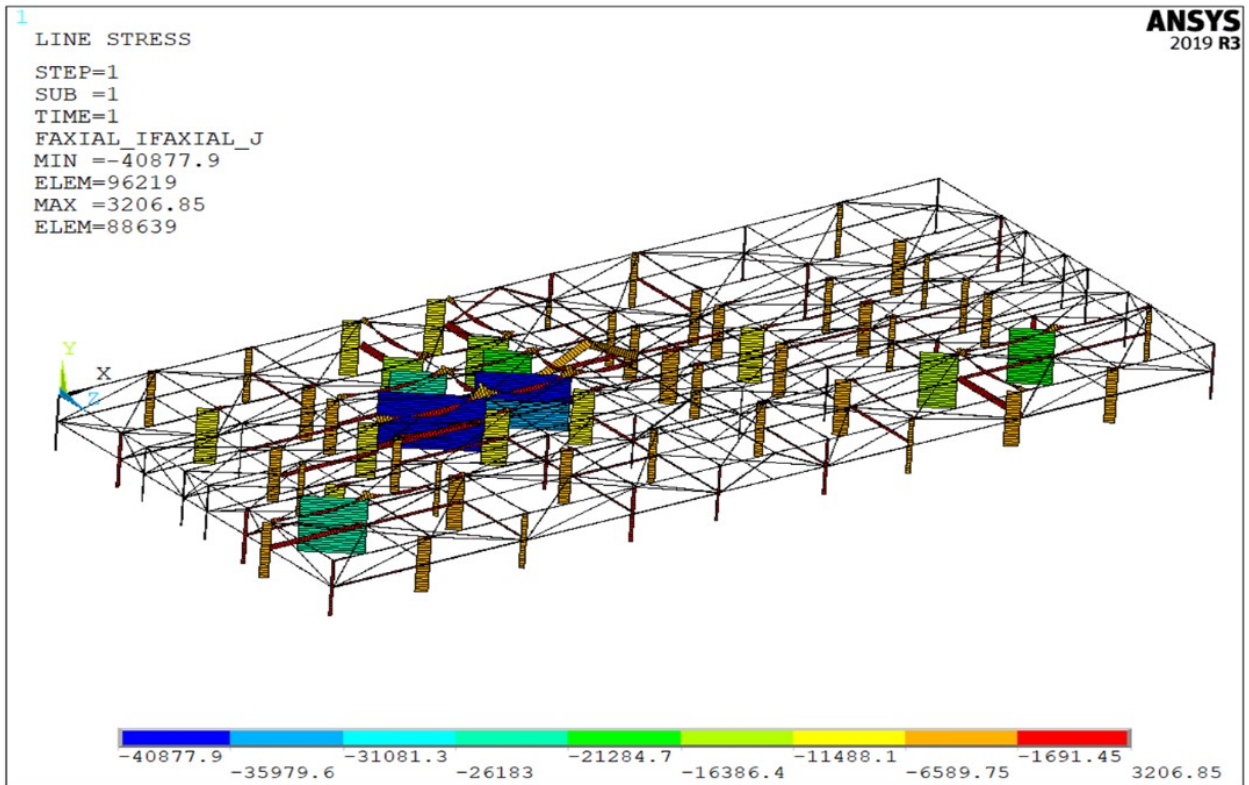


Рисунок 4.6 – Распределение нормальных сил

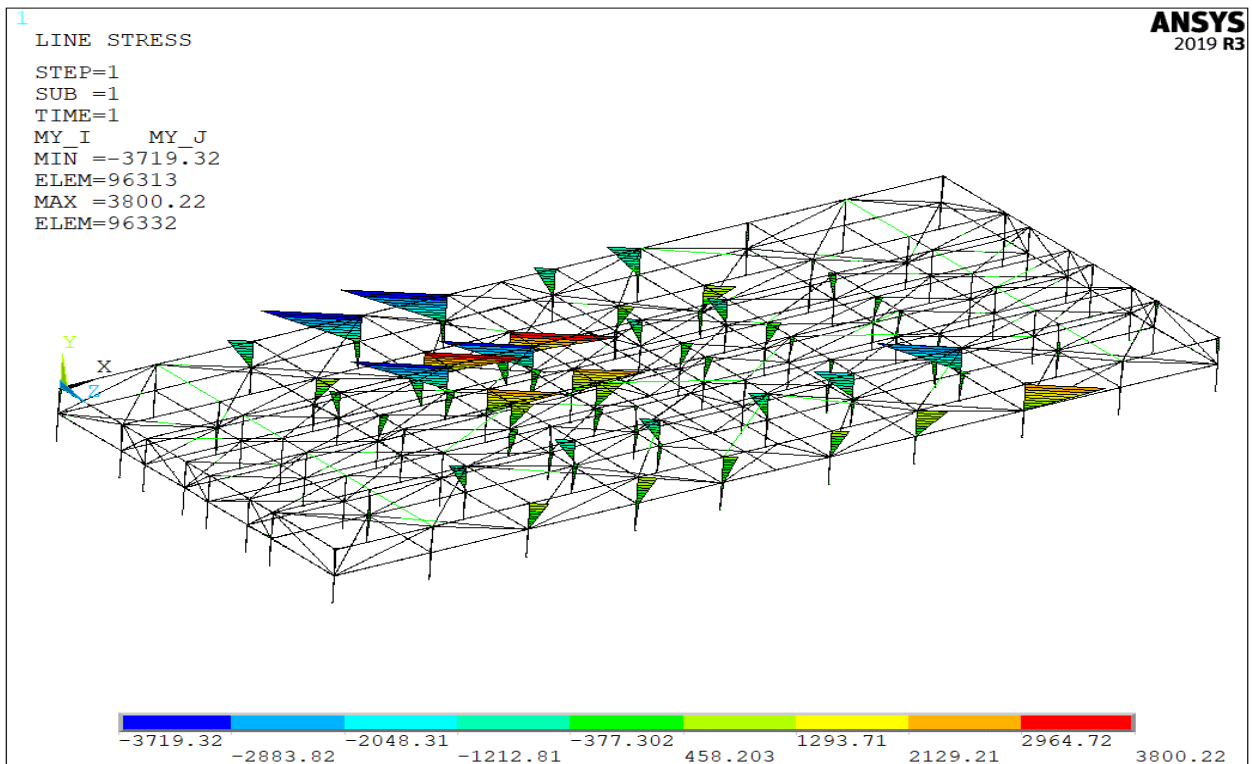


Рисунок 4.7 – Моделирование изгибающего момента

2.3 Оценка изгибающих, восстанавливающих и крутящих моментов (анализ критических зон на платформе и визуализация распределения нагрузок), рисунок 4.8.

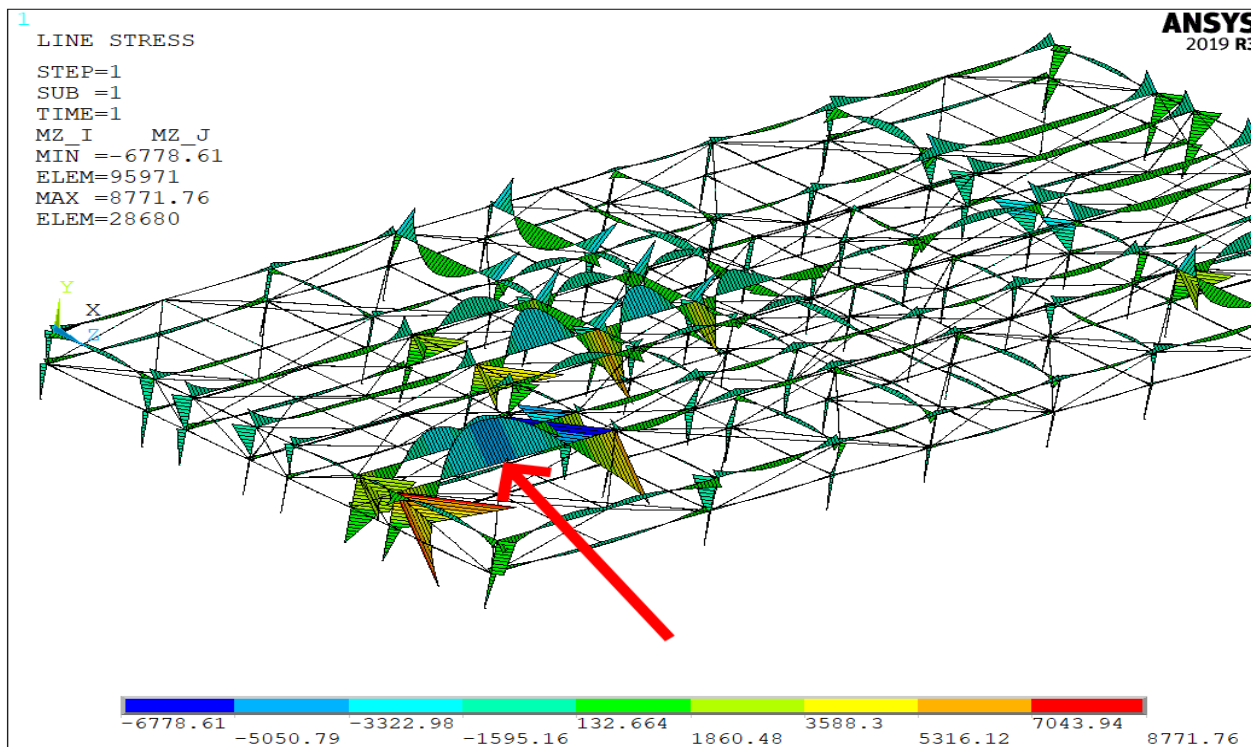


Рисунок 4.8 – Моделирование изгибающего момента эпюра M_Z

2.4 Построение эпюры нагрузок (моделирование напряжений в функциональных узлах платформы), рисунок 4.9.

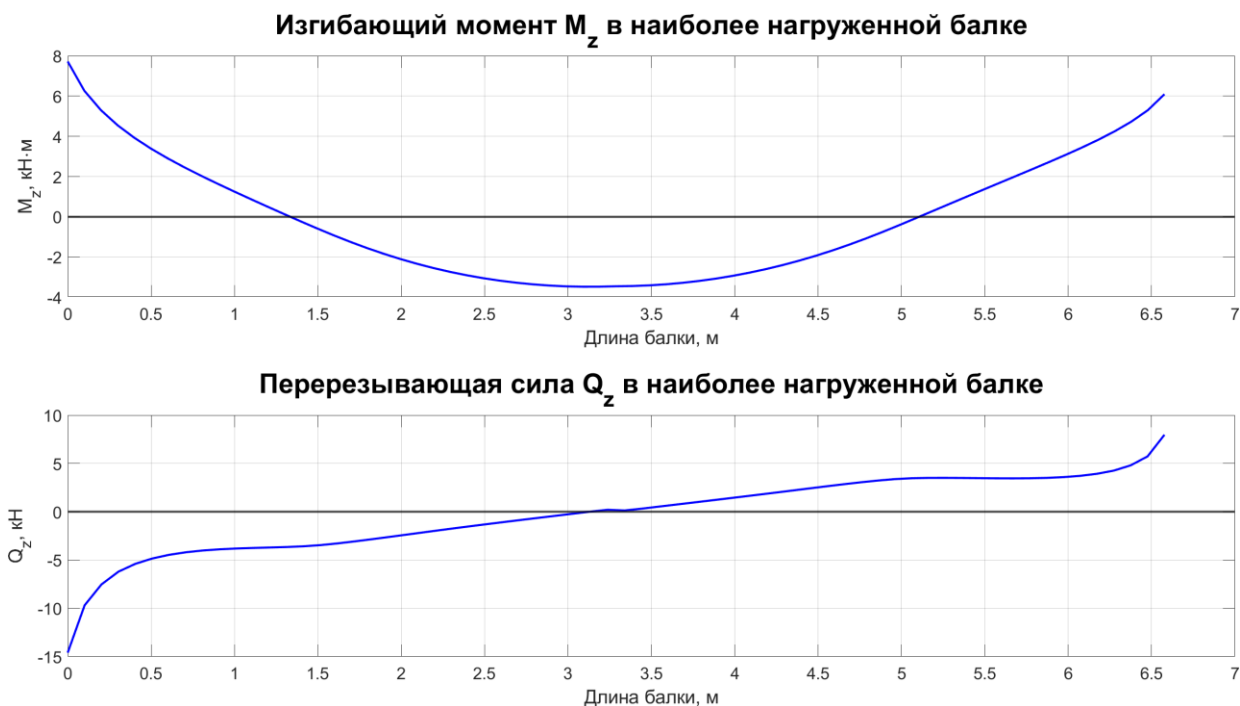


Рисунок 4.9 – Основные силы влияющие на опору

Из данных графиков делаем вывод, что оптимальная длина опоры платформы 2 м. При такой длине сохраняется целостность опоры и ее функциональные свойства.

Максимальное напряжение по диаграмме 60,6 МПа в красной зоне (рисунок 4.3 – 4.4). $n_T = \sigma_{0,2} / \sigma_{max} = 175 / 60,6 = 2,9 > 2$ запас текучести. Следовательно, целостность платформы сохраняется.

4.2 Исследование параметров динамического изгиба конструкции

Динамический изгиб конструкции платформы рассчитывался при условии, что параметр $\mu_{n=0}$ был равен нулю, тогда при соблюдении уравнений начальных условий, выполняется условие (4.24):

$$\frac{1}{l^2} \sqrt{\frac{EJ_2}{\gamma F_2}} \sum_{n=1}^{\infty} y_{on} \bar{\lambda}_n^2 Z_n(z) = \frac{\dot{\theta} \cdot l}{(1-k)} (1-z). \quad (4.24)$$

При определении продольного прогиба (смещения опоры относительно оси y) y_{on} при учете свойств ортогональной функции вида Z_n и параметра (функции) $Z_m (m \neq n)$ формула принимает следующий вид (4.25):

$$\bar{Z}_m(z) = z^v Z_m(z) - \frac{1}{3} (1-k)^3 \zeta (Z_m'(z) \delta(z-1)), \quad (4.25)$$

где $\delta(z)$ – дельта-функция Дирака.

Формула (4.26) в том числе учитывает и локальную моментную нагрузку на опору.

Умножив левую и правую части равенства (4.24) на функцию Z_m , далее применив алгоритм интегрирования по длине с учетом граничных условий системы уравнения (4.25) создается формула для вычисления прогиба y_{on} по формуле (4.26):

$$y_{on} = -\frac{64\theta \cdot l^3 \cdot \chi \cdot Z_n'(1)}{(1-k)^4 \lambda_n^6 \Delta_n^2} \sqrt{\frac{\gamma F_2}{EJ_2}}, \quad (4.26)$$

где Δ_n^2 – квадрат нормы собственных функций для рассматриваемых граничных условий, который рассчитывается по формуле (4.27):

$$\Delta_n^2 = \left(\frac{8(v+1)}{\lambda_n^4} Z_n' Z_n'' + \frac{8}{\lambda_n^4} (z^{v+2} Z_n'')^2 - \frac{16}{\lambda_n^4} Z_n'' (z^{v+2} Z_n') + \zeta \frac{(1-k)^3}{3} (Z_n'')^2 \right) \Big|_{n=1} - \left(\frac{1}{2} z^{v+2} Z_n'' \right) \Big|_{n=k}. \quad (4.27)$$

Тогда уравнения для определения основных динамических элементов изменения платформы относительно исходной точки оси (точки стояния) в определенной системе координат, а именно, прогибов, углов поворота, а также изгибающих моментов примут вид (4.28 – 4.30).

Для определения прогиба платформы конечное уравнение будет иметь вид (4.28):

$$y(\zeta, t) = -y_A \chi(1-k)^2 \zeta^{-v} \zeta_0^v \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Z_n^1(1)}{\lambda_n \Delta_n^2} \left(A_{\lambda_\zeta} - \alpha_n \left(C_{\lambda_\zeta} + \frac{2(v+1)}{\lambda_n \zeta_0} B_{\lambda_\zeta} \right) \right) \sin \bar{\lambda}_n^2 \tau. \quad (4.28)$$

Для определения угла поворота платформы конечное уравнение будет иметь вид (4.29):

$$u(\zeta, t) = -u_A \chi(1-k)^2 \zeta^{-v} \zeta_0^v \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Z_n^1(1)}{\lambda_n \Delta_n^2} \left(A_{\lambda_\zeta} - \alpha_n \left(C_{\lambda_\zeta} + \frac{2(v+1)}{\lambda_n \zeta_0} B_{\lambda_\zeta} \right) \right) \sin \bar{\lambda}_n^2 \tau. \quad (4.29)$$

Для определения изгибающего момента опоры конечное уравнение будет иметь вид (4.30):

$$M(\zeta, t) = -M_A \chi(1-k)^2 \zeta^{v+2} \zeta_0^v \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Z_n^1(1)}{\lambda_n \Delta_n^2} \left(B_{\lambda_\zeta} - \frac{2(v+1)}{\lambda_n \zeta_0} A_{\lambda_\zeta} - \alpha_n \left(D_{\lambda_\zeta} + \frac{2(v+1)}{\lambda_n \zeta_0} A_{\lambda_\zeta} - \frac{2(v+1)}{\lambda_n \zeta_0} \left(C_{\lambda_\zeta} + \frac{2(v+1)}{\lambda_n \zeta_0} B_{\lambda_\zeta} \right) \right) \right) \sin \bar{\lambda}_n^2 \tau. \quad (4.30)$$

В данном случае величина времени будет безразмерной и будет определяться по формуле (4.31):

$$\tau = \frac{t}{l^2} \sqrt{\frac{EJ_2}{\gamma F_2}}. \quad (4.31)$$

Для безразмерных величин системы уравнений (4.28 – 4.30) все определенные переходы, выражающиеся формулами (4.32 – 4.34):

$$y_A = \dot{\theta} \cdot l^3 \sqrt{\frac{\gamma F_2}{EJ_2}}, \quad (4.32)$$

$$u_A = \dot{\theta} \cdot l^2 \sqrt{\frac{\gamma F_2}{EJ_2}}, \quad (4.33)$$

$$M_A = \dot{\theta} \cdot l^2 \sqrt{EJ_2} \gamma F_2. \quad (4.34)$$

В случае колебания твердых тел, уравнение (4.30) с учетом системы начальных уравнений (4.17 – 4.19), то модель колебания твердых тел определяется по формуле (4.35):

$$\theta(\tau) = -\frac{u_A}{\lambda^2} \sin \lambda^2 \tau. \quad (4.35)$$

Прогиб верхнего торца опоры определяется зависимостью (4.36):

$$y_{\max}(\tau) = y \frac{(\zeta_0, \tau)}{y_A}. \quad (4.36)$$

Изгибающий момент в нижнем основании опоры определяется по формуле (4.37):

$$M(\tau) = \frac{M(1, \tau)}{M_A}. \quad (4.37)$$

Восстанавливающий момент на упругой опоре определяется по формуле (4.38):

$$M(\tau) = \frac{u(1, \tau)}{M_A}. \quad (4.38)$$

Зависимости по изгибающему и восстанавливающим моментам определены формулами (4.39 – 4.40) соответственно.

Функция для изгибающего момента будет определяться по формуле (4.39):

$$y_{\max}(\tau) = \frac{\theta(\tau)}{y_A}. \quad (4.39)$$

Функция для восстанавливающего момента будет определяться по формуле (4.40):

$$M(\tau) = \frac{\theta(\tau) c_\theta}{M_A}. \quad (4.40)$$

В результате моделирования и расчетов можно сделать вывод о том, что в условиях малой относительной жесткости и точечной инерционной нагрузки на конструкцию, глобальное приложение сил и соответствующую деформацию вызывает 1-я форма колебаний, тогда можно сделать вывод о том, что применение упрощенной одномодовой модели является обоснованным.

Данная имитационная модель может использоваться: 1) для обоснования выбора упрощенных моделей и методов расчета; 2) при исследовании влияния физико-механических параметров на амплитудно-частотные характеристики конструкции; 3) проверке адекватности тестовых примеров в программных комплексах имитационного моделирования [64].

Далее с помощью имитационного моделирования показаны результаты расчета нагрузок и воздействия на платформу по алгоритму. В соответствии с проведенными расчетами было доказано использование в качестве органа перемещения для передвижения платформы компактного гидравлического линейного привода, рисунок 2.11.

4.3 Моделирование процесса перемещения платформы

Симулирование процесса шагания понтона осуществлялось с помощью программного пакета Ansys Fluent – это ведущее в отрасли программное обеспечение для моделирования жидкостей, известное своими расширенными возможностями физического моделирования и лучшей в отрасли точностью, оно подходит для гидродинамического моделирования и содержит лучшие в своем классе физические модели и может точно и эффективно решать большие и сложные модели. Предварительный результат – от добавления силы тяжести и удаления лишних опор ничего критичного в модели не происходит. Что касается силы сопротивления – аналитическое решение так называемой задачи Стокса берем для шара, который жидкость обтекает со всех сторон. Моделируем пять понтонов в жидкости. Основная сложность заключается в том, что нам нужно делать несколько расчётов при разных скоростях и переносить поля сил в Ansys Mechanical для прочностного расчёта. Берется решение уравнения Стокса для

бесконечной пластины, отметим, что у нас не корабль, который обтекаемый, а параллелепипед рисунок 4.10 [64].

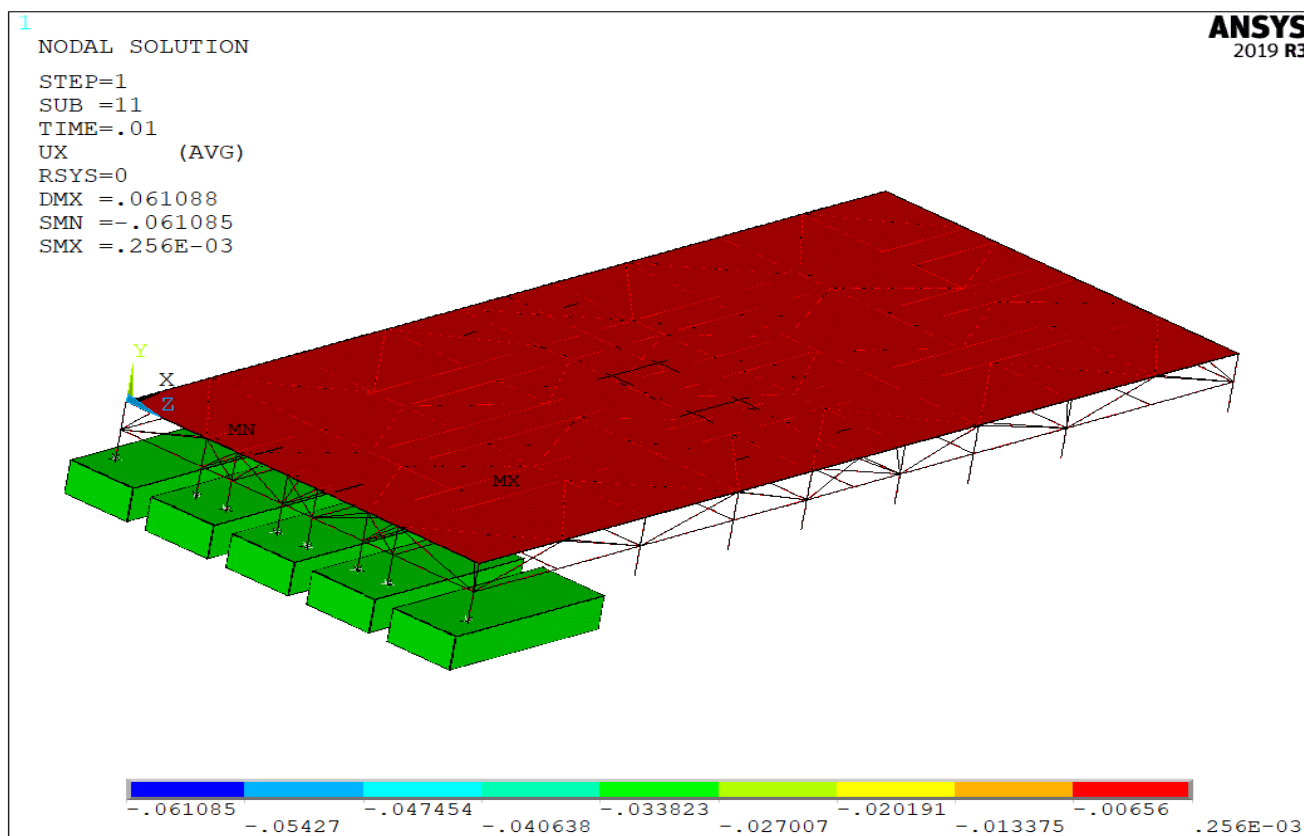


Рисунок 4.10 – Распределение сопротивлений при движении ряда понтонов

Что касается расчета, для начала просто прикладывается небольшая сила $F=500$ Н и смотрим динамику с небольшим сопротивлением воды. При силе от гидроцилиндров в F_r 7800 Н (около 1 тс) за 0,01 секунду понтоны разгоняются до 6–8 м/с и проходят 60 мм. Проверяем реакцию конструкции на заданную силу сопротивления (от скорости), чтобы оценить адекватность расчета, рекомендуем считать давления сопротивления (от скорости потока) в ANSYS CFX. За окружающую среду принимается вода, для нее существует массив исходных данных, с учетом условий болота вязкость среды в последствие задается больше рисунок 4.11.

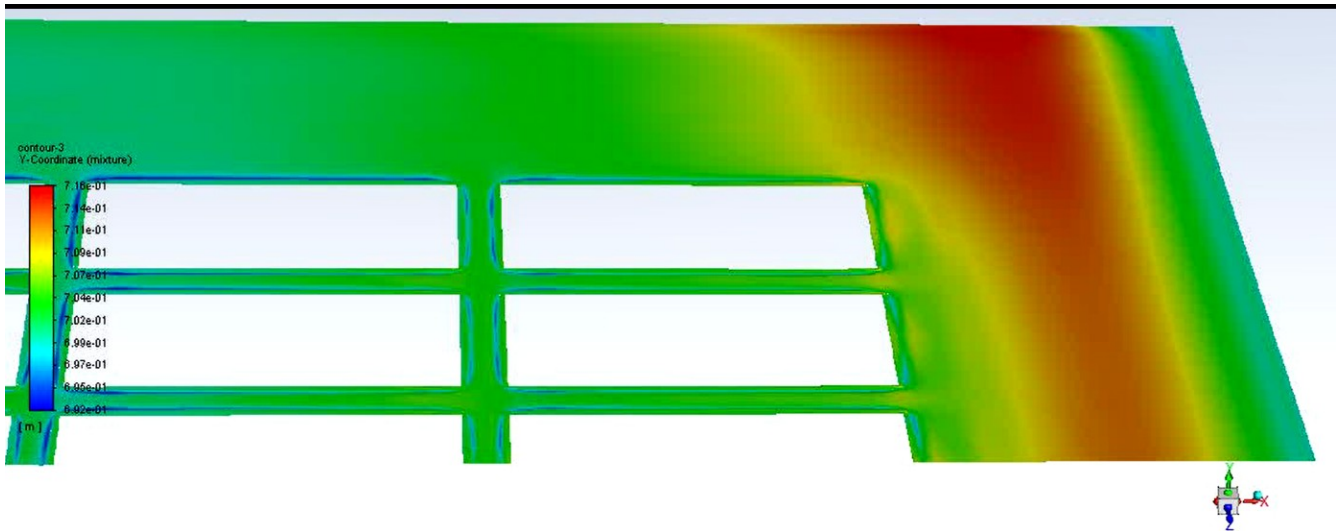


Рисунок 4.11 – Распределение сопротивления в Ansys CFX

Распределение границы фаз вода/воздух при движении всей конструкции со скоростью 0,1 м/с. Шкала – это расстояние от начала координат до границы фаз по вертикали (то есть 0,7 м +/- волна) рисунок 4.12.

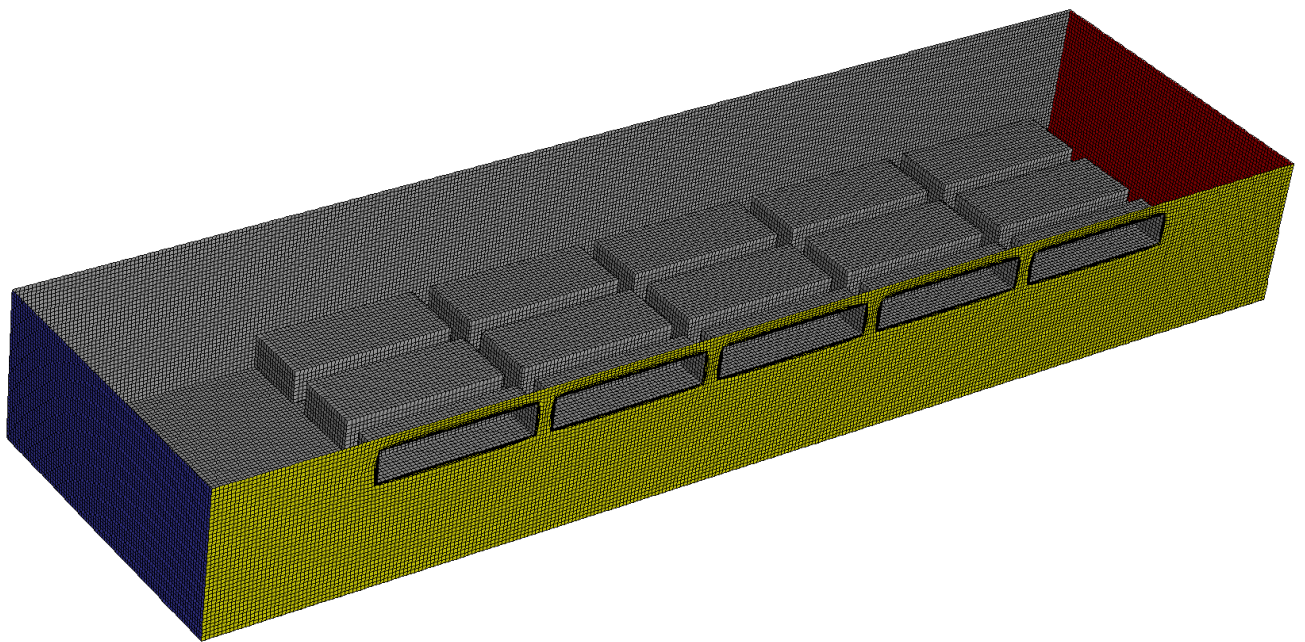


Рисунок 4.12 – Границы фаз в Ansys CFX

Mesh сетка – сплошная среда с вырезанными понтонами. Дальше выводится давление на понтоны со всех сторон для разных скоростей, все это моделируется в среде Ansys Mechanical. По цветовой индикации видно, что давления не критичные и находятся в референтных значениях до 100 кПа, рисунок 4.13.

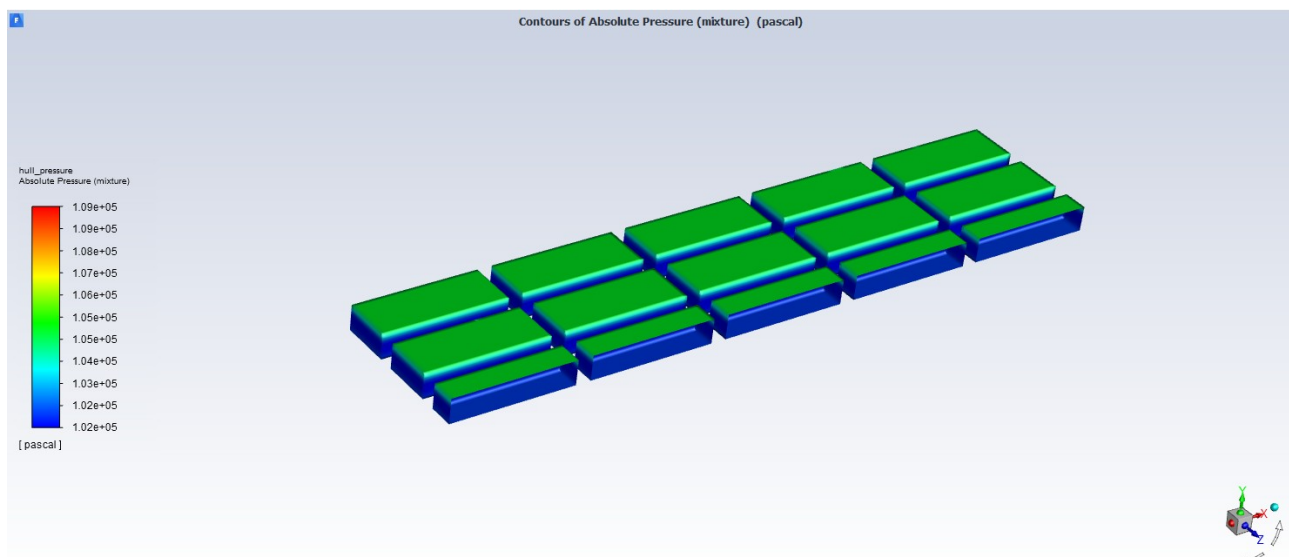


Рисунок 4.13 – Границы фаз в Ansys CFX

По CFD (газогидродинамика) получился следующий результат, давление даже на скоростях понтонов 10 м/с (а таких не будет) доходит до 150 кПа. В масштабах модели, это можно считать ничтожным результатом, то есть можно считать, что гидроцилиндрам ничего не мешает подвинуть понтон, на заданный выход штока гидроцилиндра [64].

Далее, при расчете контактной задачи «опора–пonton», соединение состоит из полусфер 2D элементов, для создания плоского контакта между понтоном и опорой. Из-за изгиба платформы под силами тяжести контакт не нарушается.

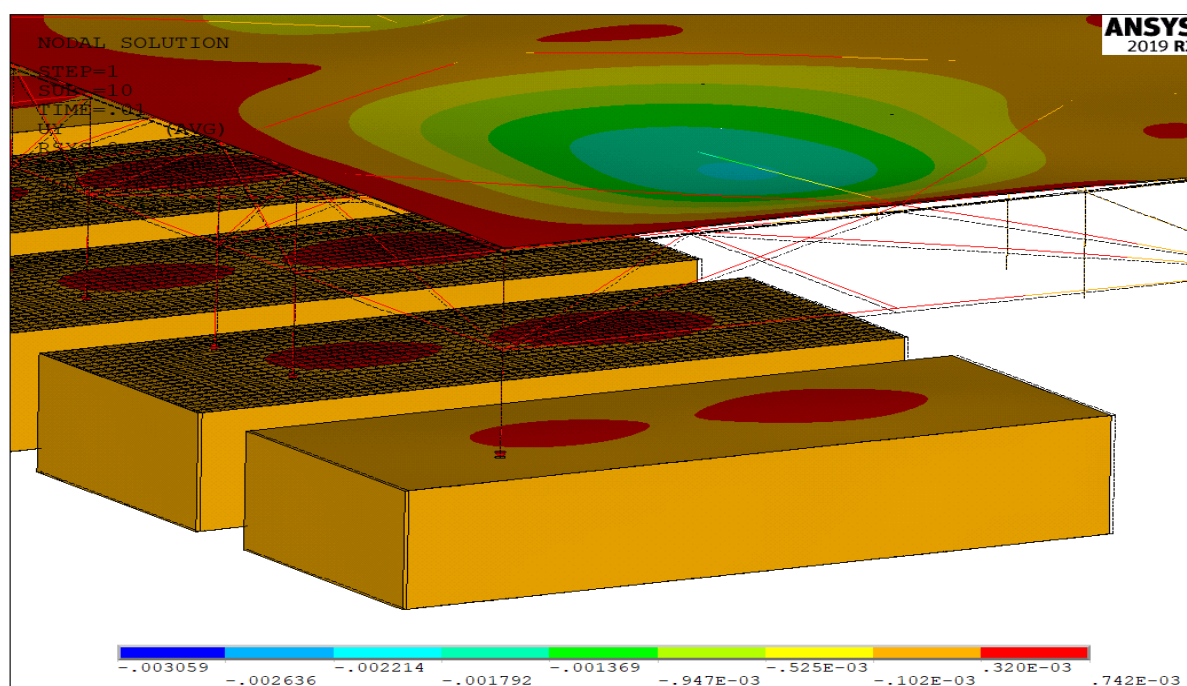


Рисунок 4.14 – Распределение сил при решении контактной задачи

Отметим, что понтоны под действием $F_{\text{тяж}}$ должны притапливаться на 700 мм, а передний ряд принимать на себя всю нагрузку, максимально перемещение получается 3 мм, что не критично для нашей модели [64].

4.4 Реализация конструкции платформы в виде заявки на изобретение

Данное техническое решение подтверждено патентом Российской Федерации (№2655235 от 24.05.2018 Бюл. №15, Приложение Б) является основанием для размещения комплекса переработки горного оборудования и переработки торфяного сырья, устанавливаемому на ней [86].

Конструкция платформы обладает жесткостью, маневрированием, единство конструкции придает жесткая несущая рама в виде каркаса.

Рекомендации к формированию технического задания для реализации комплекса на самоходной плавучей платформе:

1) элементы, входящие в комплекс добычи и переработки торфяного сырья, размещаемые на плавучей платформе: несущая рама с палубным настилом, установленная над понтонами, представляющими плавучее основание платформы и размещающая на ней комплекс оборудования: экскавирующий орган, сепаратор торфяного сырья, дробилка, сушилка, мельница, конвейеры для транспортирования торфяного сырья между элементами комплекса, перегружатель, центр управления платформой (ЦУП): количество понтонов – 25 штук;

2) габариты понтона: длина – 5877 мм, ширина – 2330 мм, высота – 1175 мм, общая площадь корпуса понтона – 13,7 м², грузоподъемность – 10850 кг, вес понтона – 2200 кг; требования к покрытию корпуса понтонов, выполнены из стали СТЗ и имеют многослойную герметичную структуру с полым пространством;

3) основная функция платформы – обеспечение поддержания на плаву комплекса оборудования для добычи и первичной переработки торфяного сырья, простота монтажа и мобильность конструкции служит для быстрого перемещения в пределах неосушенного торфяного месторождения;

4) энергозатраты: питание платформы – электрическое, от внутренней генерации комплекса, движение понтонов осуществляется посредством компактного гидравлического линейного привода;

5) требования к надежности: плавучая платформа – ИКН I вида, непрерывного длительного применения (НПДП), восстанавливаемое, обслуживаемое. Задаваемые показатели: $K_{т.и}$ (коэффициент технического использования); T_o (средняя наработка на отказ); T_v (среднее время восстановления).

Плавучая платформа – устройство, переход которого в предельное состояние не ведет к катастрофическим последствиям, стареющее и изнашиваемое одновременно, ремонтируемое необезличенным способом, длительно хранимое. Задаваемые показатели долговечности и сохраняемости: $T_{р.ср.сп}$ (средний ресурс до списания (полный)); $T_{р.ср.к.р}$ (средний ресурс до капитального (среднего и т.п.) ремонта); $T_{сл.ср.сп}$ (средний срок службы до списания (полный)); $T_{сл.ср.к.р}$ (средний срок службы до капитального (среднего и т.п.) ремонта); $T_{с.ср}$ (средний срок сохраняемости).

Вероятность безотказной работы не ниже 0,8; коэффициент технического использования $K_{т.и}=0,85$; срок службы между отказами не менее 320 суток [140].

Результаты исследований использованы на предприятиях АО «ОмскВодоканал» и ЗАО «Пургаз» на стадии формирования исходных данных для разработки технического задания на проектирование комплекса оборудования по добыче и первичной переработке торфяного сырья для участков недр местного значения, Приложение В.

4.5 Выводы по главе 4

1. Разработана имитационная модель по результатам теоретических и экспериментальных исследований для оценки силовых параметров комплекса и выбора рациональных значений параметров функциональных элементов платформы для добычи и переработки торфяного сырья, при формировании

технического задания. Даны описания технических решений плавучей платформы.

2. Результаты моделирования хорошо согласуются с расчетными данными, полученными по разработанному алгоритму с использованием метода последовательных приближений и условных весовых коэффициентов в цикле перебора условных реакций от внешней нагрузки.

3. Приведены технические решения для реализации конструкции плавучей платформы в виде патента, на основе которых в последствии были созданы рекомендации к формированию технического задания для реализации комплекса горного оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой предлагается новое решение актуальной задачи – обоснование и выбор схемных и конструктивных решений торфодобывающего комплекса горного оборудования для добычи торфяного сырья на неосушенных месторождениях, представлено новое научно-обоснованное техническое решение в виде структуры единого комплекса горного оборудования для добычи торфяного сырья для указанных условий функционирования.

По результатам выполнения диссертационной работы сделаны следующие выводы и рекомендации:

1. На основании выполненного анализа современного понтонного оборудования определены способы для повышения надежности эксплуатации, предложена классификация понтонов с учетом влияния конструктивных параметров понтонов на характеристики плавучести, устойчивости, непотопляемости. Учитывая габариты и прочие характеристики выявлено, что один понтон выдерживает до 7 т.

2. Данный комплекс позволит значительно сократить время на добычу торфа и тем самым сократить сроки рекультивации земель значимых объектов. Перемещение платформы за счет линейного привода Р–780/1100–11–250/150 позволяет вести добычу торфа в граничных рамках лицензионного участка, а габариты – задействовать платформу в малых карьерах торфа нестандартной формы.

3. Выполнен анализ научных и экспериментальных исследований по оценке силового взаимодействия элементов, подшипника скольжения поступательного движения при его функционировании. Таким образом, подшипники скольжения подобраны с учетом моделирования нагрузок, давления не критичные и находятся в референтных значениях до 100 кПа.

4. Сформирована технология передвижения платформы по неосушенному месторождению, а также сформированы принципы реализации функциональных

схем плавучей платформы, обоснованы принципы функциональных элементов платформы.

5. Проведен расчет сопротивления и необходимых усилий по перемещению понтона. Из данных графиков делаем вывод, что оптимальная длина опоры платформы 2 м. При такой длине сохраняется целостность опоры и ее функциональные свойства. Максимальное напряжение на опору по диаграмме 60,6 МПа в красной зоне. Следовательно, целостность платформы сохраняется.

6. Создана физическая модель основания платформы с динамометрическими датчиками для оценки усилий, передаваемых на понтоны платформы от размещенной на раме сосредоточенной силы в виде груза. На основе проведенного эксперимента определено, что стенд может выдерживать нагрузку в 352,8 Н, что в переводе на реальную установку отличается на 15 %.

7. Предложены технические решения торфодобывающего комплекса горного оборудования для работы на неосушенных месторождениях защищенные патентом на изобретение РФ № 2655235 «Плавучая платформа». Результаты исследований использованы на предприятиях АО «ОмскВодоканал» и ЗАО «Пургаз» на стадии формирования исходных данных для разработки технического задания на проектирование комплекса оборудования по добыче и первичной переработке торфяного сырья для участков недр местного значения.

Развитие исследований плавучих шагающих платформ для размещения горного оборудования является перспективным направлением в развитии горного машиностроения и позволяет переходить от технологий добычи торфяного сырья, оказывающих значительное антропогенное воздействие на природные ареалы к климатически нейтральным наилучшим доступным технологиям в горном деле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешкевич, В.А. Механика сплошных сред: Лекции / В.А. Алешкевич, Л.Г. Деденко, В.А. Караваяев. – М.: Физфак МГУ. – 1992. – 92 с.
2. Анализ мирового рынка торфа в 2014 – 2018 гг, прогноз на 2019 – 2023 гг. [сайт]. – URL: <https://marketing.rbc.ru/research/26993/> (дата обращения: 05.06.2022).
3. Андреев, В.Б. Лекции по методу конечных элементов: учебное пособие / В.Б. Андреев – М.: Издательский отдел факультета ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова. – 2010. – 264 с.
4. Антонов, В.Я. Сушка фрезерного торфа при коротких циклах добычи / В.Я. Антонов, Н.И. Гамаюнов, Г.Е. Ильина // Торфяная промышленность. – 1968. – №2. – С. 7 – 10.
5. Антонов, В.Я. Технология полевой сушки торфа / В.Я. Антонов. – М.: Недра. – 1981. – 239 с.
6. Афанасьев, А.Е. Технология и комплексная механизация разработки торфяных месторождений: учебное пособие для вузов / А.Е. Афанасьев, Л.М. Малков, В.И. Смирнов и др. – М.: Недра. – 1987. – 311 с.
7. Афанасьев, А.Е. Торф и сапрпель – полезные ископаемые Тверской области / А.Е. Афанасьев, А.Н. Болтушкин, В.Д. Копенкин // Технология и комплексная механизация торфяного производства. – Тверь. – 2000. – С. 10–16.
8. Багаутинов, Г.А. Программное управление перемещением драги по забою при отработке слоя / Г.А. Багаутинов, Г.Г. Багаутинов, Д.Ю. Спицын // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2000. – №9. – С. 233.
9. Базин, Е.Т. Физика и химия торфа: учебное пособие / Е.Т. Базин, Н.И. Гамаюнов, И.И. Лиштван, А.А. Терентьев. – М.: Недра. – 1989. – 304 с.
10. Беляков, В.А. Организация технологического процесса добычи фрезерного торфа: учебное пособие / В.А. Беляков, В.И. Смирнов. – Тверь: ТГТУ. – 2006. – 100 с.
11. Бессонов, Е.А. Энциклопедия гидромеханизированных работ: Словарь–справочник / Е.А. Бессонов. – М.: 1989. – 2005. – 524 с.

12. Богатов, Б.А. Добыча и переработка горных пород. Осадочные горные породы: учебное пособие / Б.А. Богатов, Н.И. Березовский. – БНТУ. – 2005. – 133 с.
13. Богатов, Б.А. Математические методы в торфяном производстве / Б.А. Богатов, В.Д. Копенкин. – М.: Недра. – 1991. – 240 с.
14. Вавилов, П.М. Выплавка чугуна на торфе / П.М. Вавилов // Вестник металлопромышленности. – 1923 г.
15. Валиев, Н.Г.-О. Гидромеханизированный способ добычи торфа: современное состояние и перспективы / Н. Г. - О. Валиев, Н.В. Гревцев, М.С. Лебзин // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2020. – №4. – С. 141– 150.
16. Варенцов, В.С. Сушка и уборка фрезерного торфа / В.С.Варенцов – М. – 1935. – 36 с.
17. Варенцов, В.С. Технология производства фрезерного торфа: учебное пособие / В.С. Варенцов, А.В. Лазарев. – М.: Недра. – 1970. – 288 с.
18. Варенцов, В.С. Фрезерный торф / В.С. Варенцов // Под ред. Н.Н. Самсонова. – М. – Л.: Госэнергоиздат. – 1947. – 280 с.
19. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование) / Под ред. Л.И.Инишевой. – Томск: ЦНТИ. – 2003.– 181 с.
20. Васюганский.— Информация об ООПТ на сайте информационно–аналитической системы «Особо охраняемые природные территории России» (ИАС «ООПТ РФ») [сайт]: URL: <http://oopt.aari.ru/oopt.aari.ru>. (дата обращения: 05.06.2022 г.).
21. Веллер, М. А. Технология гидроторфа / М.А. Веллер. – М. – Л.: Госэнергоиздат. – 1948. – 480 с.
22. Вернадский, В. И. О значении трудов М. В. Ломоносова в минералогии и геологии / В.И. Вернадский // Ломоносовский сборник. – М.: 1900. – 35 с.
23. Власов, В.П. Технология производства кускового торфа / В.П. Власов. – М.: Недра. – 1974. – 149 с.
24. Воларович, М. П. О влиянии различных факторов на пластично-вязкие свойства торфомассы (о вязкости и пластичности дисперсных систем) /

М.П. Воларович, Н.Н. Кулаков, Н.Н. Самарина // Коллоидный журнал. – 1935. – Т. 3. – №2. – С. 165.

25. Гамаюнов, С.Н. К вопросу о классификации способов добычи торфа / С.Н. Гамаюнов // Труды Инсторфа. – 2014. – №3 (81). – С. 145 – 150.

26. Гамов, М.И. Металлы в углях: учебное пособие / М.И. Гамов, Н.В. Грановская, С.В. Левченко. – Ростов-на-Дону: ЮФУ. – 2012. – 45 с.

27. Геблер, И.В. О механическом обезвоживании торфяной гидромассы и получении из нее товарного торфа без разлива на полях сушки / И. В. Геблер, В. Н. Пономарев // Известия Томского политехнического института имени С.М. Кирова. – 1965. – Т.136. – С. 61 – 67.

28. Горячев, В.И. Искусственное обезвоживание торфа: монография / В.И.Горячев. – Тверь: ТГТУ. – 2012. – 183 с.

29. Горячев, В.И. Обоснование основных физико-технических параметров технологии производства кускового топлива из фрезерного торфа / В.И. Горячев, Б.Ф. Зюзин, И.Н. Казичев, В.С. Зайцев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – С. 17 – 20.

30. Горячкин, В.Г. Добыча фрезерованного торфа / В.Г. Горячкин // Торфяное дело. – 1929. – № 7 – 8. – С. 279 – 290.

31. Горячкин, В.Г. Основные методы подготовки болот, добычи и транспорта торфа в Германии / В.Г. Горячкин // Торфяное дело. – 1928. – С. 362 – 373.

32. Горячкин, В. Г. Технологические основы механизированной уборки фрезерного торфа / В.Г. Горячкин // Торф в народном хозяйстве. Белорусь.– ССР. Минск. – 1948. – С. 54 – 59.

33. ГОСТ 23004–78 Механизация и автоматизация технологических процессов в машиностроении и приборостроении. Основные термины, определения и обозначения. – М.: Издательство стандартов. – 1978. – 26 с.

34. ГОСТ 21123–85. Торф. Термины и определения. М.: Издательство стандартов. – 1985. – 49 с.

35. Государственное стимулирование развития газовой и торфяной отрасли. Рекомендации парламентских слушаний – М.: Издание Государственной Думы. – 2011. – 96 с.

36. Докучаев, В. В. Итоги о русском чернозёме / В.В. Докучаев // Труды Вольного экономического общества. – 1877. – Т. 1. – 4. – 20 с.

37. Зюзин, Б.Ф. Машины и оборудование торфяных производств: учебное пособие / Б.Ф. Зюзин, А.И. Жигульская, П.А. Яконовский, Т.Б. Яконовская. // Тверь: Тверской государственный технический университет. – 2015. – 160 с.

38. Ермаков, С.А. Анализ применяемых способов разработки и оборудования на россыпных месторождениях Якутии / С.А. Ермаков, А.В. Потехин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – №57. – С. 218 – 224.

39. Ильясов, Д.А. Современное состояние осушенного болотного массива в условиях лесостепи (на примере урочища Берказан – Камыш, республика Башкортостан): дис. ... канд. биолг. наук 03.02.08: защита: 21.11.2019 / Ильясов Данил Викторович. – М. – 2019. – 116 с.

40. Инишева, Л.И. Васюганское болото: изученность, структура, направления использования / Л.И. Инишева, А.А. Земцов, Н.Г. Инишев // География и природные ресурсы. – 2002. – №2. – С. 84 – 89.

41. Исаева, Г.С. Математические основы расчета устойчивости склонов и бортов карьеров методом конечных элементов / Г. С. Исаева, З. С. Шамбетов, А. К. Орозобекова, Ж. Ш. Шекербеков // Современные проблемы механики. – 2018. – № 32(2). – С. 30 – 41.

42. Кацман, Ф.М. Теория и устройство судов: учебник / Ф.М. Кацман, Д.В. Дорогостайский, А.В. Коннов, Б.П. Коваленко. – П.: Судостроение. – 1991. – 416 с.

43. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата [сайт]: URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml (дата обращения: 12.04.2022 г.).

44. Компактный гидравлический линейный привод [сайт]: URL: <https://vecgroup.com/assets/pdf/01-lin-priv.pdf> (дата обращения: 05.06.2022).

45. Копенкина, Л.В. Выдающийся ученый в области физики торфа Н.В. Чураев (К 100-летию Со Дня Рождения) / Л.В. Копенкина // Труды Инсторфа.– 2020. – №22 (75). – С.48 – 51.

46. Копенкина, Л.В. История торфяного дела в России: монография / Л.В. Копенкина. – Тверь: Триада. – 2015. – 227 с.

47. Копенкина, Л.В. Конструктор торфяных машин М. И. Сарматов (1887–1960) (к 130-летию со дня рождения) / Л.В. Копенкина // Труды Инсторфа. – 2017.– №16 (69). – С.50 – 53.

48. Копенкина, Л.В. Материалы по истории торфяного дела в России для подготовки специалистов торфяной отрасли / Л.В. Копенкина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – №6. – С. 330 – 337.

49. Копенкина, Л.В. М. В. Ломоносов о торфе (к 300-летию со дня рождения (1711–1765) / Л.В. Копенкина // Труды Инсторфа. – 2011. – №3. – С.60 – 64.

50. Копенкина, Л.В. Проблемы подготовки кадров для торфяной отрасли / Л.В. Копенкина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – (Семинар № 16). – 2009. – С. 185 – 190.

51. Корчунов, С.С. О комплексной оценке проходимости гусеничных машин / С.С. Корчунов, О.Н. Абакумов, В.Г. Селеннов // Торфяная промышленность. ВНИИТП. – 1975. – №3. – С. 4 – 6.

52. Котух, В. Г. Теория механизмов и машин: конспект лекций / В. Г. Котух, Е. Н. Палеева. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова. – 2018. – 181 с.

53. Кремчеев, Э.А. Научное обоснование стадийной технологии экскаваторной добычи торфа: дис. ... док. тех. наук 25.00.22: защита 16.11.2016 / Кремчеев Эльдар Абдоллович. – СПб. – 2016. – 389 с.

54. Кузнецова, Л.М. Добыча и переработка торфа / Л.М. Кузнецова, А.В. Михайлов, В.Г. Селеннов // Искусственные почвенные грунты. – 2009. – № 3. – С. 145 – 150.

55. Лиштван, И.И. Исследование физико-химической природы торфа. Второе Всесоюзное совещание по физике торфа / И.И. Лиштван // Материалы конференции. – Калинин. – 1969. – С. 19 – 21.

56. Леман, И. Г. О турфе и пережигании оного в уголье / И.Г. Леман // Труды Вольного экономического общества. – СПб. – 1766. – ч. 2. – С. 29 – 56.

57. Лешков, В. Г. Современная техника и технология дражных работ / В.Г. Лешков. – М.: Недра. – 1971. – 288 с.

58. Лешков, В.Г. Теория и практика разработки россыпей многочерпаковыми драгами / В.Г. Лешков. – М.: Недра. – 1980. – 352 с.

59. Ломоносов, М.В. О слоях земных / М.В. Ломоносов // Государственное издательство геологической литературы. – Москва. – 1949. – 214 с.

60. Малков, Л.М. Основы методики расчета и пути улучшения технологических показателей сезонной добычи торфа: авт. дис... докт. техн. наук: 05.15.05 / Малков Леонард Михайлович. – Калинин. – 1973. – 60 с.

61. Марков, В.И. Периоды развития торфяной промышленности России / В.И. Марков // Труды Инсторфа. – 2012. – №6(59). – С. 10 – 21.

62. Маслов, Б.С. Гидрология торфяных болот: учебное пособие. – Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета. – 2008. – 424 с.

63. Материалы обследования территории Васюганского заповедника [сайт]: URL: <https://mpr.nso.ru/> (дата обращения 10.06.2020).

64. Миньков, Л.Л. Численное решение задач гидродинамики с помощью вычислительного пакета Ansys Fluent: учебное пособие / Л.Л. Миньков, К.М.Моисеева. – Томск : STT. –2017. – 122 с.

65. Михайлов, А. В. Машины и оборудование по переработке торфа / А.В. Михайлов, О.С. Горфин. – Тверь: ТвГТУ. – 2013. – 250 с.

66. Михайлов, А.В. Перспективы развития новых технологий добычи торфа / А.В. Михайлов, Э.А. Кремчеев, А.В. Большунов, Д.О. Нагорнов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 9. – С. 189 – 194.

67. Михайлов, А.В. Состояние технического перевооружения машинно-тракторного парка торфодобывающих компаний / А.В. Михайлов, С.Л. Иванов, Ю.Ю. Бондарев // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2014. – №3(202). – С. 229 – 235.

68. Михайлов, А.В. Торфяное окускованное топливо для распределенной энергетики / А.В. Михайлов, А.В. Большунов // Труды 11-ой международной научно-практической конференции «Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения», Воркутинский горный институт. – Воркута. – 2013. – С. 444 – 447.

69. Михайлов, А.В. Торфяное топливо и распределенная энергетика / А.В. Михайлов / Сборник трудов XII международной научно-практической конференции «Научная дискуссия: инновации в современном мире». – М.: Издательство «Международный центр науки и образования». – 2013. – С. 15 – 19.

70. Михайлов, А.В. Формирование и эффективное использование машинного парка торфодобывающих компаний / А.В. Михайлов, С.Л. Иванов, В.В. Габов // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2015. – №14. – С. 82 – 91.

71. Михайлов, А.В. Эффективность карьерной добычи торфа с полевым механическим обезвоживанием / А.В. Михайлов, О. Ж. Гармаев, А. С. Федоров, Д. Р. Гарифуллин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 7. – С. 30 – 41. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-30-41.

72. Наумович, В.М. Сушка торфа и сушильные установки брикетных заводов / В.М. Наумович. – М.: Недра. – 1971. – 280 с.

73. Наумович, В.М. Торфяные ресурсы на службе сельского хозяйства / В.М. Наумович. – М.: Недра. – 1991. – 111 с.

74. Никонов, М.Н. О некоторых вопросах классификации видов торфа, связанных с его использованием в сельском хозяйстве / М.Н. Никонов // Сборник Природа болот и методы их исследований. – Л. – 1967. – С. 134 – 140.

75. Об истории торфодобычи [сайт]: URL: <https://www.kommersant.ru/doc/1488013> (дата обращения 10.06.2022 г.).

76. Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации № 899 от 07.07.2011 г. [Текст] // Справочно-правовая система «Консультант Плюс»: [Электронный ресурс] / Компания «Консультант Плюс».

77. Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации №1523–р от 09.06.2020 г. [Текст] // Справочно-правовая система «Консультант Плюс»: [Электронный ресурс] / Компания «Консультант Плюс».

78. Объем экспортных поставок торфа на мировой рынок за 2014 – 2018 гг. увеличился на 7,2%: с 9,25 до 9,92 млн т. [сайт]: URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/11068/> (дата обращения: 05.06.2022).

79. Опейко, Ф.А. Торфяные машины: учебник для средних специальных учебных заведений по специальности №0205 «Разработка торфяных месторождений» / Ф.А. Опейко. – Минск: Высшая школа. – 1968. – 405 с.

80. Пальцев, А.Г. О конкурентоспособности торфяного топлива / А.Г. Пальцев // Торфяная промышленность. – 1958. – № 7. – С. 14 – 16.

81. Панкратов, Н.С. Исследование вопросов технологии комплексной разработки торфяных месторождений / Н.С. Панкратов. – Минск АН БССР. – 1969. – 94 с.

82. Панов, В.В. Современные тенденции развития торфяной отрасли России / В.В. Панов, О.С. Мисников // Труды Инсторфа. – 2015. – №11 (64). – С. 3 – 12.

83. Патент №38899 Российская Федерация, МПК В65G 53/40 (2000.01). Приспособление для разрыхления и подачи сыпучих материалов к всасывающему соплу пневматического транспортера: № 138557 завл. от 06.12.1933: опубл.30.09.1934 / Солопов С.Г.; заявитель: Солопов С.Г. – 5 с. : ил.

84. Патент № 2599117 Российская Федерация, МПК E21C 49/00(2006.01), C10F 5/02(2006.01), C10F 7/00(2006.01). Способ по добыче и переработке торфа и

растительно-торфяных сплавин и устройство для реализации этого способа: № 2015108533/03: заявл. 11.03.2015: опубл. 10.10. 2016/ Иванов С.Л., Михайлов А.В., Звонарев И.Е., Бондарев Ю.Ю., Таранов А.Г.; заявитель: Санкт-Петербургский горный университет. – 8 с. : ил.

85. Патент № 2637346 Российская Федерация, МПК E21C 49/00(2006.01), C10F 5/02(2006.01), C10F 7/08(2006.01). Способ разработки торфяных месторождений: № 2016142258: заявл. 26.10.2016, опубл. 04.12.2017 / Габов В.В., Гашокина А.А., Иванов С.Л., Михайлов А.В., Максимчук Н.Б.; заявитель: Санкт-Петербургский горный университет. – 8 с. : ил.

86. Патент № 2655235 Российская Федерация, МПК B63B 35/44(2006.01), B63H 19/08(2006.01), B63B 35/34(2006.01), B63B 3/08(2006.01), E21C 49/00(2006.01). Плавучая платформа: № 2017116467: заявл. 11.05.2017, опубл. 24.05.2018 / **Фадеев Д.В.**, Звонарев И.Е., Иванов С.Л., Худякова И.Н.; заявитель: Санкт-Петербургский горный университет. – 15 с. : ил.

87. Патент № 2672366 Российская Федерация, 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.

88. Патент № 2529059 Российская Федерация, МПК C10F 7/00(2006.01), E21C 49/00(2006.01). Энергонезависимый технологический комплекс по производству продукции из торфа: № 2013131060/03: заявл. 05.07.2013: опубл. 27.09.2014 / Большунов А.В., Кремчеев Э.А., Михайлов А.В., Нагорнов Д.О.; заявитель: Санкт-Петербургский горный университет. – 11 с. : ил.

89. Патент № 2010916 Российская Федерация, МПК E02B 17/00 (1990.01), B63B 35/44 (1990.01), B63B 9/00 (1990.01). Самоподъемная платформа: № 4930957/15, заявл. 22.04.1991: опубл. 15.04.1994 / Мороцкий Ор Александрович; заявитель: Мороцкий Ор Александрович. – 5с.: ил.

90. Патент № 2509025 Российская Федерация, МПК B63B 35/44(2006.01), B63B 35/44 (2006.01), E02B 17/00 (2006.01), B63C 1/02 (2006.01). Плавучая

платформа: № 2013104501/11, заявл. 04.03.2013: опубл. 10.03.2014 / Шабанов В.И.; заявитель: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственный центр» Родемос». – 5 с.: ил.

91. Патент № 2356778 Российская Федерация, МПК В63В 35/34(2006.01), В63В 35/73 (2006.01), В63В 38/00 (2006.01). Причал: № 2007147079/11, заявл. 20.12.2007: опубл. 27.05.2009 / Основин Евгений Владимирович; заявитель: Основин Евгений Владимирович. – 15.: ил.

92. Патент № 1133403 СССР, МПК E21C 49/00 (2000.01). Устройство для фрезерования торфяной залежи: № 3444608 заявл. 31.05.1982: опубл. 07.01.1985 / Антонов В.Я., Стрельников Н.В., Еношевский Б.А., Столбикова Г.Е.; заявитель: Калининский ордена трудового красного знамени политехнический институт. – 3 с.: ил.

93. Патент № 105609 СССР, МПК C10F 5/02 (2000.01), Способ выкладки торфоленты для сушки: № 454388 заявл. 09.08.1955: опубл. 00.00.1957/ Горячкин В.Г., Кужман Г.И., Озеров Ю.Б., Сидякин С.А., Соколов А.А., Фрадкин С.Д.; заявитель: Горячкин В.Г., Кужман Г.И., Озеров Ю.Б., Сидякин С.А., Соколов А.А., Фрадкин С.Д. – 5 с.: ил.

94. Патент №8668 СССР, МПК E21C 49/00 (2000.01). Машина для фрезерования, переработки и формования торфа: № 397384 заявл. 27.05.1949: опубл. 00.00.1950 / Берсеневиц В.В., Сарматов М.И., Сидякин С.А.; заявитель: Берсеневиц В.В., Сарматов М.И., Сидякин С.А. – 5 с.: ил.

95. Патент №38899 СССР, МПК В65G 53/40 (2000.01). Приспособление для разрыхления и подачи сыпучих материалов к всасывающему соплу пневматического транспортера: № 138557 заявл. 06.12.1933: опубл. 30.09.1934 / Солопов С.Г.; заявитель: Солопов С.Г. – 5 с.: ил.

96. Первухин, А.Г. Пятидесятилетие Госплана СССР и развитие торфяной промышленности / А.Г. Первухин // Торфяная промышленность. – 1971. – № 2. – С. 18. – 27.

97. Перечень критических технологий Российской Федерации [сайт]: URL: <http://www.kremlin.ru/supplement/988> (дата обращения: 05.06.2022 г.).

98. Плакиткина, Л.С. Индикативное планирование в торфяной промышленности: партнёрство государства и бизнеса / Л.С. Плакиткина // Горная промышленность. – 2010. – №6 (94). – С. 24 – 31.

99. Плакиткина, Л.С. Добыча торфа в России и мире: анализ развития торфяной промышленности в России и мире в период с 2000 по 2009 годы / Л.С. Плакиткина, П.А. Апухтин // Горная промышленность. – 2011. – №1 (95). – С. 4 – 12.

100. Подшипник LUCT16A–2LS SKF [сайт]: URL: <https://industriation.ru/t111103107/> (дата обращения: 05.06.2022).

101. Понтоны [сайт]: URL : <https://rosrezervy.ru/plavsredstva/pontony-ppp> (дата обращения: 05.06.2022).

102. Понтонные подразделения ВС РФ впервые навели наплавной мост двойной ширины [сайт]: URL: <https://iz.ru/1199707/2021-07-29/pontonnyye-podrazdeleniia-vs-rf-vpervye-naveli-naplavnoi-most-dvoinoi-shiriny> (дата обращения: 05.06.2022).

103. Потенциал и возможности использования торфа [сайт]: URL: http://rostorf.ru/files/prezentaciya_universal.pdf (дата обращения 06.06.2022).

104. Погребенные межледниковые торфяные отложения. Как добывается торф, подробная информация о методах и типах добычи торфа. [сайт]: URL: <https://lucia-mebel.ru/business-plans/pogrebennye-mezhlednikovye-torfyanye-otlozheniya-kak-dobyvaetsya-torf/> (дата обращения 06.06.2022).

105. Применение торфа [сайт]: URL: <https://gruntovozov.ru/chasto-zadavayemiye-voprosy/primenenie-torfa/> (дата обращения 06.06.2022).

106. Разработка торфяных месторождений [сайт]: URL: https://vuzlit.com/981605/razrabotka_torfyanyh_mestorozhdeniy (дата обращения: 05.06.2022).

107. Ракишев, Б.Р. Технологические комплексы открытых горных работ: учебник / Б.Р. Ракишев. – Алматы. – 2015. – 313 с.

108. Раковский, В.Е. Общая химическая технология торфа / В.Е. Раковский. – М.Л.: Госэнергоиздат. – 1949. – 363 с.

109. Раковский, В.Е. Химия и генезис торфа / В.Е. Раковский, Л.В. Пигулевская // Под ред. А.В. Лазарева. – М.: Недра. – 1978. – 231 с.
110. Рейзлин, В.И. Математические методы проектирования: учебное пособие / В.И. Рейзлин, С.Ф. Быков. – Томск: Издательство Национального исследовательского Томского политехнического университета. – 2010 – 144 с.
111. Родионов, Н.А. Создание торфодобывающей промышленности на Урале (1920 – 1940-е гг.) / Н.А. Родионов // Урал индустриальный. Бакунинские чтения. – Екатеринбург. – 2011. – Т. 2. – С. 172 – 178.
112. Родионов, Н.А. Торф промышленное наследие Урала XX века: проблемы изучения и сохранения / Н.А. Родионов // Бакунинские чтения. – Екатеринбург. – 2018. – Секция 5. История науки и техники. – С. 344 – 355.
113. Руководство по понтонно-мостовому парку ПМП // Военное издательство МО СССР. – 1965. – 108 с.
114. Рябченко, В.К. Устройство судна: учебное пособие / В.К. Рябченко, Ю.П. Кучер // Одесская национальная морская академия. – Одесса: Феникс. – 2006. – 117 с.
115. Самсонов, Л.Н. Фрезерование торфяной залежи / Л. Н. Самсонов. – М.: Недра. – 1985. – 211 с.
116. Селезнева, И. Добыча торфа Товариществом Купавинской суконной фабрики братьев Бабукиных на Масловым болоте. Режим доступа: URL: <https://www.bogorodsknoginsk.ru/kupavna/dobychatorfatovarischestvomkupavinskoi.html> (дата обращения 06.06.2022 г.).
117. Селеннов, В.Г. Разработка научных основ, технологии и оборудования производства субстратных торфоблоков: авт. дис. ... докт. техн. наук: 05.15.05 / Селеннов Вадим Георгиевич. – Л. – 1990. – 46 с.
118. Смирнов, В.И. Практическое руководство по организации добычи фрезерного торфа: учебное пособие / В.И. Смирнов, А.Н. Васильев, А.Е. Афанасьев, А.Н. Болтушкин. – Тверь: ТГТУ. – 2007. – 392 с.

119. Смольянинов, С. И. Применение торфа как восстановителя и связующего при хлорировании некоторых природных материалов / С.И. Смольянинов, Р.А. Смольянинов // Известия ТПУ. – 1963. – Т.112. – С. 107 – 111.

120. Соловьев, Н.Л. Разработка способов модифицирования торфа в технологиях получения продукции с заданными свойствами: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / Соловьев Николай Леонидович. – Тверь. – 2002. – 165 с.

121. Солопов, С.Г. Торфяные машины и комплексы / С.Г. Солопов, Л.О. Горцакалян, Л.Н. Самсонов. – М.: Недра. – 1973. – 389 с.

122. Соткина, Е.А. О торфе и его добывании в России. Редкие книги из библиотеки ТвеПИ / Е.А. Соткина, Г.Е. Жирнова, Г.В. Митягина // Физикохимия торфа и сапропеля, проблема их переработки и комплексного использования: Материалы 7-ой Международной научно - технической конференции. – Тверь. –1994. – С . 74 – 79.

123. Стратегия долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года [сайт]: URL: https://economy.gov.ru/material/file/babacbb75d32d90e28d3298582d13a75/proekt_strategii.pdf (дата обращения 05.06.2022).

124. Строительные машины и оборудование, справочник [сайт]: URL: <https://stroy-technics.ru/article/gidromonitoriy> (дата обращения: 05.06.2022).

125. Сырков, А.Г. Количественная оценка нелинейных эффектов в зависимости интегрального показателя трения трибосистемы от водоотталкивающих свойств металла–наполнителя / А.Г.Сырков, Д. В. Фадеев, В. В. Тарабан, М. О. Силиванов // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2014. – Т.16. – №2. – С. 215–219.

126. Терентьев, А.А. Исследование структуры торфа / А.А. Терентьев, В.И. Суворов. – Минск: Наука и техника. – 1980. – 92 с.

127. Торф, как его используют? [сайт]: URL: https://novoston.com/publ/sovety_dom_semjia/sovety_sad_ogorod/torf_kak_ego_ispolzuyut/30-1-0-221/ (дата обращения 06.06.2022).

128. Тюремнов, С.Н. Торфяные месторождения и их разведка: учебник для торфяных институтов / С.Н. Тюремнов. – Москва. Госэнергоиздат. – 1949. – 464 с.

129. **Фадеев, Д.В.** Алгоритм выбора энергоэффективного оборудования автономного модульного комплекса по добыче и переработке торфяного сырья неосушенных месторождений / Д.В. Фадеев, И.Н. Худякова, С.Л. Иванов, И.Е. Звонарев // Сборник трудов 12-ой Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. – Тула: ТулГУ. – 2016. – Т. 1. – С. 113 – 118.

130. **Фадеев, Д.В.** Плавающая шагающая платформа автономного модульного комплекса по добыче и переработке торфяного сырья неосвоенных месторождений / Д. В. Фадеев // Сборник материалов 59-ой конференции научных докладов студентов по горному делу, Горно-металлургическая академия, Польша. – 2018. – С. 240.

131. **Фадеев Д.В.** О механизме шагания плавучей платформы автономного модульного комплекса по добыче и переработке торфяного сырья / **Д.В. Фадеев**, С.Л. Иванов // Материалы 14-ой международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. – Тула: Изд-во ТулГУ. – 2018. – С. 163 – 166.

132. **Фадеев Д.В.** Специфика механизма шагания плавучей платформы автономного модульного комплекса по добыче и переработке торфяного сырья / **Д.В. Фадеев**, С.Л. Иванов // Материалы 17-ой международной научно-практической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека». – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет. – 2019. – С. 46 – 48.

133. **Фадеев Д.В.** Шагающая платформа плавучего комплекса добычи торфяного сырья / **Д.В.Фадеев** // Сборник тезисов Международного семинара «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики IPDME–2019», Секция «Круглый стол молодых ученых», Горный университет. – 2019. – С. 574 – 577.

134. **Фадеев Д.В.** Оценка нагрузок в опорах шагающей плавучей платформы комплекса добычи торфяного сырья / **Д.В. Фадеев**, С.Л. Иванов // Материалы

78-ой НТК «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования». – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова. – 2020. – С. 97.

135. **Фадеев, Д.В.** Обоснование схемных решений формирования конструкции модульной плавучей платформы комплекса для добычи и переработки торфяного сырья / **Д.В.Фадеев** // Сборник тезисов докладов участников III Международной научной конференции «Науки будущего» IV Всероссийского форума «Наука будущего – наука молодых». – Раздел. Транспортные системы. – 2019. – С.140.

136. Федеральный институт промышленной собственности [сайт]: URL : <https://www1.fips.ru/> (дата обращения: 05.06.2022).

137. Федоров, А.С. Параметры мундштука шнекового пресса с учетом требований к торфяной формованной продукции / А.С. Федоров, Ю.В. Казаков, **Д.В. Фадеев** // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – №S9. –С. 3 – 15.

138. Фильков, А.И. Геоинформационное обеспечение для системы прогноза лесных пожаров / А.И. Фильков // Международная конференция по математике и механике: Избранные доклады. – 2003. – С.235 – 240.

139. Фомин, К. В. Методика оценки спектральной плотности момента сопротивления на рабочем органе торфяного фрезерующего агрегата / К.В. Фомин // Записки горного института. – 2020. – Т. 241. – С. 58 – 67.

140. Худякова, И.Н. Обоснование и выбор схемных и конструктивных решений комплекса оборудования для добычи торфяного сырья на неосушенных месторождениях: дис. канд. тех. наук. 05.05.06 / Худякова Ирина Николаевна. – СПб. – 2020. – 169 с.

141. Царенко, С.Н. Математическое моделирование динамики стержневой конструкции на плавучей платформе / С.Н. Царенко // Материалы второй международной научно-технической конференции: Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития. – 2020. – С. 163 – 169.

142. Чуханов, З.Ф. Сравнительная экономическая оценка торфа и других энергетических топлив СССР / З.Ф. Чуханов // Торфяная промышленность. – 1962. – № 1. – С. 18 – 27.

143. Шлегельмильх, А. К. Практическое исследование торфа / А.К. Шлегельмильх // Технологический журнал. – 1809. – Т. 6 – часть 2. – С. 57 – 82.

144. Штин, С.М. Гидромеханизированная технология разработки торфо-сапропелевых месторождений с получением органоминеральных удобрений и биотоплива / С.М. Штин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – № 12. – С. 45 – 57.

145. Штин, С.М. Применение торфа как топлива для малой энергетики. / С.М. Штин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 8. – С. 82–96.

146. Ялтанец, И. М. Гидромеханизированные и подводные горные работы: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Открытые горные работы» направления подготовки «Горное дело» / Ялтанец И. М.: Издательство МГГУ. – 2009. – 716 с.

147. Ялтанец, И.М. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Гидромеханизированные и подводные горные работы. Книга 2.Дражная разработка россыпных месторождений: учебник для вузов / И.М. Ялтанец. – М: Издательство Московского государственного военного горного университета. – 2009. – 2-е изд.стер. – 218 с.

148. Arvo, Leinonen. Harvesting technology of forest residues for fuel in the USA and Finland. – 2004, p. – 146, Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Harvesting-technology-of-forest-residues-for-fuel-Leinonen/582f40e208ea5d36fdc4ece5c19481c9572f3c15> / [Электронный ресурс] (дата обращения: 06.06.2022).

149. Clarke, D., Rieley, J. Strategy for Responsible Peatland Management, International Peat Society, Finland. 2010, – pp. 296. – 271, Available at: <https://www.coursehero.com/file/p568oa4/Strategy-for-Responsible-Peatland> -

Management-In2010-the-International-Peat/ [Электронный ресурс] (дата обращения: 06.06.2022).

150. Espacenet patent search [сайт]: URL : <https://www.epo.org/searching-for-patents/technical/espacenet.html> (дата обращения: 05.06.2022).

151. Europe's Network Patent Databases [сайт]: URL: <http://ep.espacenet.com/> (дата обращения: 05.06.2022).

152. Ewellix Makers in Motion Linear Ball Bearing Unit LUHR 12–2LS, Подшипниковый узел [сайт]: URL: <https://rs-catalog.ru/2849425.html> (дата обращения: 05.06.2022).

153. Fadeev, D.V. Algorithm for estimating loads of supports floating platforms for the extraction and processing of peat raw materials / D.V. Fadeev, E.A. Vagarova, I.N. Khudyakova. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Volume 378. – pp. 1 – 5. DOI:10.1088/1755-1315/378/1/012012.

154. **Fadeev, D.V.** Features of the walking mechanism of a floating platform autonomous modular complex for the extraction and processing of peat raw materials / **D.V.Fadeev**, S.L. Ivanov // Scientific and Practical Studies of Raw Material Issues– Proceedings of the Russian- German Raw Materials Dialogue: A Collection of Young Scientists Papers and Discussion. – 2019. – Volume 1. – pp. 239 – 244. DOI:10.1201/9781003017226-33.

155. INPI.fr Bienvenue dans la maison des innovateurs [сайт]: URL: www.inpi.fr (дата обращения: 05.06.2022).

156. Intellectual Property Office – GOV.UK [сайт]: URL: <http://www.patent.gov.uk/> (дата обращения: 05.06.2022).

157. LTBR 25–2LS [сайт]: URL:<https://octopart.com/ltbr+25-2ls-skf-95983394> (дата обращения: 05.06.2022).

158. Malterer, T. J. Sphagnum moss deposits in Minnesota / T. J. Malterer, D. J. Olson, D. R. Mellem, B. Leuelling, and E. J. Tome. // Minnesota Department of Natural Resources, Division of Minerals. St. Paul, MN. – 1979. – 43 с.

159. Mikhailov A. V. The Relationship between Fractal Properties and Active Porosity of Peat Compositions / A.V Mikhailov // Key Engineering Materials. – 2020. – № 836. – С. 58 – 62.

160. National Center for Industrial Property Information and Training [сайт]: URL: <https://www.inpit.go.jp/english/> (дата обращения: 05.06.2022).

161. Olson, D. J. Inventory of peat resources, SW St. Louis County, Minnesota / D. J. Olson, T. J. Malterer, D. R. Mellem, B. Leuelling, and E J. Tome // Minnesota Department of Natural Resources, Division of Minerals. St. Paul, MN. – 1979. – 36 с.

162. SKF_lineair_lagereenheid_linear_bearing_unit_LQCD_LQCR [сайт]: URL:https://duisterslinear.com/skf_lineair_lagereenheid_linear_bearing_unit_lqcd_lqcr-2/ (дата обращения: 05.06.2022).

163. Skf partner za linearne ležajeve [сайт]: URL: <https://set-bjelovar.hr/prodajni-program/hrvatska/skf-partner-za-linearne-lezajeve> (дата обращения: 05.06.2022).

164. United States Patent and Trademark Office [сайт]: URL : <https://www.uspto.gov/> (дата обращения: 05.06.2022).

165. Virro, I. Precision fertilisation technologies for berry plantation / I. Virro, M. Arak, V. Maksarov and J. Olt // Agronomy Research. – 2020. – № 18 . – С. 2797 – 2810. DOI:10.15159/ar.20.207.

166. Vagarova, E.A. Primary dehydration of peat on floating mining platforms / E.A. Vagarova, I.N. Khudyakova, D.V. Fadeev. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Volume 378. – pp. 1 – 5. DOI:10.1088/1755-1315/378/1/012104.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Свидетельство о государственной регистрации патента на
изобретение «Плавучая платформа»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ
НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ **2655235**

ПЛАВУЧАЯ ПЛАТФОРМА

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Фадеев Дмитрий Владимирович (RU), Худякова Ирина Николаевна (RU), Звонарев Иван Евгеньевич (RU), Иванов Сергей Леонидович (RU)*

Заявка № **2017116467**
Приоритет изобретения **11 мая 2017 г.**
Дата государственной регистрации в
Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **24 мая 2018 г.**
Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **11 мая 2037 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 **Г.П. Налиев**



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 655 235**⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК
B63B 35/44 (2006.01)
B63H 19/08 (2006.01)
B63B 35/34 (2006.01)
B63B 3/08 (2006.01)
E21C 49/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B63B 35/44 (2006.01); *B63H 19/08* (2006.01); *B63B 35/34* (2006.01); *B63B 3/08* (2006.01); *E21C 49/00* (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017116467, 11.05.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.05.2017Дата регистрации:
24.05.2018Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 11.05.2017

(45) Опубликовано: 24.05.2018 Бюл. № 15

Адрес для переписки:
199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет", отдел интеллектуальной
собственности и трансфера технологий (отдел
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Фадеев Дмитрий Владимирович (RU),
Худякова Ирина Николаевна (RU),
Звонарев Иван Евгеньевич (RU),
Иванов Сергей Леонидович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2529124 C1, 27.09.2014. JP
H11310189 A, 09.11.1999. CN 103661905 A1,
26.03.2014. US 4800831 A, 31.01.1989. US
4033056 A, 05.07.1977. RU 2599117 C1,
10.10.2016.

(54) ПЛАВУЧАЯ ПЛАТФОРМА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области судостроения, в частности к плавучим сооружениям, используемым для поддержания на плаву модулей и оборудования автономного комплекса для добычи и переработки торфяного сырья. Предложена плавучая платформа, включающая цистерны, внешняя и внутренняя оболочки которых выполнены герметичными, с технологическими отверстиями с люками. На внешних сторонах противоположных боковых граней цистерн выполнены парные замковые соединения цистерн с возможностью их ограниченного перемещения относительно друг друга. Над цистернами установлена несущая рама с палубным настилом, соединение которой с

цистернами внешнего периметра выполнено с возможностью ограниченного перемещения этих цистерн относительно рамы. Якоря расположены на цистернах внешнего периметра и выполнены в виде свай, снабженных устройствами для установки и извлечения свай. Технический результат заключается в расширении эксплуатационных возможностей транспортирования и передислокации платформы к месту эксплуатации, придании жесткости платформе посредством единой жесткой несущей рамы каркасного типа при сохранении частичной податливости и возможности заданного пошагового направленного перемещения платформы. 9 ил.

RU 2 655 235 C1

RU 2 655 235 C1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б**Свидетельство о государственной регистрации патента на
изобретение «Трансформируемое сооружение»**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2672366

ТРАНСФОРМИРУЕМОЕ СООРУЖЕНИЕ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Худякова Ирина Николаевна (RU), Фадеев Дмитрий Владимирович (RU), Вагапова Эльнара Абдуллаевна (RU), Иванов Сергей Леонидович (RU)*

Заявка № 2018104765

Приоритет изобретения 07 февраля 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 14 ноября 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 07 февраля 2038 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 672 366** (13) **C1**

(51) МПК
E04H 6/02 (2006.01)
B63B 17/02 (2006.01)
E04F 10/10 (2006.01)
E04H 15/48 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
E04H 6/02 (2018.08); *E04H 6/04* (2018.08); *E04F 10/10* (2018.08); *B63B 17/02* (2018.08); *E04H 15/48* (2018.08)

(21)(22) Заявка: **2018104765, 07.02.2018**
 (24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.02.2018
 Дата регистрации:
14.11.2018

Приоритет(ы):
 (22) Дата подачи заявки: **07.02.2018**

(45) Опубликовано: **14.11.2018** Бюл. № 32

Адрес для переписки:
**199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
 ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный
 университет", отдел интеллектуальной
 собственности и трансфера технологий (отдел
 ИС и ТТ)**

(72) Автор(ы):
**Худякова Ирина Николаевна (RU),
 Фадеев Дмитрий Владимирович (RU),
 Вагапова Эльнара Абдуллаевна (RU),
 Иванов Сергей Леонидович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):
**федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Санкт-Петербургский горный
 университет" (RU)**

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: **RU 2046911 C1, 27.10.1995. RU
 2406638 C2, 20.12.2010. RU 2049886 C1,
 10.12.1995. RU 2054106 C1, 10.02.1996. EP
 2236702 A1, 06.10.2010.**

(54) ТРАНСФОРМИРУЕМОЕ СООРУЖЕНИЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам, предназначенным для укрытия техники, людей и рабочих мест, и может быть использовано для ведения работ или хранения техники в неизменных условиях искусственной среды. Трансформируемое сооружение включает основание, ограждение защищенного объема из неподвижной и подвижно прикрепленной к ней поворотной секций, а также направляющие, ролики и контурный каркас из профильного настила. Неподвижная секция ограждения защищенного объема выполнена в форме параллелепипеда и закреплена на понтонном основании вдоль борта, а его поворотная секция выполнена в виде цилиндрического сектора с контурным каркасом и П-образной рамой. Боковые стороны П-образной рамы жестко

соединены с торцевыми поверхностями цилиндрического сектора с демфирующими пружинами, при этом поперечина П-образной рамы соединена с контурным каркасом поворотной секции, а на нижней поверхности П-образной рамы закреплена юбка из эластичного материала. На внешней поверхности верхней грани неподвижной секции ограждения защищенного объема расположен торец контурного каркаса и неподвижно закреплены ролики с направляющими. Изобретение позволяет обеспечить ведение работ и хранение техники в неизменных условиях искусственной среды, а простота реализации конструкции повышает надежность и универсальность использования трансформируемого сооружения. 2 ил.

RU 2 672 366 C1

RU 2 672 366 C1

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Акты внедрения результатов исследования

АО «ОмскВодоканал»

ул. Маяковского, д. 2,
г. Омск, 644042
Телефон: +7(3812) 53-00-11, 31-46-41,
Факс: + 7 (3812) 31-99-21, 31-95-31
E-mail: office_omsk@rosvodokanal.ru
www.omsk.rosvodokanal.ru
ИНН 5504097128 КПП 550401001



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
АО «ОмскВодоканал»

Козлов П.Г.

«24» февраля 2022 г.

АКТ

об использовании результатов кандидатской диссертации
Фадеева Дмитрия Владимировича
по научной специальности
05.05.06 – Горные машины

Рабочая комиссия АО «ОмскВодоканал» в составе:

Председатель: генеральный директор Козлов П.Г.

Члены комиссии:

Директор по производству Голиченко С.В.

Главный инженер Хохлов Д.А.

составили настоящий акт о том, что результаты диссертации на тему: «Обоснование и выбор параметров механизма перемещения платформы комплекса добычи торфяного сырья на неподготовленной залежи» (на примере месторождение Рогали, Фировский район Тверской области), представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, использованы и внедрены в производственную деятельность АО «ОмскВодоканал» при проектировании и оптимизации илошламонакопителей в виде рекомендаций к применению многопонтонной плавучей платформы автономного комплекса.

Использование указанных результатов позволяет внедрить экологически чистые ресурсосберегающие технологии, обеспечивающие высокую рентабельность круглогодичного производства, транспортабельность, сокращение сроков строительства и окупаемости.

Результаты внедрялись при выполнении ОНР:

«Отчет по программе опытно-промышленных работ по освоению месторождения Рогали, Фировского района Тверской области; кадастровый номер 491» от 24.01.2022 г., АО «ОмскВодоканал».

Председатель комиссии:

Генеральный директор

Козлов П.Г.

Члены комиссии:

Директор по производству

Голиченко С.В.

Главный инженер

Хохлов Д.А.

ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ПУРГАЗ»

629831, Ямало-Ненецкий автономный
округ, г. Губкинский,
микрорайон 16, д. 52
тел.: (34936) 49-322
факс: (34936) 49-340
E-mail: zaopurgaz@purgaz.com



ИНН 8913000816, КПП 546050001
Р/счет: 40 702 810 800 489 000 579
Филиал «Газпромбанк»
(Акционерное общество)
в г. Сургуте, БИК 047 144 721
К/счет: 30 101 810 400 000 000 721



АКТ

об оценке приобретения и использования комплекса добычи торфяного сырья,
рассчитанного в кандидатской диссертации
Фадеева Дмитрия Владимировича
по научной специальности
05.05.06 – Горные машины

Рабочая комиссия ЗАО «Пургаз» в составе:

Председатель:

Генеральный директор

С.П. Стецюкевич

Члены комиссии:

Заместитель генерального директора по производству

Я.Ю. Шульга

Финансовый директор

С.Е. Лутай

Начальник ПТО

А.Ф. Ахмедов

Ведущий инженер по охране труда и промышленной безопасности А.А. Шестеров

составили настоящий акт о том, что в результате рассмотрения диссертации на тему: «Обоснование и выбор параметров механизма перемещения платформы комплекса добычи торфяного сырья на неподготовленной залежи» (на примере Губкинского газового промысла), представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, а также с учётом анализа технических возможностей и финансовых затрат, пришли к мнению, что вовлечение указанной платформы в процесс добычи торфа на карьерах №1 и №2 Губкинского ГМ является целесообразным.

В долгосрочной перспективе добыча торфа на обводненных и заболоченных территориях с применением многопонтонной плавучей платформы автономного комплекса позволит

значительно сократить время на добычу ОПИ и тем самым сократить сроки рекультивации земель значимых объектов. Перемещение платформы за счет линейного привода позволяет вести добычу торфа в граничных рамках лицензионного участка, а габариты – задействовать платформу в малых карьерах торфа нестандартной формы.

Решение:

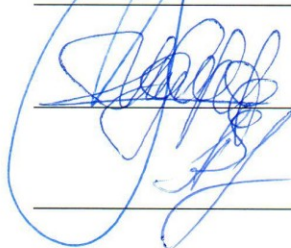
В рамках разработки карьеров торфа №1 и №2 и формирования плановых затрат рассмотреть приобретение одной из вариаций платформы автономного комплекса добычи торфяного сырья с линейным приводом.

Заместитель генерального
директора по производству



Я.Ю. Шульга

Финансовый директор



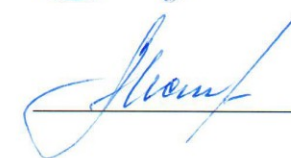
С.Е. Лутай

Начальник ПТО



А.Ф. Ахмедов

Ведущий инженер по охране труда
и промышленной безопасности



А.А. Шестеров