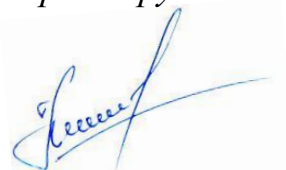


Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Сибирский федеральный университет»

На правах рукописи



Нафиков Равиль Зиннурович

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДРАЖНОЙ РАЗРАБОТКИ
РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ
КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

Специальность 25.00.22 – «Геотехнология
(подземная, открытая и строительная)»

Диссертация на соискание
ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор В.Е. Кисляков

Красноярск, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТКИ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДРАЖНЫМ СПОСОБОМ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА.....	9
1.1 Дражная разработка месторождений в зимний период	9
1.2 Майноподдержание	13
1.3 Майнообразование	18
1.4 Выводы.....	25
2 ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ В ИЗОЛИРОВАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ДРАЖНОГО РАЗРЕЗА	26
2.1 Уравнение теплового баланса.....	26
2.2 Динамика тепловыделения воды в дражном разрезе	31
2.2.1 Изменение температуры поверхностного слоя воды в течение года...	32
2.2.2 Изменение температуры воды с глубиной	34
2.2.3 Влияние грунтовых вод на изменение температуры воды в дражном разрезе	37
2.2.4 Изменение температуры воды в разрезе в зависимости от параметров грунта, вынимаемого драгой.....	39
2.3 Теплопоступление в процессе инсоляции	47
2.4 Тепловыделение при технологических процессах	48
2.4.1 Тепловыделение при работе двигателей драги.....	49
2.4.2 Тепловыделение от осветительных приборов	50
2.4.3 Тепловыделение от отопительных агрегатов	52
2.4.4 Тепловыделение от рабочего персонала драги.....	53
2.5 Удельный вес влияния источников тепловыделения на температурный режим в изолированном пространстве дражного разреза	53
2.6 Потери тепловой энергии.....	54
2.7 Определение достоверности математической модели.....	56

2.8	Пример определения продолжительности добычного сезона	63
2.9	Выводы.....	67
3	ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДРАЖНОГО АНГАРА.....	69
3.1	Основные параметры дражного ангара	69
3.1.1	Длина ангара.....	69
3.1.2	Высота ангара.....	73
3.1.3	Ширина ангара	76
3.1.4	Площадь ангара	83
3.2	Нагрузки на ангар	84
3.3	Транспортировка ангара.....	87
3.4	Выводы.....	89
4	ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРЕДЛАГАЕМОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ДРАЖНЫМ СПОСОБОМ	90
4.1	Длина блока, обрабатываемого в период отрицательных температур...	90
4.2	Оптимальная ширина одинарного дражного забоя при предлагаемой технологии	91
4.3	Основные технологические решения.....	98
4.4	Анализ экономической эффективности предлагаемой технологии	105
4.4.1	Расчет капитальных затрат на строительство предприятия.....	108
4.4.2	Организация управления производством и труда	110
4.4.3	Расчет себестоимости добычи полезного ископаемого.....	113
4.4.4	Эффективность инвестиционного проекта	116
4.4.5	Показатели эффективности инвестиционного проекта	122
4.4.6	Технико-экономические показатели.....	125
4.5	Выводы.....	126
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	128
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	130
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	143

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Активный спрос на золото сохраняет потребность в разработке производственной стратегии развития предприятий горнодобывающей промышленности в соответствии с достижениями научно-технического прогресса. Большая часть золота в России поступает из рудных месторождений, однако добыча из россыпей не менее эффективна.

Наиболее высокие технико-экономические показатели при разработке россыпных месторождений полезных ископаемых имеет дражный способ, который обладает рядом достоинств, таких как высокая производительность, минимальная себестоимость, возможность реализации в сложных гидрогеологических условиях.

Интенсивная эксплуатация россыпных месторождений привела к тому, что в настоящее время большинство из них истощены, а существующие технологии не могут решить главную проблему россыпной золотодобычи – естественное сокращение и ухудшение сырьевой базы. Вместе с тем освоение новых месторождений связано с большими капитальными затратами и длительным сроком окупаемости вложений.

Значительная часть россыпных месторождений России, обрабатываемых дражным способом, расположена на Крайнем Севере, в неблагоприятных климатических условиях. В длительный период отрицательных температур эксплуатационные затраты резко возрастают, а производительность драги снижается, что существенно ограничивает добычный сезон, который может составлять всего 160-180 дней.

Таким образом, разработка и обоснование технологии добычи полезных ископаемых дражным способом в условиях Крайнего Севера остается актуальной научной задачей.

Степень разработанности темы. Проблема продления добычного сезона при разработке россыпных месторождений рассматривалась учеными в разное время. Наибольший вклад в развитие теоретических положений внесли труды

В.Г. Лешкова, Е.А. Бессонова, С.М. Шорохова, И.М. Ялтанца, Ю.А. Попова, Д.В. Рощупкина, Г.А. Нурока, Б.А. Волнина, В.А. Мелентьева и др. Однако практика показывает, что все предложенные решения не получили широкого применения из-за значительных затрат, трудоемкости работ и ущерба окружающей среде.

Целью настоящего исследования служит обоснование технологических решений, обеспечивающих увеличение годовой производственной мощности драг при разработке россыпных месторождений полезных ископаемых в условиях Крайнего Севера.

Идея работы заключается в том, чтобы повысить годовую производственную мощность драг путем увеличения продолжительности добычного сезона за счет изолирования дражного разреза от воздействия отрицательных температур.

Основные задачи исследования.

1. Обзор и систематизация мирового опыта по продлению добычного сезона при разработке россыпных месторождений полезных ископаемых.
2. Изучение температурного режима в изолированном дражном разрезе и влияния на него различных источников теплоступления.
3. Разработка математических моделей определения размеров изолирующей конструкции для драг разных типоразмеров.
4. Определение продолжительности добычного сезона при использовании предлагаемой технологии разработки месторождений.
5. Технико-экономическая оценка предлагаемого технологического решения в конкретных горнотехнических условиях.

Научная новизна.

1. Разработана математическая модель теплового баланса в изолированном дражном разрезе.
2. Установлена степень влияния источников тепловыделения на изменение температуры воздуха внутри изолирующей конструкции.

3. Разработана математическая модель определения площади изолирующей конструкции в зависимости от типа драги.

4. Выявлены закономерности изменения оптимальной ширины одинарного дражного забоя от затрат на изолирование разреза и содержания золота в песках.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Выполнена систематизация способов продления добычного сезона при разработке россыпных месторождений в условиях Крайнего Севера.

Разработаны принципиально новые технические решения, основанные на изолировании дражного разреза от воздействия отрицательных температур (патенты РФ № 2614337, 2655331).

Предложена методика определения размеров изолирующей конструкции для драг разных типоразмеров.

Определена продолжительность добычного сезона при разработке россыпных месторождений с использованием изолирующей конструкции.

Разработаны технологические решения по продлению добычного сезона путем изолирования дражного разреза, принятые к внедрению на объекте ООО АС «Дражник» при разработке проектной документации (приложение А).

Результаты исследований рекомендуется использовать при планировании горных работ на разрабатываемых и проектируемых россыпных месторождениях полезных ископаемых, а также в учебном процессе на кафедре «Открытые горные работы» Сибирского федерального университета при подготовке специалистов по направлению «Горное дело».

Методология и методы исследований. При выполнении работы использовался комплекс методов, включающий: анализ и обобщение сведений, содержащихся в научно-технической, патентной и специальной литературе, аналитические исследования, технико-экономический анализ. Проведены экспериментальные лабораторные исследования, математическое и физическое моделирование, графический и графоаналитический методы обработки данных с применением программных пакетов Microsoft Office, AutoCAD.

Положения, выносимые на защиту.

1. Температурный режим в изолированном дражном разрезе, способствующий эффективной разработке россыпных месторождений в межсезонный период, зависит от климатических условий района, параметров разреза, типа драги, свойств изолирующего материала и описывается многофакторным уравнением нелинейного вида.

2. Оптимальная ширина одинарного дражного забоя при изолировании разреза, обеспечивающая максимальную экономическую эффективность, описывается степенным уравнением и зависит от типа драги, стоимости изолирующей конструкции и содержания золота в песках.

3. Научно доказано, что изолирование дражного разреза от воздействия отрицательных температур позволяет увеличить продолжительность добычного сезона, что обеспечивает повышение годовой производственной мощности дражного оборудования на 16-38% в зависимости от типа драги.

Степень достоверности работы подтверждена сходимостью результатов теоретических исследований с экспериментальными данными и доверительной вероятностью, а также значительным объемом статистических данных.

Апробация результатов работы. Материалы диссертационной работы были представлены на следующих конференциях и семинарах: Международная научно-практическая конференция «Фундаментальные научные исследования: теоретические и практические аспекты», г. Кемерово, 2016 г.; Международный интеллектуальный конкурс студентов и аспирантов «University Stars – 2016», г. Москва, 2016 г.; VI и VIII Международные научно-технические конференции «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений», г. Екатеринбург, 2017, 2019 гг.; Всероссийская научно-практическая конференция «Интеграция мировой науки в условиях кризиса: теоретические подходы и практические результаты», 2019 г.; XVI Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективны – 2020», Красноярск, 2020 г.; на семинарах кафедры «Открытые горные работы» ИГДГиГ СФУ (Красноярск, 2016-2020 гг.).

Исследования проводились при финансовой поддержке Красноярского краевого фонда науки для проектов прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, выполняемых магистрантами и аспирантами в целях обеспечения устойчивого развития Арктики и территорий Крайнего Севера.

Личный вклад автора заключается в выполнении теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в диссертационной работе, включая постановку их цели и задач, в анализе и обобщении экспериментальных результатов, в разработке новых технических и технологических решений, в создании методик определения температурного режима в изолированном дражном разрезе и расчета оптимальной ширины одинарного дражного забоя, в определении размеров изолирующей конструкции, а также продолжительности добычного сезона при разработке россыпных месторождений дражным способом в условиях Крайнего Севера.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 19 научных работ, из них 7 статей в изданиях, входящих в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 1 входит в международную базу данных Scopus. Получено 5 патентов РФ на изобретение.

Объем и структура работы. Диссертационная работа изложена на 143 страницах машинописного текста, состоит из введения, 4 глав, заключения и 1 приложения. Содержит 120 библиографических источников, 27 таблиц, 75 рисунков и 63 формулы.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТКИ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДРАЖНЫМ СПОСОБОМ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

1.1 Дражная разработка месторождений в зимний период

В настоящее время одним из перспективных направлений в горнодобывающей промышленности страны является добыча золота, значительные запасы которого содержатся в россыпных месторождениях (рисунок 1.1) [1]. Условия залегания таких месторождений позволяют эффективно применять относительно простые технологии. При разработке россыпей высокие технико-экономические показатели имеет дражный способ, которым могут обрабатываться обводненные континентальные месторождения, а также техногенные накопления золота, платины и других полезных ископаемых [2-5].

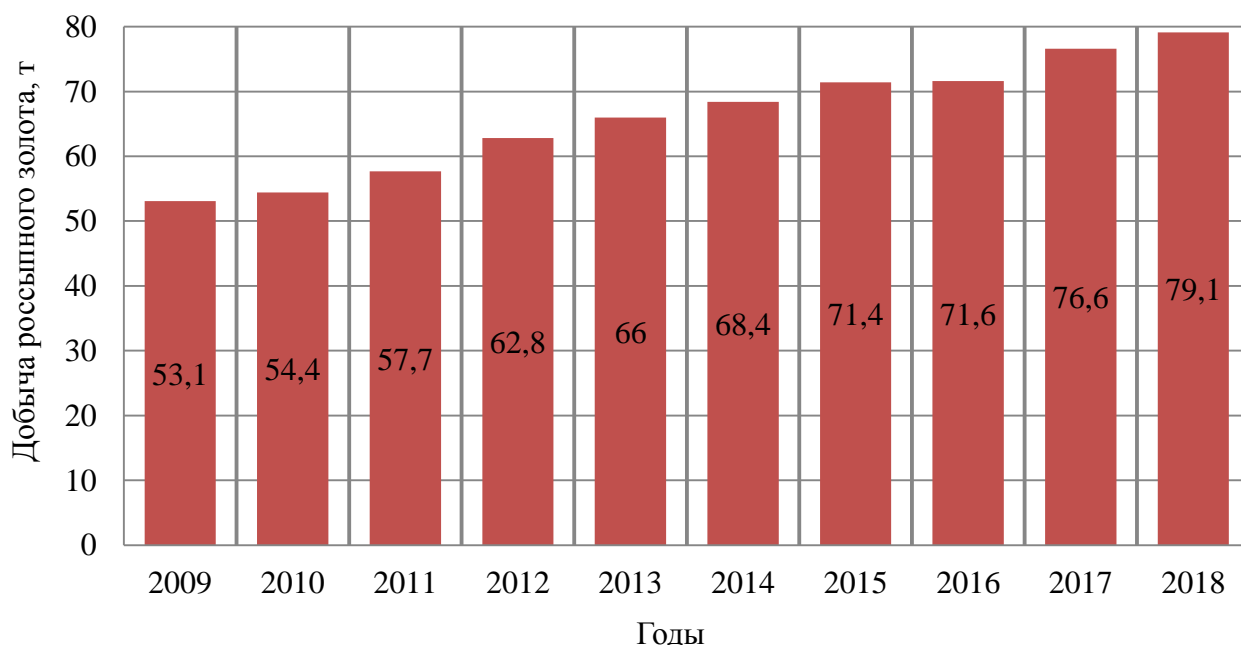


Рисунок 1.1 – Объем добычи россыпного золота в России в 2009-2018 гг.

Анализ современного состояния сырьевой базы россыпных месторождений говорит о том, что у большинства действующих предприятий запасы минеральных ресурсов снижаются, хотя с ростом технологического прогресса потребность во многих полезных ископаемых, добываемых из таких месторождений, постоянно растет. Поэтому возникает необходимость освоения россыпей со сложными горнотехническими условиями залегания, в том числе расположенных на Крайнем Севере и приравненных к нему территориях (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Схема расположения территорий Крайнего Севера России

Длительный срок окупаемости инвестиций главным образом связан с продолжительностью добычного сезона, который, в свою очередь, ограничен суровыми климатическими условиями регионов дислокации месторождений. При отрицательной температуре воздуха, происходит замерзание воды на черпаки и конструкцию черпаковой рамы, что ведет к износу дражных механизмов, а также к увеличению массы самой драги (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Дражная разработка россыпи в зимний период

В северных широтах отрицательная температура воздуха сохраняется в течение длительного времени, что сокращает продолжительность работы драги и приводит к значительному снижению ее производительности. Так, если в Западной Сибири продолжительность добычного сезона в среднем 280 дней, на Урале – 260 дней, то в более северных широтах она составляет 160-180 дней [6, 7]. В первом приближении зависимость средней продолжительности добычного сезона при дражной разработке россыпей от географической широты месторождений представлена на рисунке 1.4.

В большинстве случаев предприятия отказываются от продления добычного сезона без максимально достоверных технико-экономических обоснований, что сдерживает интенсивное освоение россыпных месторождений в районах Крайнего Севера.

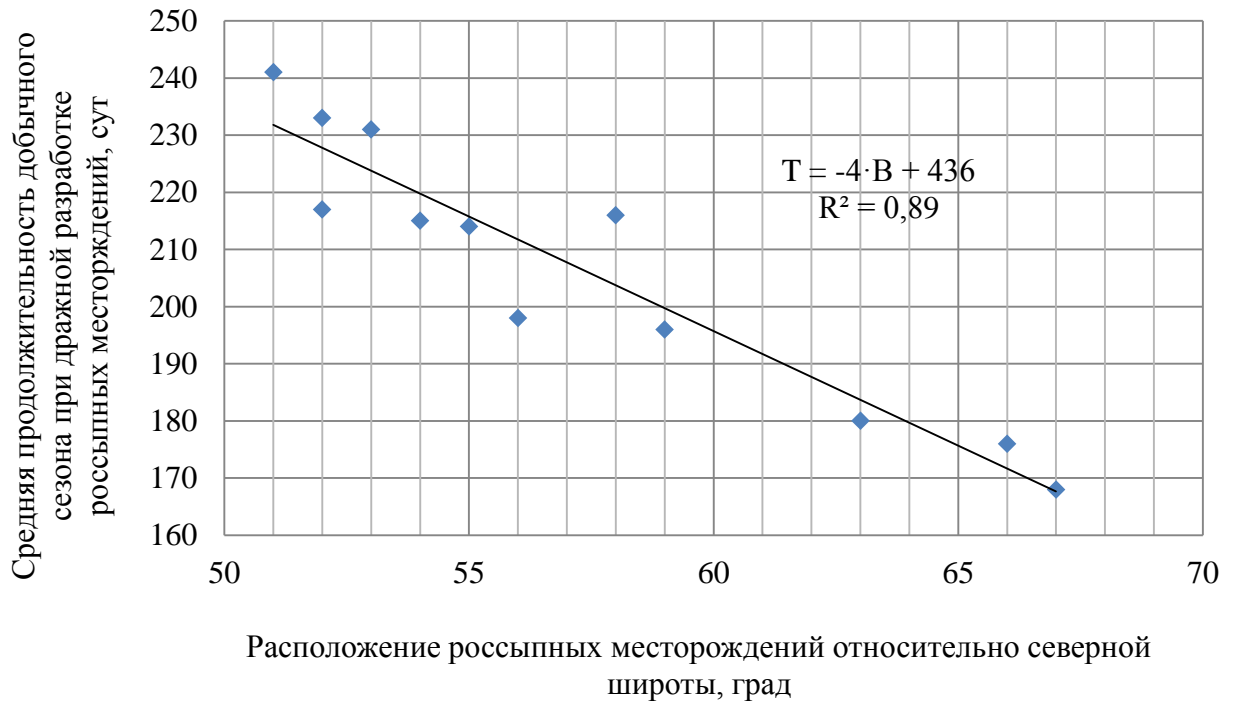


Рисунок 1.4 – Изменение средней продолжительности добычного сезона в зависимости от географического расположения обрабатываемого месторождения

Однако современный уровень развития технических средств в этой отрасли достаточно высок, чтобы выполнять работы практически круглогодично. Для этого необходимо установить экономическую целесообразность данных работ, предварительно определив комплекс инженерных мероприятий, которые позволят обеспечить прибыльную эксплуатацию драги в зимний период. Практика показывает, что при правильном решении данных вопросов разработка россыпных месторождений дражным способом в зимнее время может быть весьма эффективной [8, 9].

Так, в настоящее время известен целый ряд способов, позволяющих продлить добычной сезон при разработке россыпных месторождений, причем работы могут выполняться как без осушения, так и с осушением [10-65]. В последнем случае возможны открытый или подземный способы. Когда используют вариант без осушения, необходимы подводные горные работы с размещением добычного оборудования в прибрежной зоне, под водой, над водой или подо льдом [66-73].

К продлению добычного сезона при дражной разработке месторождений следует отнести технологии без осушения с размещением оборудования над водой. Условно разделим их на две группы: майноподдержание и майнообразование.

1.2 Майноподдержание

При работе в зимний период для технологических перемещений драги в забое вокруг нее должна быть майна (искусственно создаваемая в зимнее время незамерзающая часть водной поверхности разреза).

Существуют различные способы поддержания майны. Один из них – установка на конструкцию драги *пропеллерных насосов* [74-76], которые позволяют осуществлять вертикальную циркуляцию воды от дна разреза к поверхности. Придонная вода имеет более высокую температуру, поэтому вокруг драги не возникает ледообразования. Схема применения данных насосов на земснаряде представлена на рисунке 1.5.

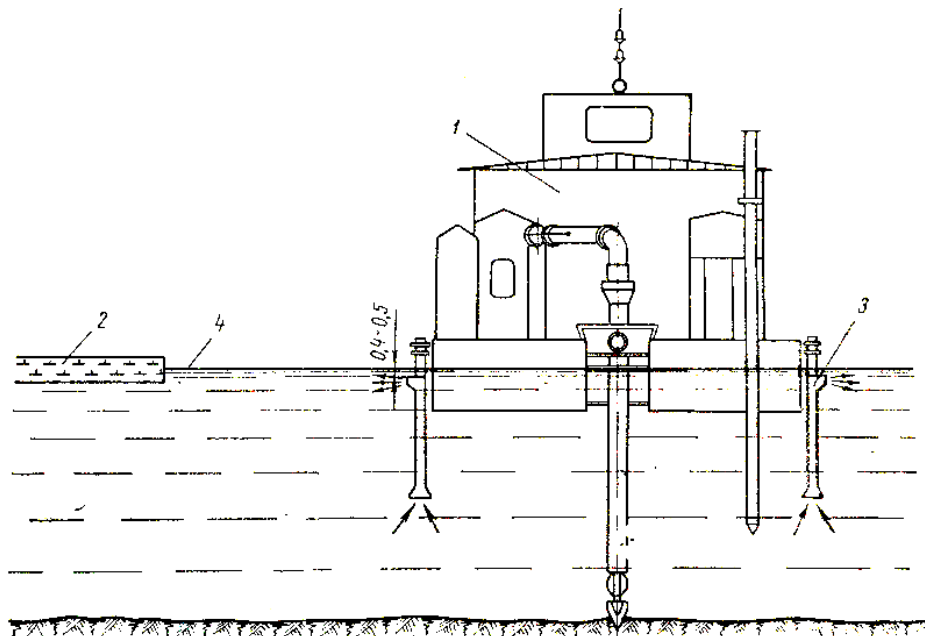


Рисунок 1.5 – Применение пропеллерных насосов на земснаряде для майноподдержания:

1 – земснаряд; 2 – лед; 3 – пропеллерный насос; 4 – водная поверхность

Другим способом поддержания майны служат *осевые потокообразователи* (рисунок 1.6), насадки которых погружают на 50 мм ниже водной поверхности [77].

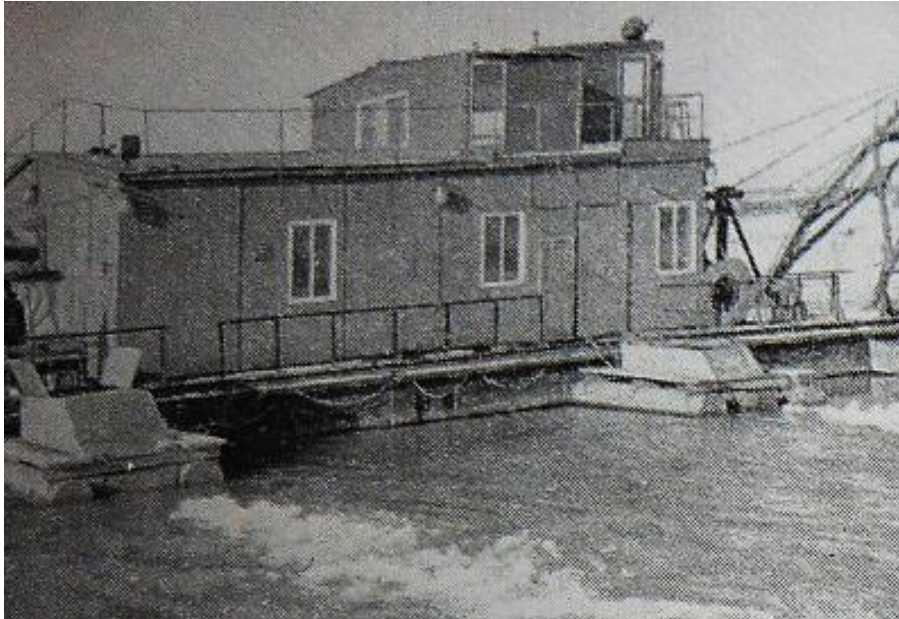


Рисунок 1.6 – Потокообразователи с донным раструбным входом воды в работе

Вертикальную циркуляцию воды создают также с помощью *подводных пневмозавес*, которые возникают благодаря выпуску воздуха из отверстий коллектора, уложенного на дно или опущенного глубоко под воду. Воздух в коллектор подают компрессором, установленным на драгу или на поверхность льда, если он смонтирован на тележке или санях.

Поддерживают майну и *химическими способами*. Так, например, во Франции посыпкой водных акваторий альгинатом натрия и стеаратом цинка удалось сохранить их в незамерзающем состоянии в течение всего зимнего периода. Вышеупомянутые вещества способствуют созданию на поверхности акваторий мягкого губчатого снега вместо ледяного покрова.

Кроме того, возможно предохранение водной акватории путем укладки на ее поверхность плавающей жидкости, не замерзающей при низкой температуре [78]. В качестве такой жидкости может служить, например, нефть с примесями химических веществ, препятствующих горению. Однако химические

способы не получили широкого применения из-за негативного воздействия на окружающую среду.

Следующим способом майноподдержания является *применение теплоизолирующего покрытия*, расположенного на водной поверхности [79].

Одно из таких устройств состоит из теплоизолирующих конструктивных элементов в форме цилиндров одинакового диаметра и длины, расположенных на водной поверхности плотно друг к другу с ориентацией торцов в одной плоскости параллельно продольной оси драг. При этом внутри цилиндров вдоль их продольной оси устанавливают жесткую ось, к концам которой шарнирно закрепляют тяги, соединенные с осями соседних цилиндров, причем одни концы тяг закрепляют к понтону драги, а противоположные забуривают в кромку майны [80].

Элементы изготавливают из материала с максимальными антиадгезивными свойствами (например, пенопласта или пластика). Укладка теплоизолирующих цилиндров на водную поверхность значительно сохраняет теплоемкость воды дражного разреза, а их форма, соединение между собой тягами и закрепление к понтону и к кромке майны обеспечивают свободное маневрирование драги, а также восстановление прежнего состояния покрытия водной поверхности после маневрирования.

Для защиты майны драг от замерзания возможно применение подобного же устройства [81], однако теплоизолирующее покрытие в этом случае изготавливают также в виде цилиндров одинаковой длины с возможностью вращения вокруг своей оси, но разных диаметров. При этом цилиндры с меньшим диаметром располагают в нижнем ряду, а с большим – в верхнем. Оси цилиндров верхнего и нижнего ряда соединяют между собой шарнирно с помощью тяг (рисунок 1.7). Цилиндры верхнего ряда устанавливают с чередованием через один и с утяжелением осей.

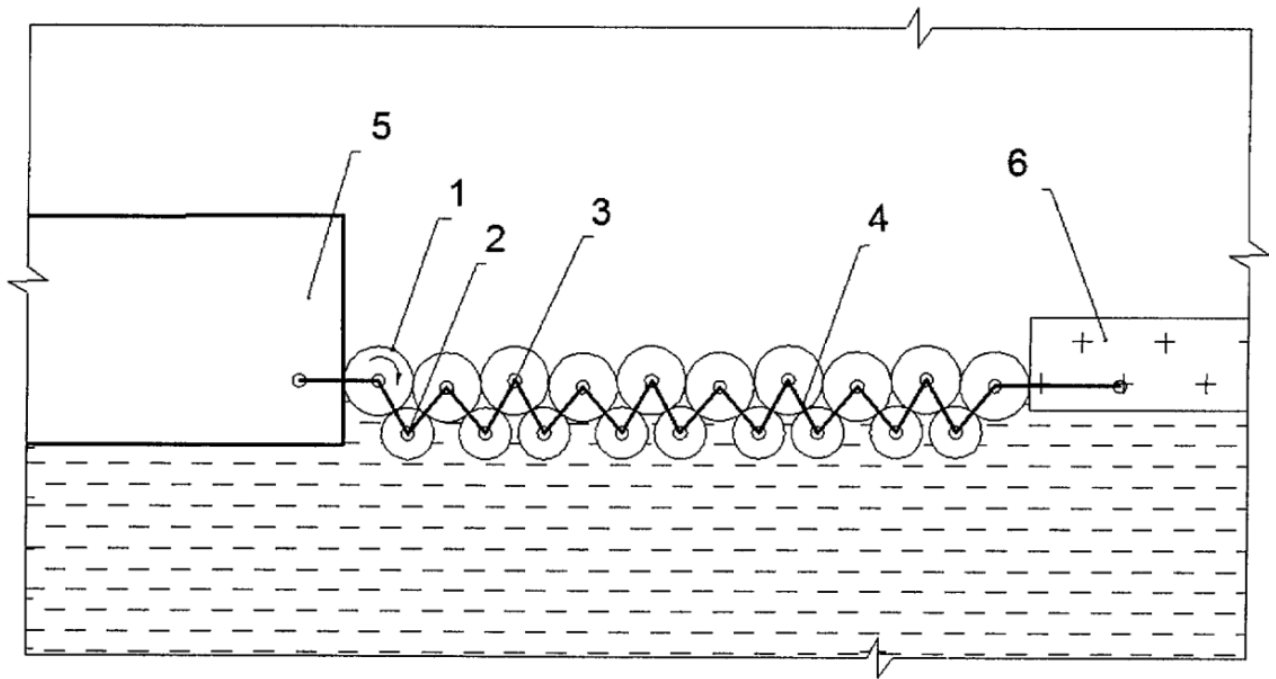


Рисунок 1.7 – Устройство для поддержания майны:

- 1 – цилиндры верхнего ряда (большого диаметра); 2 – цилиндры нижнего ряда (меньшего диаметра); 3 – ось цилиндров; 4 – тяга, шарнирно закрепленная к осям цилиндров;
5 – понтон драги; 6 – кромка майны

В качестве теплоизолирующего материала иногда используют закрытую полиэтиленерефталатовую тару, частично заполненную инертным материалом (песком, щебнем или гравием). Плотность материала при этом больше плотности воды, а его масса должна быть такой, чтобы обеспечивать частичное погружение тары [82].

Способ реализуется следующим образом: полиэтиленерефталатовую тару наполняют экологически безопасным и чистым материалом и укладывают на водную поверхность, что позволяет уменьшить интенсивность теплообмена поверхности воды с окружающей средой, а также предотвращает образование льда и обеспечивает драге свободное маневрирование. Достоинствами способа являются простота применения и относительно низкие экономические затраты.

Распространено применение в качестве теплоизолирующего слоя гранул гидрофобного материала (керамзита или подвспененного полистирола). При данном способе в осенний период оконтуривают участок, где будет

маневрировать драга. Затем в пределах внутреннего контура на водную поверхность укладывают теплоизолирующий плавучий материал, который вынимают ранней весной при оттаивании льда в разрезе.

Кроме того, активно используют *плавающие пены*. При данном способе ледообразование также предотвращается благодаря заполнению пенами поверхности воды.

Обращает на себя внимание перспективная идея подачи *грунтовой воды* из скважин с целью повышения температуры воды в разрезе и улучшения условий перекачки ее по трубам при отрицательной температуре окружающего воздуха. Реализация этой идеи при гидромеханизированных работах в высокогорных районах Колорадо (США) дала значительный экономический эффект. Можно предположить, что применение высокотемпературной воды из грунтовых скважин окажется весьма эффективным и при дражной разработке месторождений.

Поддержание майны с помощью *горячей воды или пара*, отбираемых от котельных установок, также находит широкое применение при разработке обводненных месторождений в зимний период.

Одним из способов майноподдержания, наиболее важным для настоящего исследования, выступает изолирование дражного разреза естественными материалами (такими, например, как лед) от воздействия отрицательных температур. Данный способ осуществляется следующим образом. До наступления отрицательных температур производят повышение уровня воды над горнодобывающим оборудованием и подготовленными запасами и устанавливают крепления на необходимой высоте. После образования льда воду сбрасывают до прежнего значения, при этом добычные и обогатительные работы, а также отвалообразование в зимний период производят под поверхностью льда [83, 84].

На практике (для большей эффективности) обычно применяют *комбинированные способы*, сочетающие в себе несколько вариантов майноподдержания.

1.3 Майнообразование

Процесс образования майны подразумевает вскрытие ледяного покрова для обеспечения технологических перемещений драги, что достигается следующими способами.

Химический способ разрушения льда. В качестве реагентов для оттаивания льда применяют хлорид кальция, аммония, калия, натрия, а также сульфид натрия, бикарбонат калия и фторид натрия. В результате их использования лед растаивает равномерно сверху вниз. Скорость стаивания льда зависит от выбранного химического вещества, температуры окружающего воздуха, структуры льда и других факторов.

Главным достоинством здесь является высокая скорость химических реакций, которые воздействуют на лед. При натуральных условиях реагенты могут проникнуть в лед на глубину от 20 до 70 см за сутки.

К основным недостаткам можно отнести отрицательное влияние на химический состав природных водотоков и высокую стоимость, поэтому на практике данный способ практически не применяют.

Механические способы разрушения льда [85-88].

Разрушение льда *ледорезными машинами* (рисунок 1.8) рекомендовано для льда, толщина которого не превышает 1 м. Их применение возможно во всех случаях, когда прочность и толщина ледяного покрова достаточны для того, чтобы выдержать тяжесть самого оборудования.

Основные достоинства способа заключаются в возможности перемещения машин по суше; доступности проведения работ на несудоходных водоемах или реках, куда ледокольные машины доставить трудно или невозможно; безвредности для окружающей среды; надежности действия и независимости результатов от условий работы.

Помимо достоинств применение ледорезных машин имеет и ряд недостатков. К таковым можно отнести невозможность применения машин для ликвидации заторов, которые образуются в ходе весеннего ледохода. Эти машины

в большей степени необходимы для предупредительных и профилактических мероприятий, так как с их помощью практически невозможно создать обширной водной поверхности, свободной ото льда и являющейся надежной гарантией от образования заторов, а можно лишь ослабить или, в лучшем случае, расчленить ледяной покров. Еще одним недостатком является то, что большинство ледорезных машин нельзя применять на тонком льду.

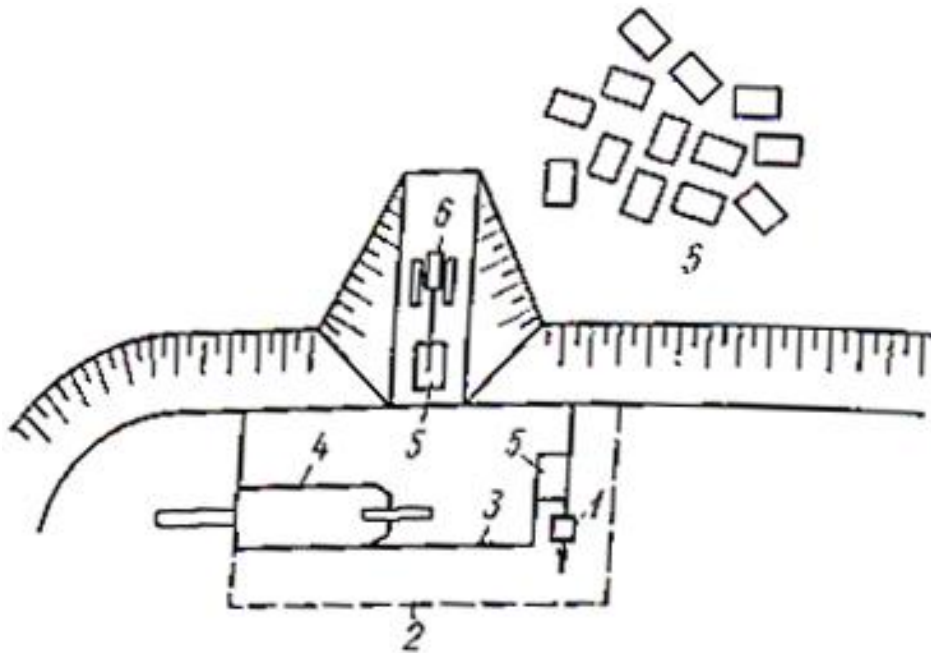


Рисунок 1.8 – Схема организации работ по образованию майны ранней весной:
1 – ледорезная машина; 2 – контур образуемой майны; 3 – кромка льда; 4 – драга;
5 – отрезанные льдины; 6 – бульдозер

Одним из эффективных способов механической разработки ледяного покрова в процессе образования майны является *резка льда паровыми, водяными или электрическими тепловыми резаками* [89, 90].

Паровые резаки (рисунок 1.9) могут питаться как от автономных паровых котлов небольшой производительности, так и от системы парового отопления, если она смонтирована на драге. По опыту образования майн при работе драг в условиях Крайнего Севера скорость резания льда паровыми резаками составляет 50-200 м/ч при его толщине около 1 м.

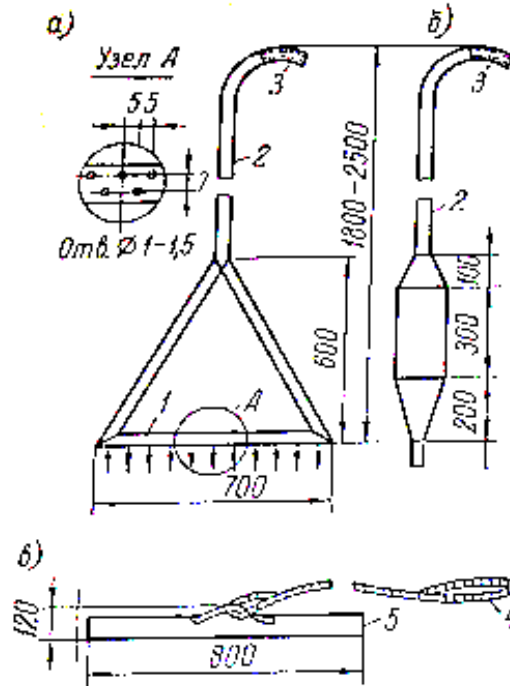


Рисунок 1.9 – Схема устройства для паротепловой резки льда:

а – паровой резак; б – паровая игла; в – анкер для захвата льдин;

1 – перфорированная трубка диаметром 18 мм для выпуска пара; 2 – подводящая труба;

3 – штуцер для присоединения паровых шлангов; 4 – трос; 5 – швеллер

В некоторых случаях может оказаться целесообразным образование майны *тепловыми циркуляционными резаками* (рисунок 1.10), состоящими из медной трубки диаметром 20-25 мм, через которую пропускают горячую воду. В ходе испытаний была доказана перспективность этого способа. Скорость резания при толщине льда 40 см составляет около 30 м/ч.

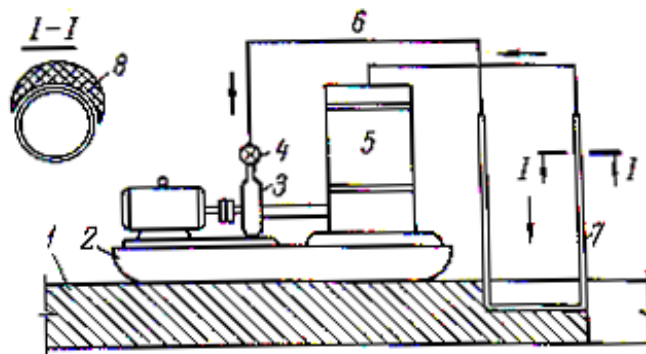


Рисунок 1.10 – Схема резака для водотепловой резки льда:

1 – ледяной покров; 2 – сани; 3 – насос 2К-6; 4 – регулировочный вентиль; 5 – бойлер;

6 – утепленные резиновые шланги; 7 – медная труба-резаки; 8 – водостойкая теплоизоляция

Электротепловую резку льда (рисунок 1.11) осуществляют нагревательным нихромовым проводом с подводным кабелем. Производственные испытания этого способа, проведенные И. М. Коноваловым, позволили определить, что скорость резания льда толщиной около 1 м составляет 20-30 м/ч.

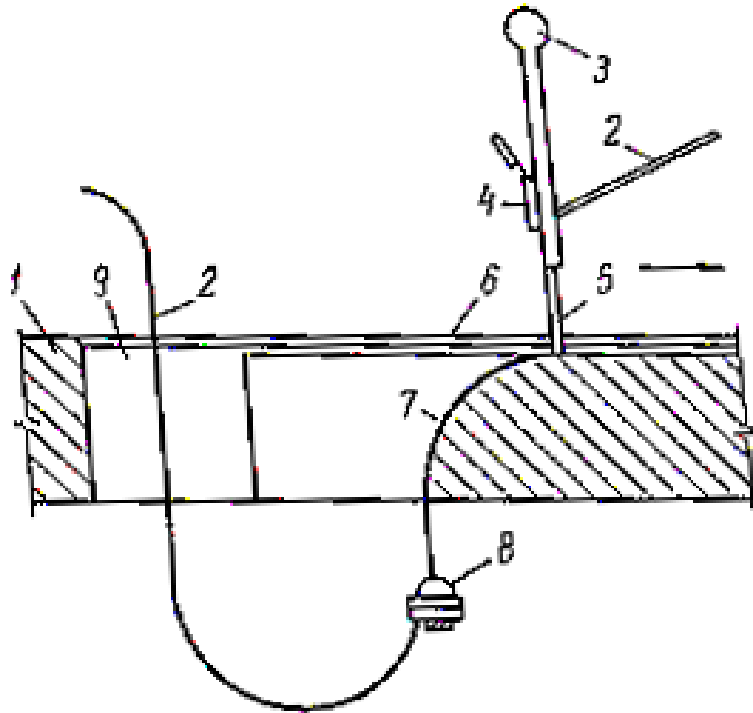


Рисунок 1.11 – Схема резака для электротепловой резки льда:

1 – лед; 2 – электрический кабель; 3 – ручка резака; 4 – рубильник; 5 – провододержатель;
6 – канавка реза; 7 – нагревательный провод; 8 – груз; 9 – прорубь

Ледокольные приставки. На понтон спереди устанавливают ледокольную приставку, выполненную в виде пластины. В процессе движения судна пластина за счет работы кривошипного механизма легко приближается к нижнему основанию льда и ломает его [91, 92].

Ручная резка льда. Данный способ в большинстве случаев носит вспомогательный характер. Обычно применение ручных работ связано с уборкой наледей на свайном аппарате, черпаковой раме или других узлах драги. При отсутствии иных средств для майнообразования ручная резка служит основным способом вскрытия ледяного покрова. Однако данные работы весьма малоэффективны, так как связаны с большими затратами труда и средств.

Экскаваторный способ образования майны (рисунок 1.12) в практике гидромеханизации применяют редко. По опыту Красноярского СУ треста Гидромеханизации МЭиЭ этот способ может быть рекомендован только при вскрытии достаточно толстого (более 1 м) ледяного покрова. Экскаватор в этом случае попеременно оборудуют клином и сетчатым ковшом. Основным недостатком этого способа является большая энергоемкость и стоимость.

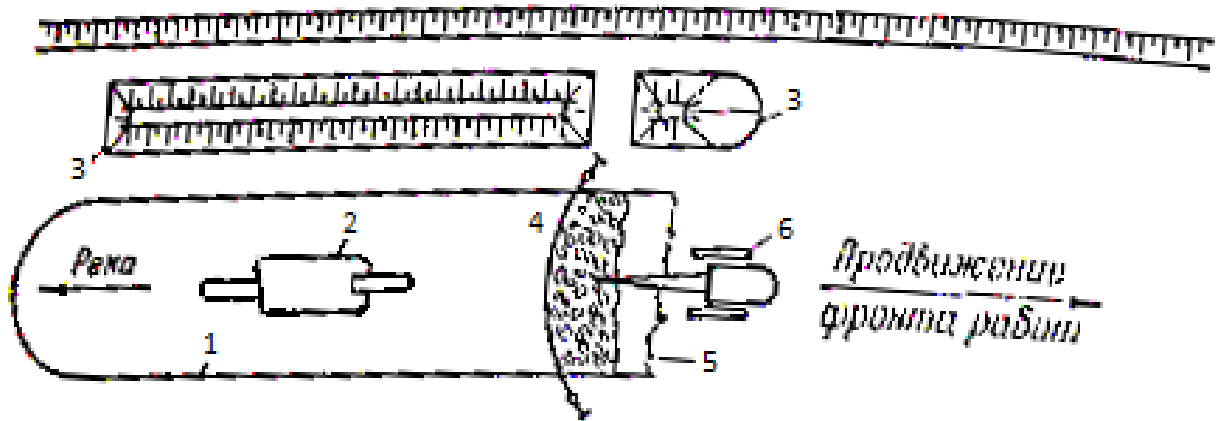


Рисунок 1.12 – Схема образования майны экскаватором:

- 1 – кромка льда; 2 – драга; 3 – отвал; 4 – запонь для удержания раздробленного льда;
5 – граница очередной околки; 6 – экскаватор

Одно из направлений майнообразования – *взрывные работы*. Они широко используются в оперативной борьбе с заторами путем закладки зарядов взрывчатых веществ на лед, под лед и в лед. Их рекомендуется применять для разрушения мощных заторов (обычно при толщине льда более 1 м), когда другие способы разрушения не удовлетворяют необходимым результатам и когда время на проведение мероприятий ограничено. Кроме разрушения льда взрывы способствуют рыхлению пород для облегчения их выемки драгой. Работы производят в непосредственной близости от драги с небольшим опережением по отношению к ней. Уборку дробленого льда при этом рекомендуется осуществлять плавающим скреперным ковшом [93]. Схема данного способа для земснаряда представлена на рисунке 1.13.

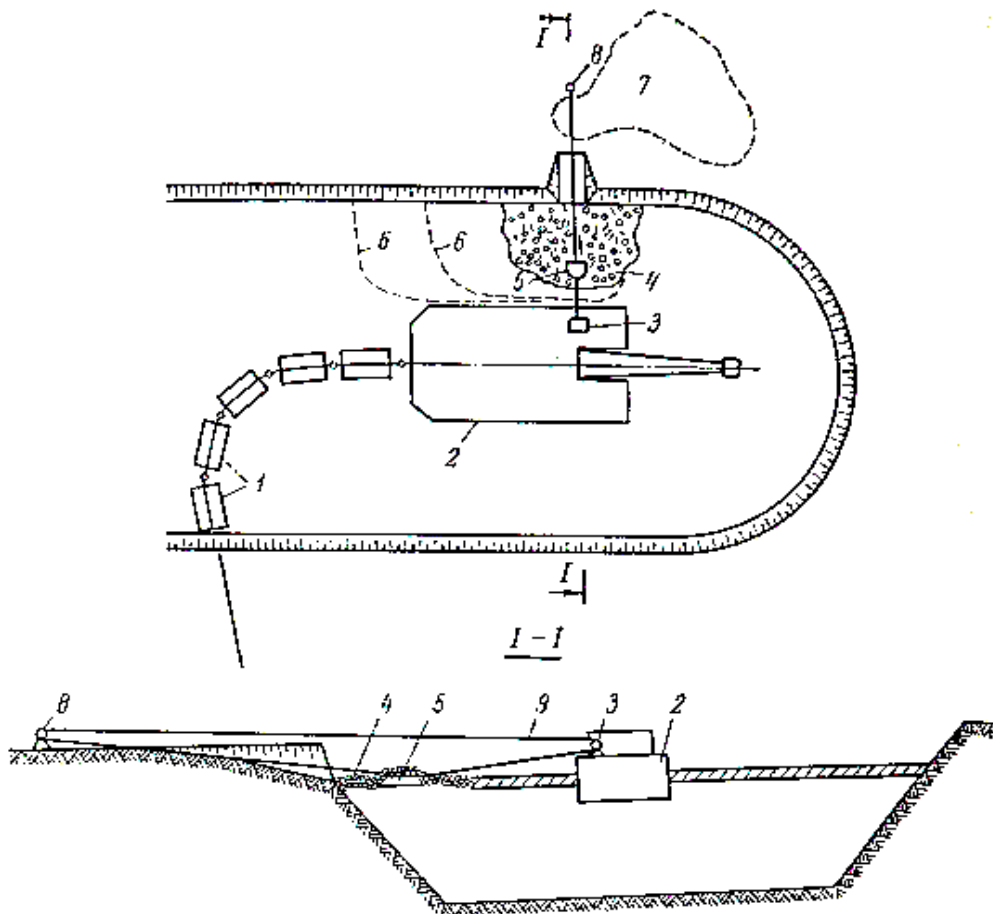


Рисунок 1.13 – Схема образования майны взрывным способом с удалением льда:
 1 – понтоны плавучего трубопровода; 2 – земснаряд; 3 – папильонажная лебедка, приводящая в действие плавающий скрепер; 4 – раздробленный взрывами лед; 5 – плавающий скрепер;
 6 – границы очередного взрыва; 7 – отвал; 8 – анкерный блок; 9 – трос

Для более эффективного разрушения ледяного покрова в большинстве случаев применяют *комбинированные способы* майнообразования.

На основе рассмотренных ранее способов выполнена их систематизация [94], которая представлена на рисунке 1.14.



Рисунок 1.14 – Систематизация способов продления добычного сезона при разработке россыпных месторождений в условиях Крайнего Севера

1.4 Выводы

В результате обзора существующих способов продления добычного сезона при разработке россыпных месторождений было выявлено, что широкого распространения на практике они не получили. Это связано, в первую очередь, с трудоемкостью работ, высокими экономическими и энергетическими затратами, а также экологическим ущербом.

Для устранения перечисленных недостатков необходимы новые технические и технологические решения. Наиболее перспективным способом продления добычного сезона при дражной разработке выступает изолирование разреза от воздействия отрицательных температур, однако использование льда в качестве изолирующего материала имеет ряд недостатков, таких как высокая опасность обрушения ледяного массива, трудоемкость технологии, большие простои во время промерзания необходимого слоя воды, а также ежегодная необходимость создания водоповышающих плотин с последующим затоплением межплотинного пространства.

Повысить эффективность данной технологии можно благодаря современным искусственным строительным материалам, достоинства которых заключаются в простоте эксплуатации и безопасности работ. Многие из них имеют низкий коэффициент теплопроводности, что обеспечит сохранение высокой температуры в изолированном пространстве дражного разреза в течение всего зимнего периода. Поэтому продление добычного сезона путем изолирования дражного разреза от воздействия отрицательных температур является одним из перспективных направлений в горном деле на сегодняшний день.

2 ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ В ИЗОЛИРОВАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ДРАЖНОГО РАЗРЕЗА

2.1 Уравнение теплового баланса

Одним из основных факторов, влияющих на продолжительность добычного сезона при дражной разработке месторождений, является температура окружающего воздуха. При отрицательной температуре происходит образование льда в разрезе, а также намерзание породы на черпаки и черпаковую раму драги, что ведет к снижению ее суточной производительности. Рассмотрим годовую динамику температуры воздуха в северных широтах (рисунок 2.1) на основе многолетних замеров [95].

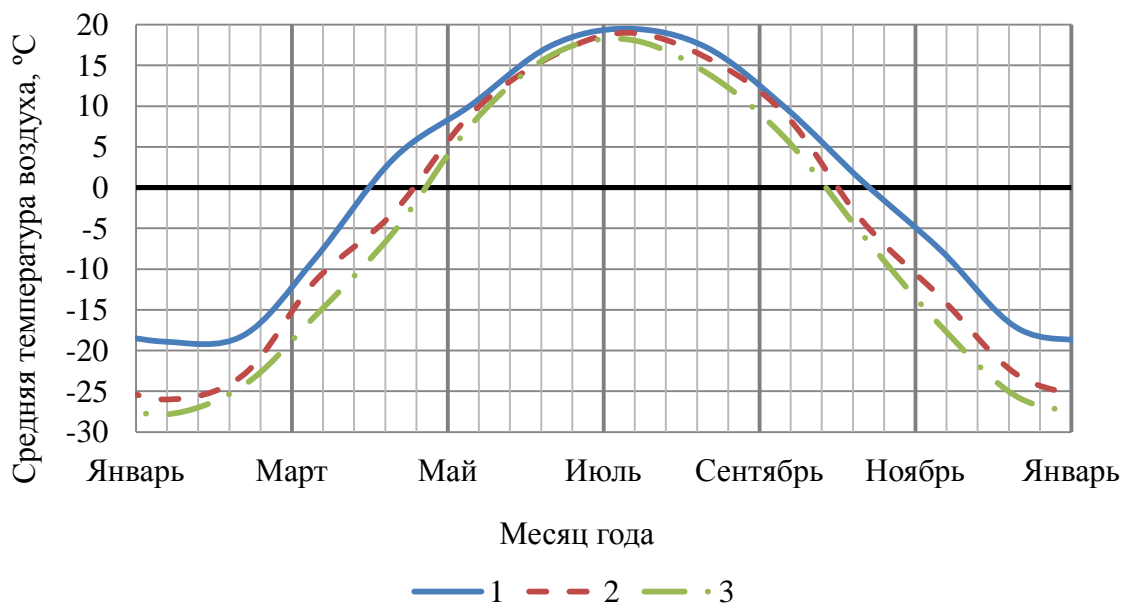


Рисунок 2.1 – Динамика средней температуры воздуха в течение года:

1 – 53° с. ш. (Ангарск); 2 – 57° с. ш. (Нерюнгри); 3 – 60° с. ш. (Северо-Енисейский)

Далее проанализируем влияние температуры воздуха на производительность драг, работающих в условиях Крайнего Севера. По данным

многочисленных измерений динамика средней производительности за месяц трех типов драг в районе 60° с. ш. представлена на рисунке 2.2.

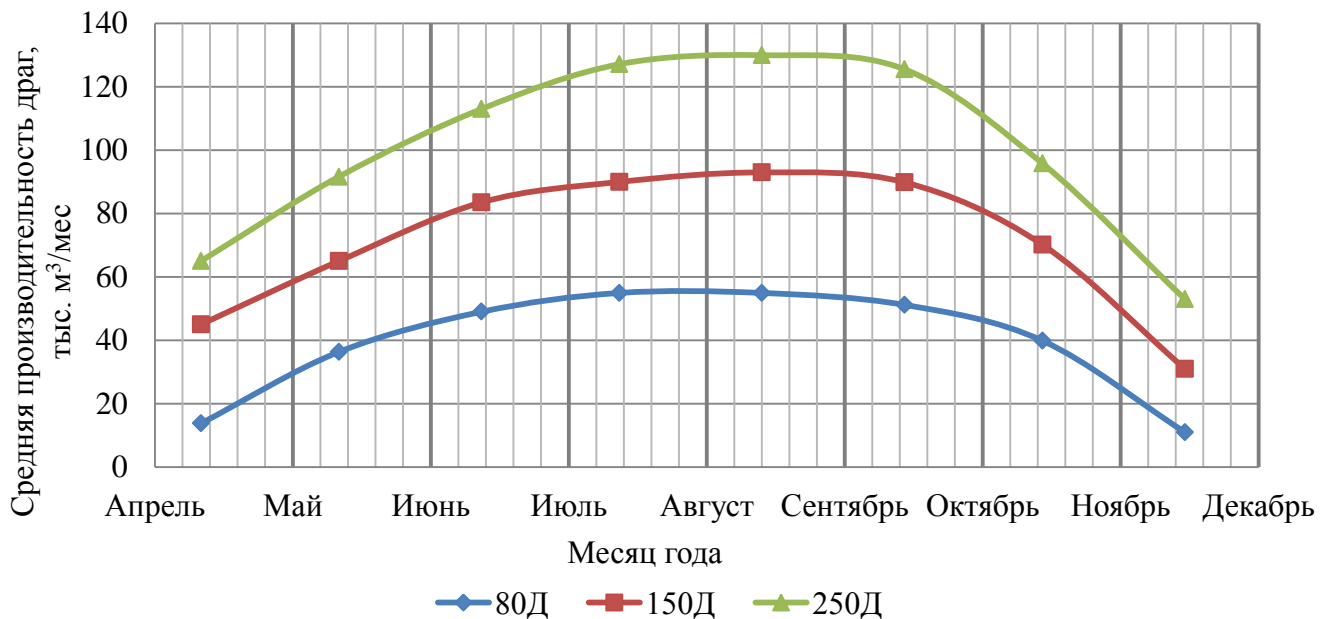


Рисунок 2.2 – Изменение средней производительности драг в течение добычного сезона

На графиках, представленных на рисунках 2.1 и 2.2, видно, что при отрицательных значениях температуры окружающего воздуха производительность драг значительно меньше их максимальных показателей. Повысить производительность драг в условиях Крайнего Севера позволит применение предлагаемой технологии, которая основана на изолировании дражного разреза конструкцией ангарного типа (дражный ангар) из современных искусственных строительных материалов.

Строительством сооружений подобного типа для промышленных нужд сегодня занимается множество компаний по всему миру. В горнодобывающей промышленности можно выделить применение схожей технологии строительной компанией Geometrica, которая конструирует производственные здания, не содержащие колонн, для беспрепятственной работы оборудования. Здания предназначены для защиты окружающей среды от пыли, для хранения отвалов полезных ископаемых, горючего, опасных материалов и для других целей [96]. На рисунках 2.3 и 2.4 представлены конструкции сферической и продольной формы.

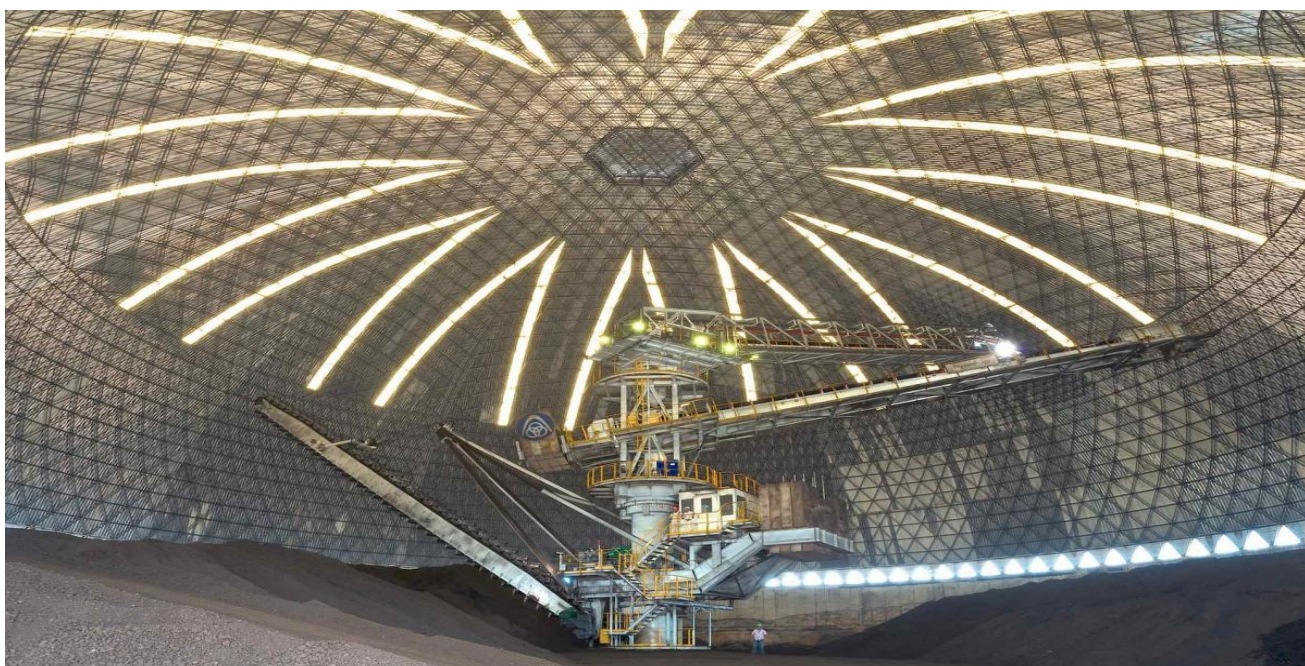


Рисунок 2.3 – Изолирующие конструкции сферической формы

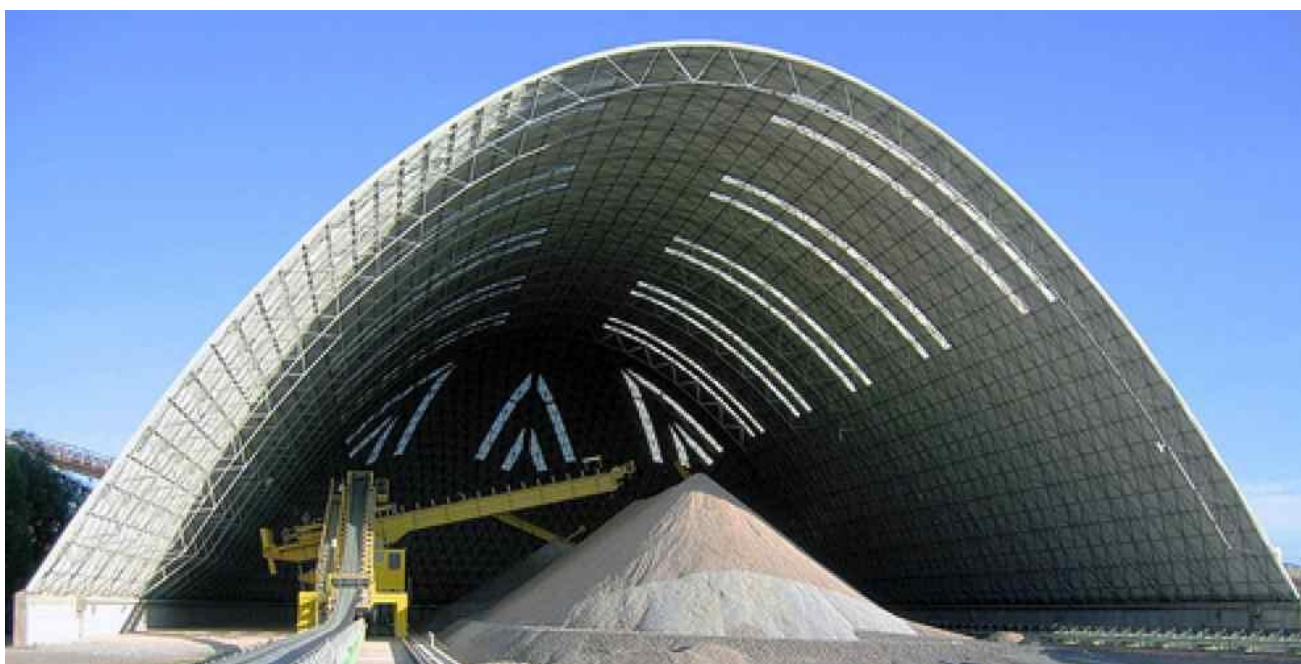
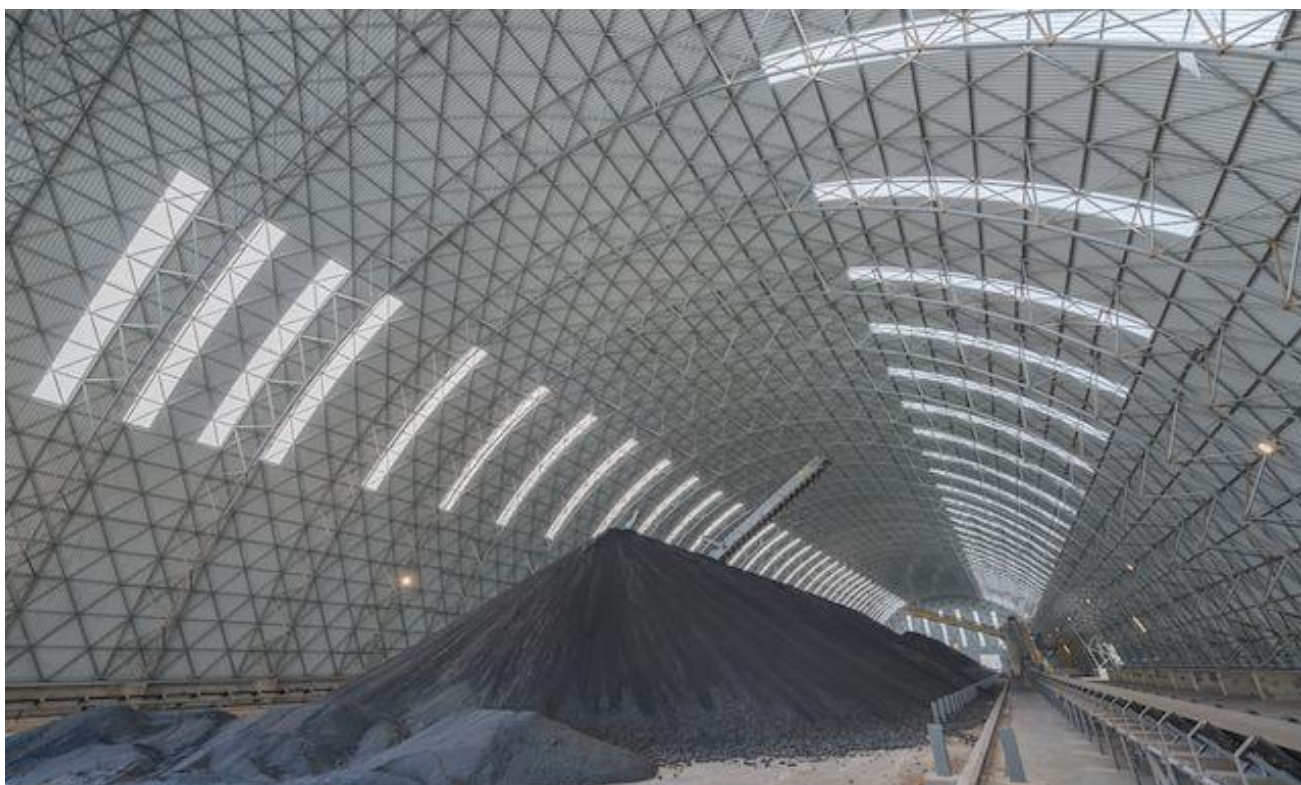


Рисунок 2.4 – Изолирующие конструкции продольной формы

В представленных вариантах применены материалы, которые не пропускают солнечный свет. Для предлагаемой технологии следует использовать светопропускающие материалы, что позволит исключить затраты на искусственное освещение, а также увеличить температуру воздуха внутри ангара в процессе инсоляции (облучения прямыми солнечными лучами). В качестве

таких материалов можно использовать стекло, органическое стекло, сотовый или монолитный поликарбонат и др. После изучения технических характеристик, а также стоимости представленных материалов, наиболее перспективным для предлагаемой технологии выбран сотовый поликарбонат (рисунок 2.5). Допустимая температура его эксплуатации достигает значений до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, что весьма важно для территорий Крайнего Севера. Каркас рекомендуется выполнять из металлических труб.

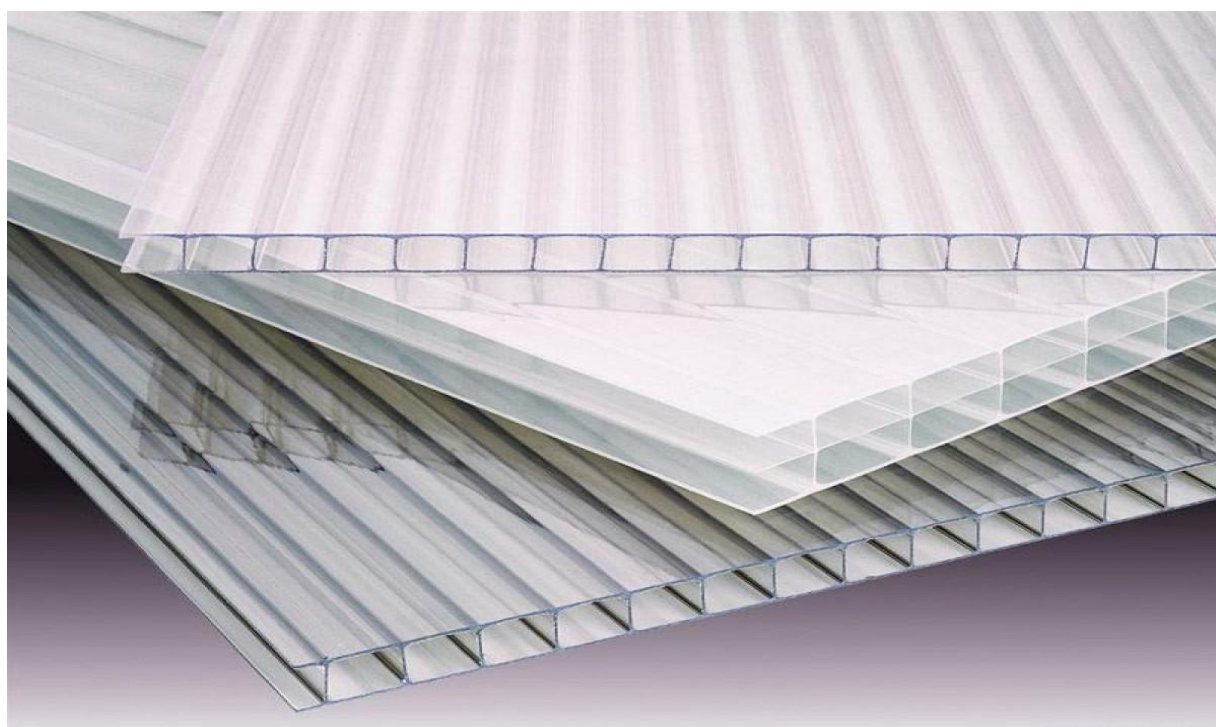


Рисунок 2.5 – Сотовый поликарбонат

Рассмотрим динамику температуры воздуха в дражном ангаре. На ее изменение будут влиять следующие показатели: температура воды в дражном разрезе, интенсивность инсоляции, тепловыделение при технологических процессах драги, свойства изолирующего материала, температура окружающего воздуха.

Уравнение теплового баланса в дражном ангаре будет иметь следующий вид:

$$Q_{\text{в}} + Q_{\text{с}} + Q_{\text{тех}} = Q_{\text{п}}, \quad (2.1)$$

где Q_b – теплоступление от воды в дражном разрезе, Дж; Q_c – теплоступление в процессе инсоляции, Дж; $Q_{\text{тех}}$ – теплоступление при технологических процессах драги, Дж; $Q_{\text{п}}$ – потери тепловой энергии, Дж.

Далее исследуем влияние каждого показателя на тепловой баланс в дражном ангаре.

2.2 Динамика тепловыделения воды в дражном разрезе

Тепловыделение характерно для всех тел, температура которых выше значения абсолютного нуля (-273 °C). Согласно второму началу термодинамики объемная плотность теплового излучения не зависит от природы вещества и геометрических размеров полости и тела, а определяется только их температурой [97-99]. По закону Стефана-Больцмана излучательная способность поверхности воды пропорциональна четвертой степени ее температуры:

$$R_b = \alpha_b \cdot \sigma \cdot (T_b + 273)^4, \text{ Вт/м}^2, \quad (2.2)$$

где R_b – излучательная способность воды, Вт/м²; α_b – коэффициент излучения энергии воды, $\alpha_b=0,95$; σ – постоянная Стефана–Больцмана, $\sigma=5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·°C⁴); T_b – температура воды в дражном разрезе, °C.

Количественно тепловыделение есть энергия, излучаемая с одного квадратного метра за одну секунду. Следовательно, тепловыделение с поверхности воды за один час определяется из выражения

$$Q_b = 3600 \cdot R_b \cdot S_b \cdot t_b = 3600 \cdot 5,4 \cdot 10^{-8} \cdot (T_b + 273)^4 \cdot S_b \cdot t_b, \text{ Дж}, \quad (2.3)$$

где S_b – площадь водной поверхности в дражном разрезе, м²; t_b – расчетная продолжительность тепловыделения воды, ч.

Для определения динамики температуры воды в дражном разрезе в течение года рассмотрим влияющие на нее факторы.

2.2.1 Изменение температуры поверхностного слоя воды в течение года

Анализ изменения температуры поверхностного слоя воды в дражном разрезе проведем на примере водоемов, расположенных в северных широтах [100]. Годовые колебания температуры в водоемах представлены на рисунке 2.6.

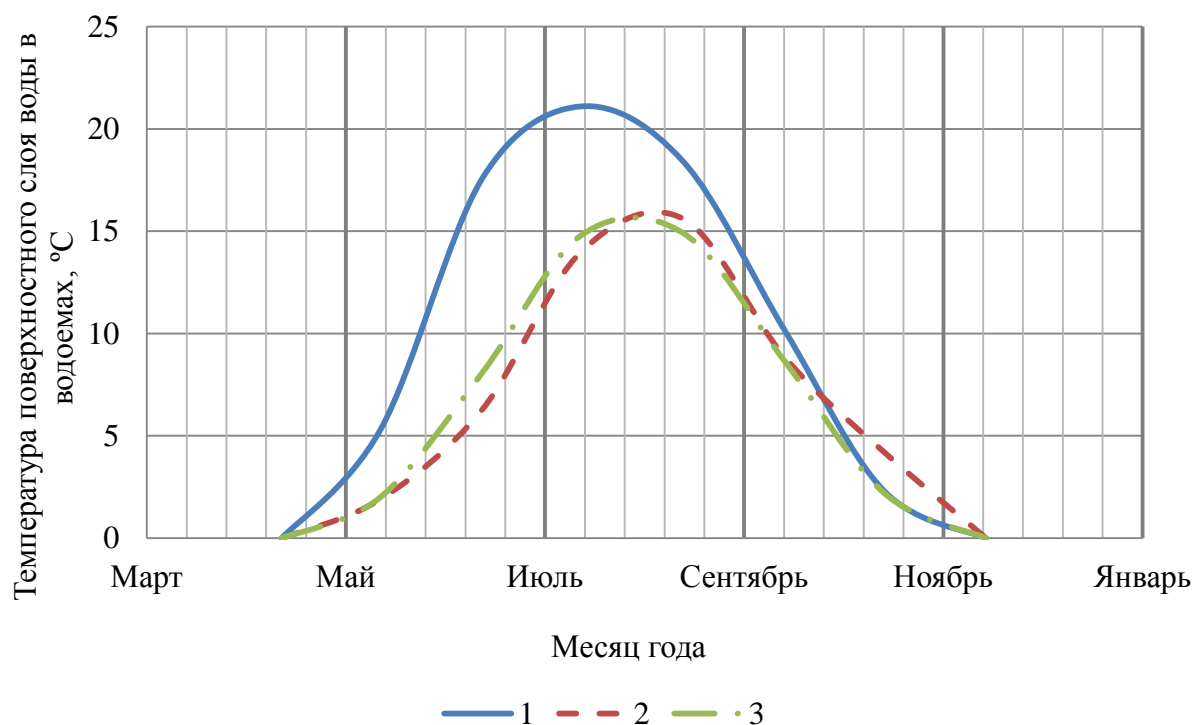


Рисунок 2.6 – Изменение температуры поверхностного слоя воды в течение года:
1 – оз. Тырка (54° с. ш.); 2 – оз. Большое Леприндо (56° с. ш.); 3 – оз. Ничатка (58° с. ш.)

Условно принимаем температуру воды в дражном разрезе равной температуре водоемов в рассматриваемых широтах. Определим влияние температуры окружающего воздуха на температуру поверхностного слоя воды. Для этого на график, по оси ординат которого расположены значения температуры поверхностного слоя воды, а по оси абсцисс – температура

окружающего воздуха, нанесем среднемесячные значения (рисунки 2.1, 2.6). Результаты представлены на рисунке 2.7.

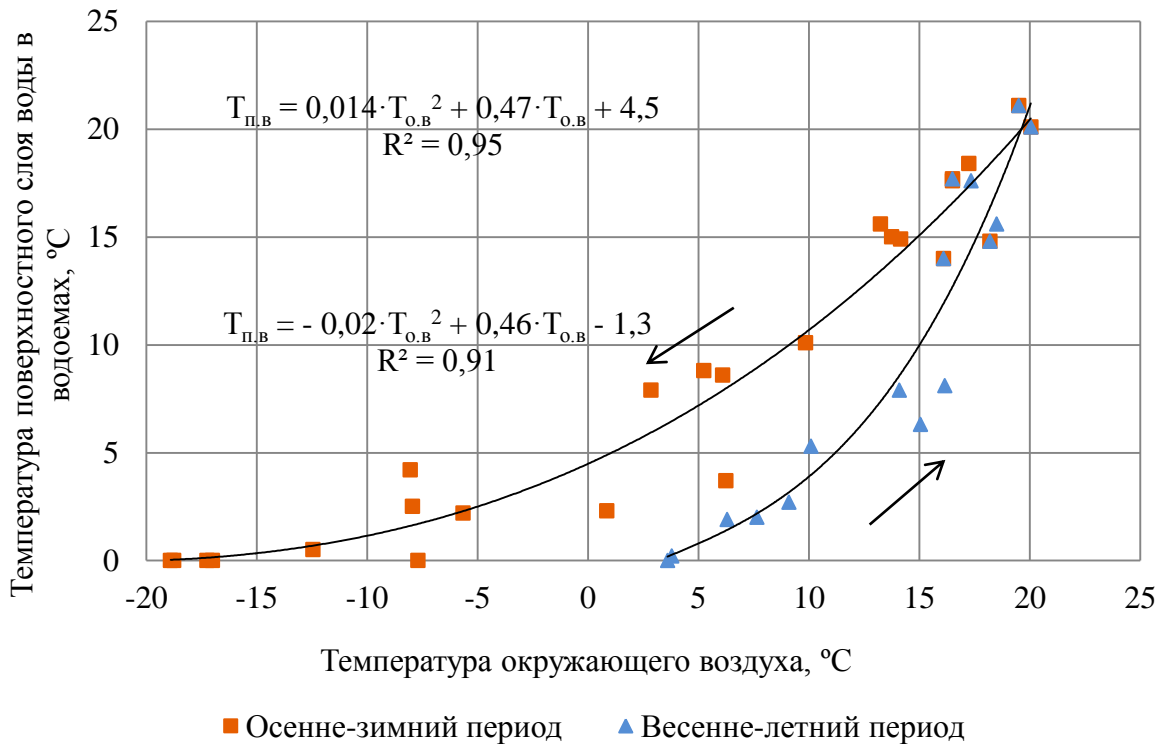


Рисунок 2.7 – Зависимость средней температуры поверхностного слоя воды водоемов от температуры окружающего воздуха

Изменение температуры окружающего воздуха и поверхностного слоя воды на графике отображается двумя линиями распределения температуры – в верхней части за осенне-зимний период, а в нижней – за весенне-летний. Уравнения, представленные на рисунке 2.7, справедливы для диапазонов температуры окружающего воздуха от -18,5 до 19,5 °C для осенне-зимнего периода и от 19,5 до 3,8 °C для весенне-летнего.

Разное распределение температуры воды относительно температуры окружающего воздуха в течение года обусловлено тем, что вода и воздух имеют разную теплоемкость. Так, например, при температуре окружающего воздуха 5 °C в мае температура поверхностного слоя воды в озере Ничатка составляет 1,9 °C, а в сентябре при аналогичной температуре воздуха – 8,8 °C.

Для определения величины сезонного отклонения температуры поверхностного слоя воды в водоеме введем понятие коэффициента

температурного изменения $K_{п.в}$ – отношение температуры поверхностного слоя воды к температуре окружающего воздуха. Некоторые значения приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Значения коэффициента температурного изменения поверхностного слоя воды

Период	Параметр	Коэффициент температурного изменения поверхностного слоя воды									
Осенне-зимний	$T_{о.в}$	-16	-12	-8	-6	-4	-2	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3
	$K_{п.в}$	-0,02	-0,07	-0,2	-0,36	-0,71	-1,81	-4,54	-5,96	-8,52	-14,5
	$T_{о.в}$	16	12	8	6	4	2	0,9	0,7	0,5	0,3
	$K_{п.в}$	1	1,03	1,15	1,3	1,65	2,74	5,47	6,89	9,45	15,4
Весенне-летний	$T_{о.в}$	16	12	8	6	4	2	1	0,6	0,3	0
	$K_{п.в}$	0,76	0,5	0,28	0,17	0,08	0,03	0,02	0,02	0,01	0

Для определения тепловыделения с поверхностного слоя воды в дражном разрезе в уравнении (2.3) заменим ее температуру произведением полученного коэффициента и температуры окружающего воздуха:

$$Q_b = 3600 \cdot 5,4 \cdot 10^{-8} \cdot (K_{п.в} \cdot T_{о.в} + 273)^4 \cdot S_b \cdot t_b, \text{ Дж}, \quad (2.4)$$

где $T_{о.в}$ – температура окружающего воздуха, °С.

Однако в данной формуле учитывается только температура поверхностного слоя воды, поэтому далее рассмотрим динамику температуры воды с учетом глубины.

2.2.2 Изменение температуры воды с глубиной

Для определения зависимости температуры воды с учетом глубины водоема рассмотрим ее изменение на примере представленных выше водоемов. По усредненным значениям температуры воды по глубине была найдена зависимость для каждого месяца (рисунок 2.8).

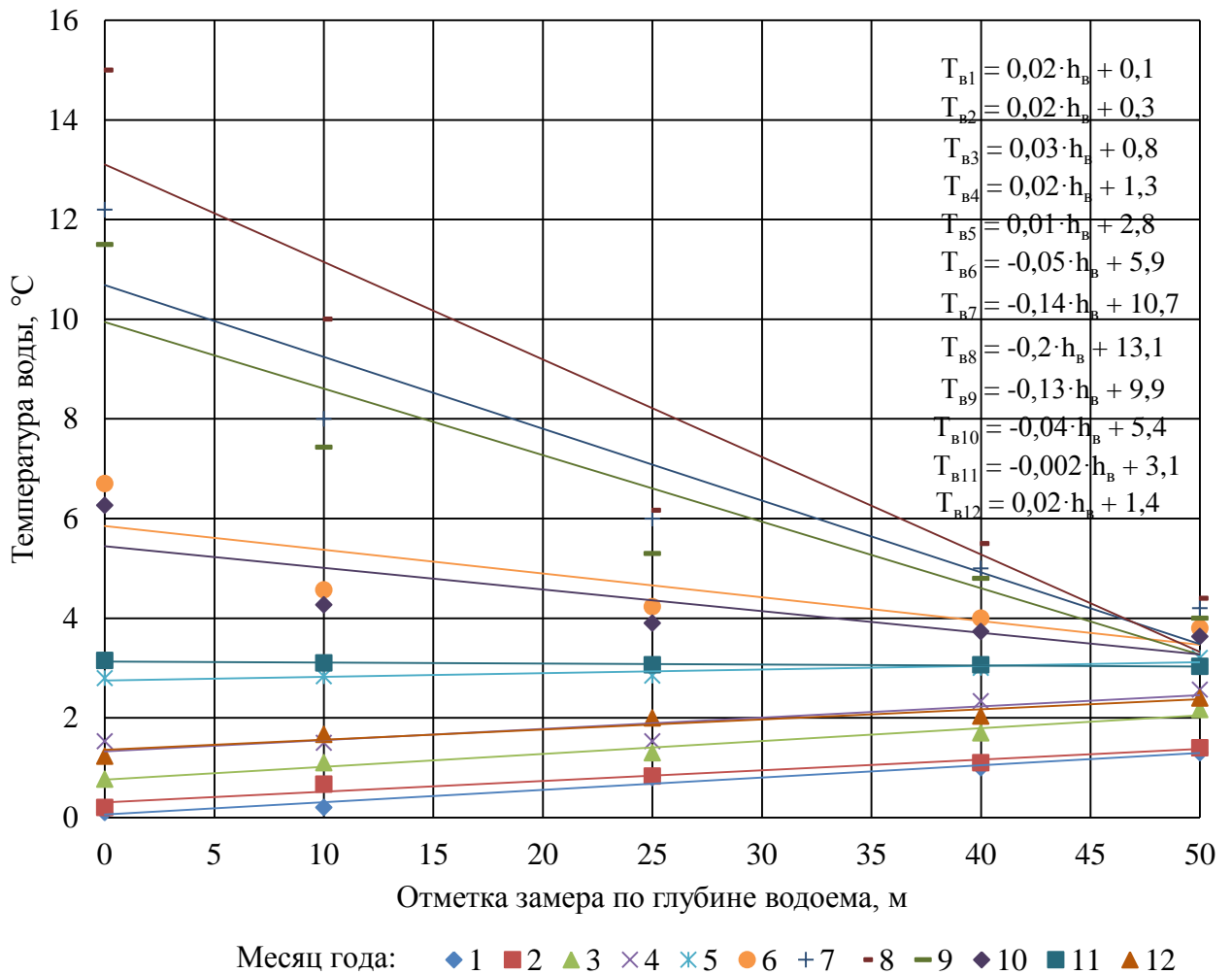


Рисунок 2.8 – Динамика средней температуры воды по глубине

Полученные уравнения (рисунок 2.8) имеют линейный характер, а их коэффициент корреляции варьируется от 0,86 до 0,96, что говорит о высокой степени достоверности. Для определения температуры воды на различной глубине с помощью полученных уравнений введем коэффициент изменения температуры воды с учетом глубины $K_{глуб}$, равный отношению температуры поверхностного слоя воды к температуре воды на глубине. Расчетные значения коэффициента представлены на рисунке 2.9.

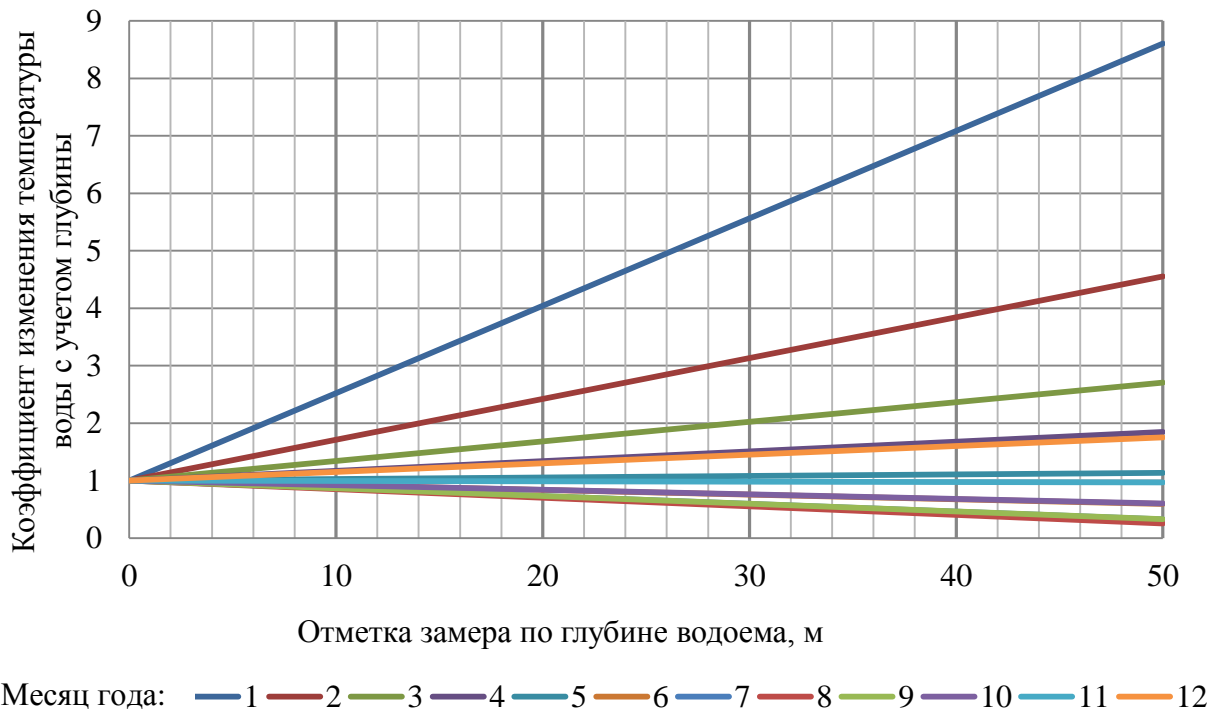


Рисунок 2.9 – Зависимость коэффициента изменения температуры воды с учетом глубины

Зависимость коэффициента от глубины также имеет линейный характер, поэтому среднее значение температуры воды в дражном разрезе с учетом ее глубины рассчитаем как среднеарифметическое значение температуры поверхностного слоя воды и температуры воды на дне (принимая при этом $K_{\text{глуб}}$ для максимальной глубины):

$$T_{\text{в}} = \frac{K_{\text{п.в}} \cdot T_{\text{о.в}} + K_{\text{глуб}} \cdot K_{\text{п.в}} \cdot T_{\text{о.в}}}{2} = K_{\text{п.в}} \cdot T_{\text{о.в}} \cdot \left(\frac{1 + K_{\text{глуб}}}{2} \right), \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (2.5)$$

Так как в процессе работы драги вода в дражном разрезе непрерывно циркулирует из-за постоянного воздействия на нее черпаковой цепи и насосов, то ее температуру по глубине всего разреза принимаем одинаковой, в результате чего формулу следует считать достоверной. Основные значения коэффициента представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Значения коэффициента изменения температуры по глубине

Глубина водоема, м	Месяц года											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,15	1,07	1,03	1,02	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1	1,02
5	1,76	1,36	1,17	1,08	1,01	0,96	0,93	0,93	0,93	0,96	1	1,08
10	2,52	1,71	1,34	1,17	1,03	0,92	0,87	0,85	0,87	0,92	0,99	1,15
15	3,28	2,07	1,51	1,25	1,04	0,88	0,8	0,78	0,8	0,88	0,99	1,23
20	4,04	2,42	1,68	1,34	1,05	0,84	0,73	0,7	0,73	0,84	0,99	1,3
25	4,8	2,78	1,85	1,42	1,07	0,8	0,66	0,63	0,66	0,8	0,98	1,38
30	5,56	3,13	2,02	1,51	1,08	0,76	0,6	0,55	0,6	0,76	0,98	1,45
35	6,32	3,49	2,19	1,59	1,09	0,72	0,53	0,48	0,53	0,72	0,98	1,53
40	7,08	3,84	2,36	1,68	1,11	0,67	0,46	0,4	0,46	0,68	0,97	1,6
45	7,84	4,2	2,53	1,76	1,12	0,63	0,39	0,33	0,4	0,64	0,97	1,68
50	8,6	4,55	2,7	1,85	1,13	0,59	0,33	0,25	0,33	0,6	0,97	1,75

2.2.3 Влияние грунтовых вод на изменение температуры воды в дражном разрезе

Для определения динамики температуры воды в дражном разрезе при поступлении грунтовых вод воспользуемся значениями, представленными на рисунках 2.6 и 2.10 [101]. Наряду с этим рассмотрим, как изменится добычной сезон, расчет продолжительности которого представлен в конце настоящей главы. В качестве примера рассмотрим месторождение, разработка которого ведется 190 дней в году.

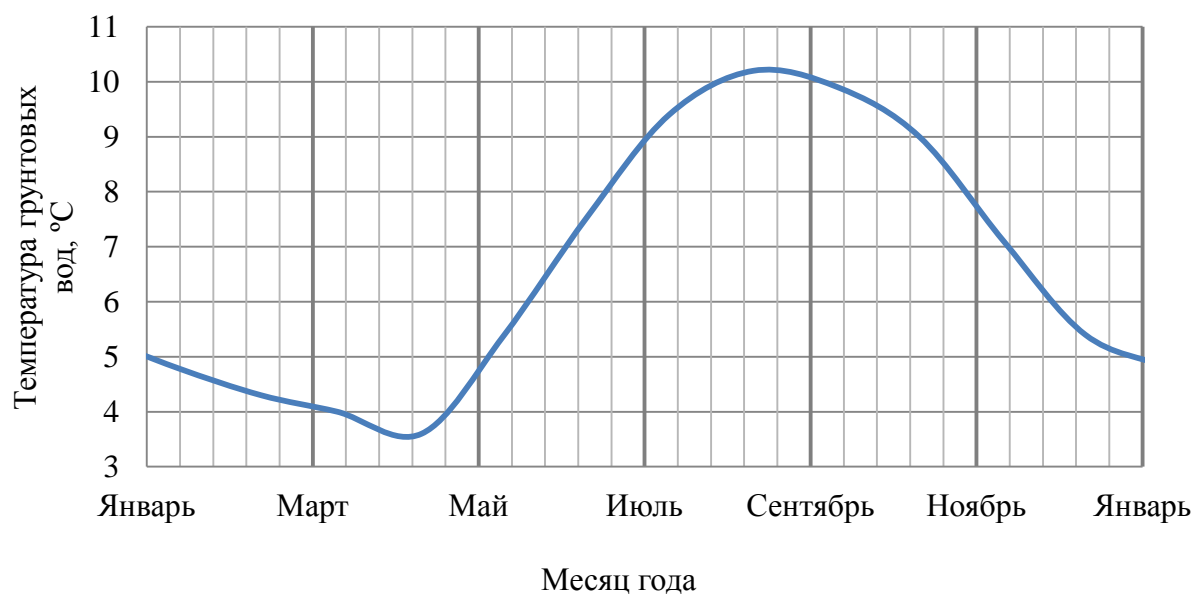


Рисунок 2.10 – Средняя динамика температуры грунтовых вод в северных широтах

Температуру воды дражного разреза с учетом грунтовых вод можно найти по формуле

$$T_{\text{в.к}} = \frac{T_{\text{г.в}} \cdot Q_{\text{г.в}} + T_{\text{в}} \cdot (V - Q_{\text{г.в}})}{V}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.6)$$

где $T_{\text{г.в}}$ – средняя температура грунтовых вод, $^\circ\text{C}$; $Q_{\text{г.в}}$ – приток грунтовых вод, $\text{м}^3/\text{ч}$; V – объем воды в дражном разрезе, м^3 .

Для примера влияния грунтовых вод на температуру воды дражного разреза рассмотрим условные разрезы объемом 7000, 25000 и 40000 м^3 , разработка которых ведется драгами с емкостью черпаков 80, 150 и 250 л соответственно. Разработка месторождений в данных условиях осуществляется при традиционной технологии дражных работ. Температура воды дражного разреза и грунтовых вод в течение года принята средней для рассматриваемого района (рисунок 2.3 и 2.10). Расчетные значения температуры воды в дражном разрезе объемом 7000 м^3 при дебите грунтовых вод 50, 100, 150 $\text{м}^3/\text{ч}$ представлены на рисунке 2.11.

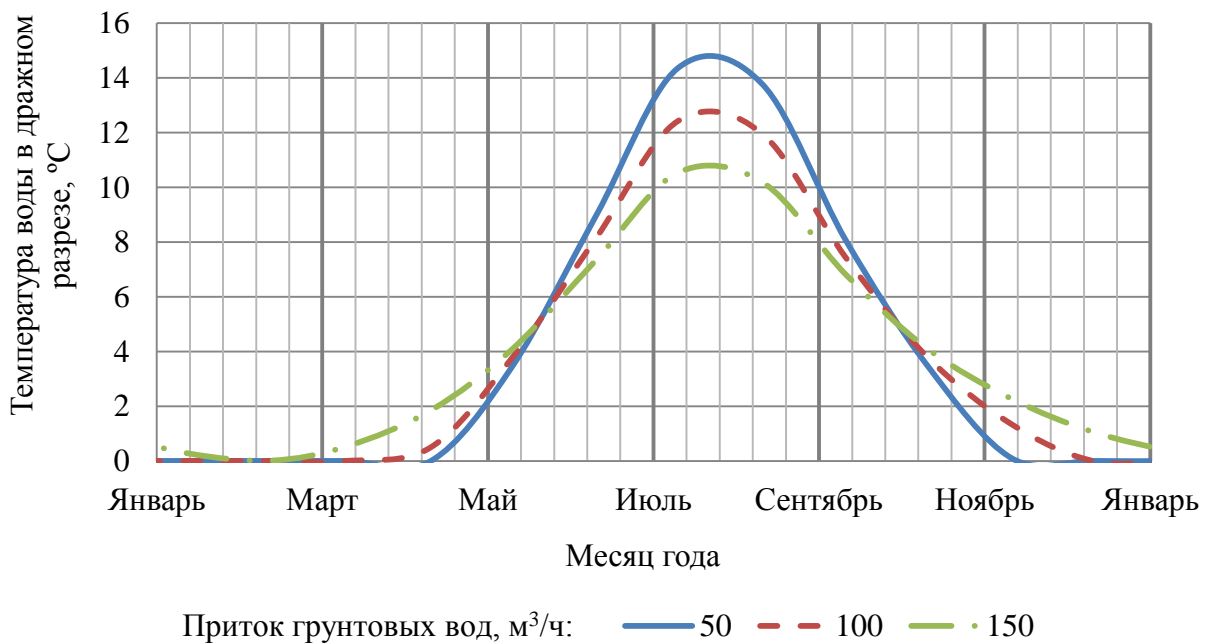


Рисунок 2.11 – Температура воды в дражном разрезе объемом 7000 м^3 при поступлении грунтовых вод

В результате расчетов выявлено, что при дебите грунтовых вод, равном $50 \text{ м}^3/\text{ч}$, продолжительность добычного сезона увеличилась на 20 дней и составила 210 дней, при дебите $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ – 250 дней, а при дебите $150 \text{ м}^3/\text{ч}$ возможна круглогодичная разработка месторождения.

Далее было определено, что для дражных разрезов с объемом воды 25000 и 40000 м^3 продолжительность добычного сезона увеличится на 20 дней при дебите грунтовых вод 160 и $330 \text{ м}^3/\text{ч}$, и на 60 дней – при дебите 350 и $590 \text{ м}^3/\text{ч}$ соответственно. Круглогодичная разработка данных разрезов возможна при дебите грунтовых вод 540 и $850 \text{ м}^3/\text{ч}$.

2.2.4 Изменение температуры воды в разрезе в зависимости от параметров грунта, вынимаемого драгой

Для исследования данного вопроса рассмотрены существующие методики расчета конвективного теплообмена [102-104]. На основе их анализа был сделан вывод, что по данным методикам проводить расчет теплообмена между грунтом и водой в дражном разрезе весьма затруднительно. Основная сложность связана с постоянно меняющимися переменными в уравнениях в результате непрерывной работы драги, изменения температуры окружающего воздуха, интенсивности инсоляции и других факторов.

Таким образом, для определения степени влияния вынимаемых драгой грунтов на температуру воды в дражном разрезе были проведены экспериментальные исследования [105, 106]. Для этого с соблюдением геометрического подобия выполнена установка в масштабе 1:1000.

Кроме геометрического подобия, необходимо соблюдать равенство критериев подобия физических параметров. Для теплового подобия характерны следующие критерии: Фруда, Нуссельта, Био, Пекле, Рейнольдса, Прандтля и другие [107, 108]. В данных условиях следует учитывать критерий Био:

$$Bi = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda}, \quad (2.7)$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·°С); l – характерный линейный размер, м; λ_a – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С).

При этом соотношение площади соприкосновения грунтов и воды (характерный линейный размер), вследствие учета геометрического масштаба в натуральных условиях и экспериментальных моделях, должно быть всегда одинаковым. Коэффициент теплопроводности также будет одинаковым в натуре и в модели, так как для эксперимента подобраны грунты с идентичными физическими свойствами.

Коэффициент теплоотдачи характеризует количество тепла, переданного от 1 м² поверхности объекта за 1 с при разности температур между объектом и средой в 1 °С. Он зависит от размера тела, количества переданной теплоты, температуры среды и объекта и в большинстве случаев определяется экспериментально. Температура грунта и воды в эксперименте приняты аналогично натурным условиям, соотношение объема воды и грунтов, как и их физические свойства, также подобраны аналогично натурным, следовательно, коэффициент теплоотдачи в модели и в натуре будет одинаковым.

Благодаря соблюдению равенства геометрического и физического подобий методику проведения эксперимента следует считать достоверной, что позволит в дальнейшем использовать результаты при определении температурного режима в изолированном пространстве дражного разреза.

В качестве моделируемого объекта принят разрез, разработка которого осуществляется драгой с емкостью черпаков 150 л. Основной частью установки является емкость с водой объемом 0,002 м³, в которую устанавливают термодатчик для определения средней температуры воды. Равномерное распределение по всему объему путем непрерывного перемешивания достигается с помощью магнитной мешалки ММ-5 (рисунок 2.12). Скорость вращения мешалки регулируется в пределах от 400 до 1200 оборотов в минуту.



Рисунок 2.12 – Мешалка магнитная MM-5

Для исключения погрешностей в измерениях установка изолирована от внешней среды материалом с низкой теплопроводностью. В качестве такого материала был выбран пенопласт. Фотографии экспериментальной установки представлены на рисунке 2.13.

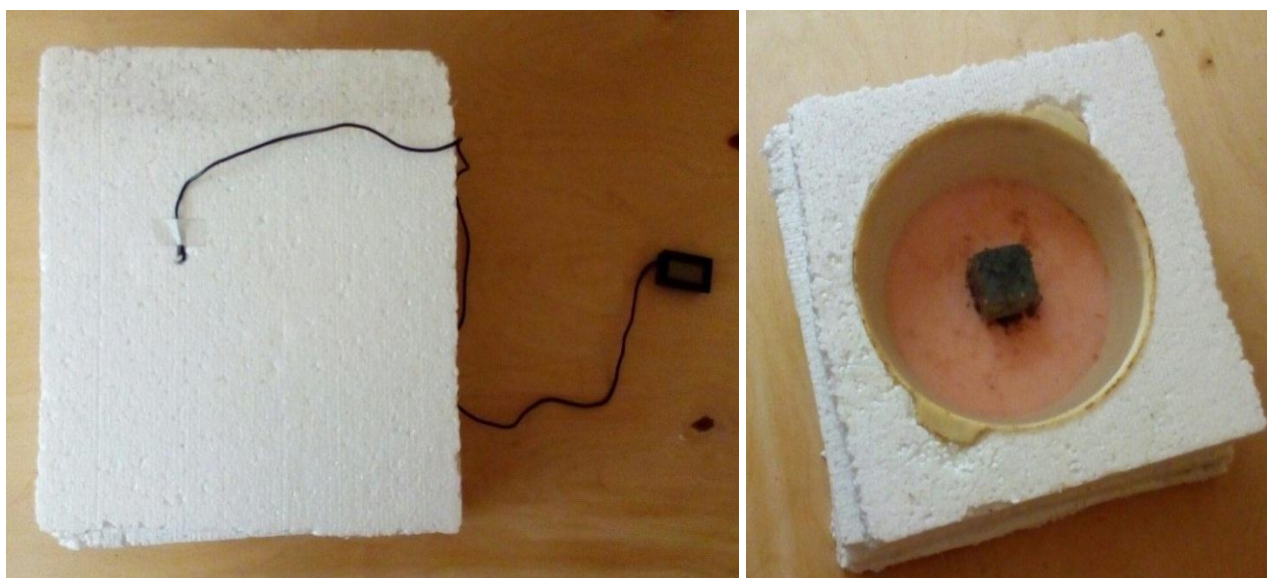


Рисунок 2.13 – Фотографии экспериментальной установки

Для более наглядного представления установки ее схема показана на рисунке 2.14.

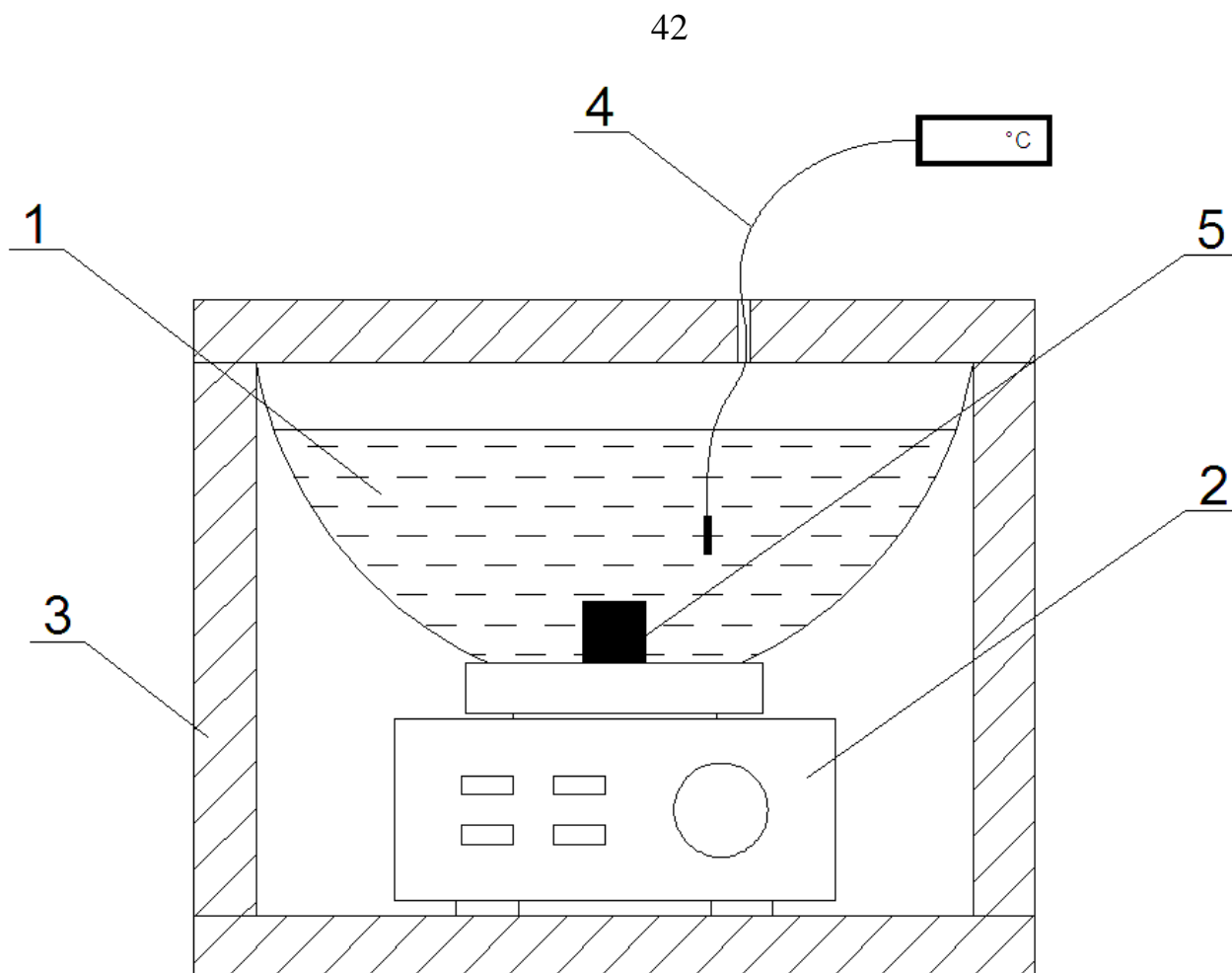
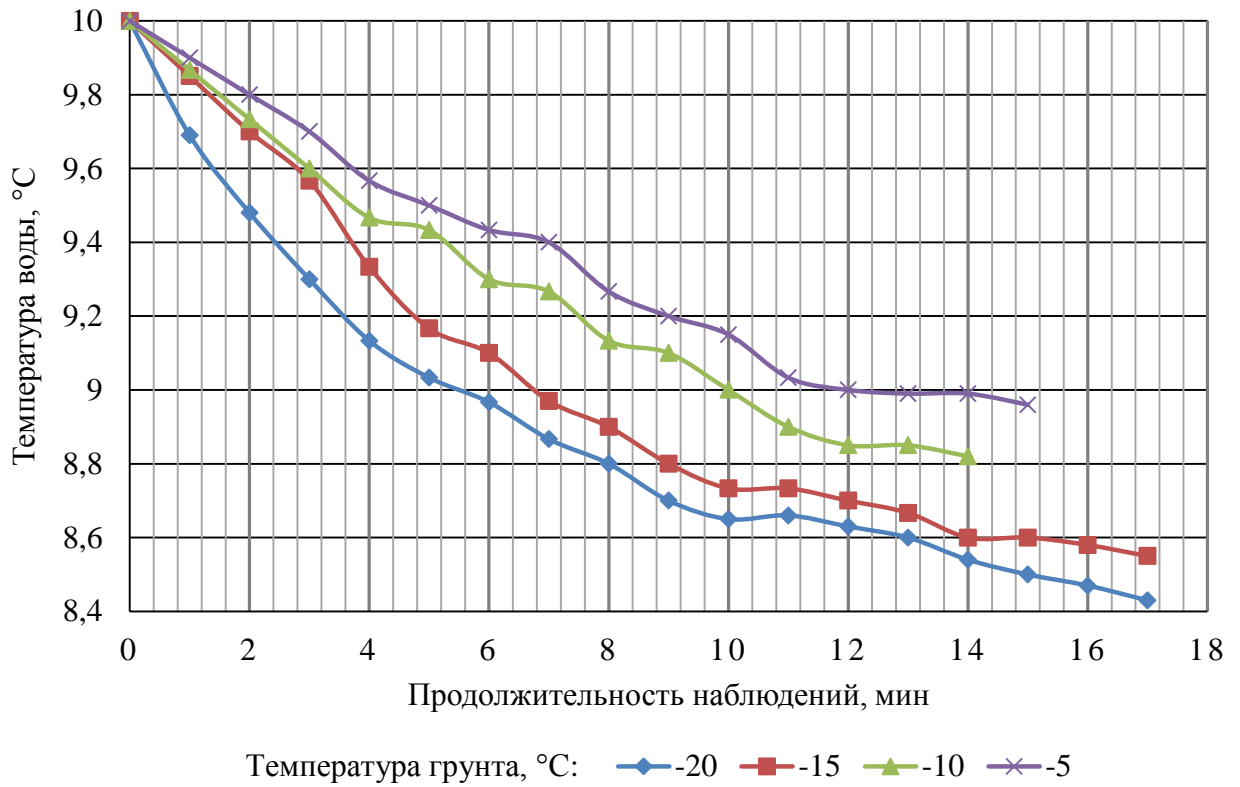


Рисунок 2.14 – Схема экспериментальной установки:

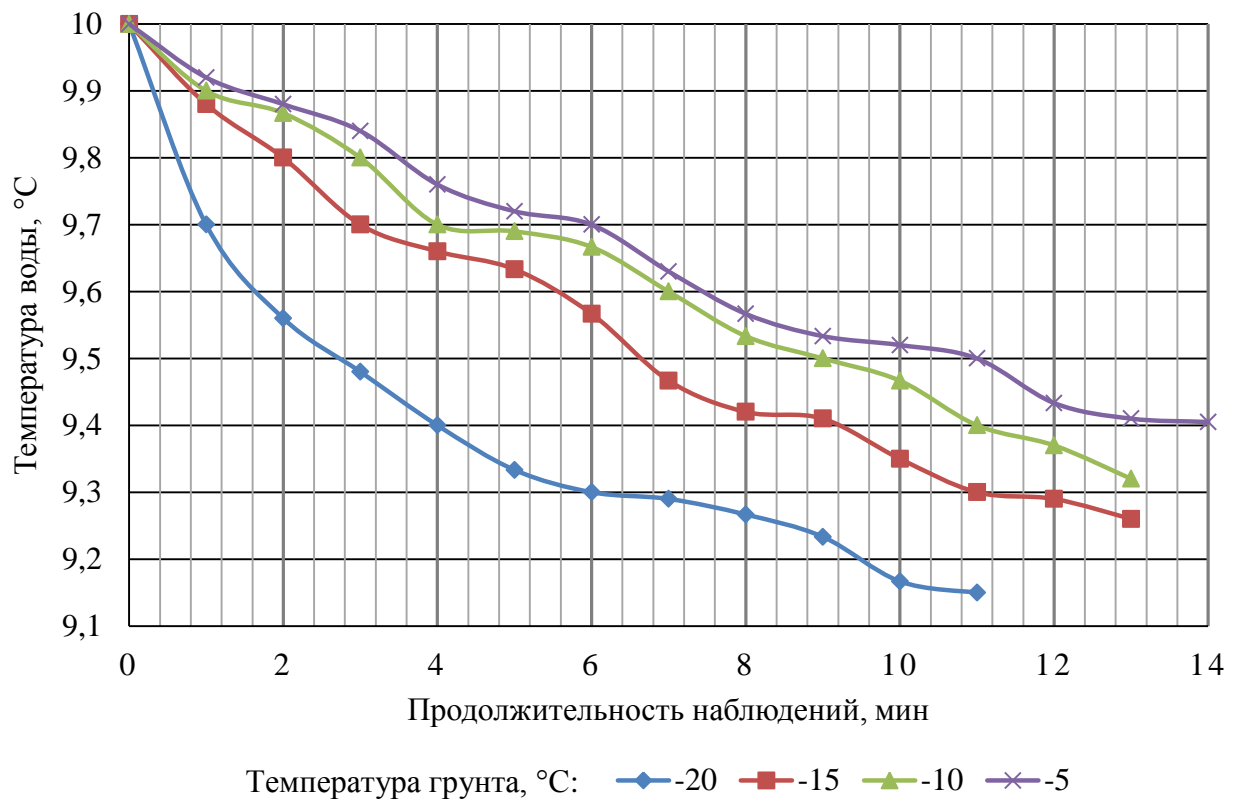
- 1 – емкость с водой; 2 – мешалка магнитная ММ-5; 3 – теплоизолирующий материал;
4 – термоматчик; 5 – образец грунта

Эксперименты проводили следующим образом. В емкость с водой помещали мерзлый грунт кубической формы и затем измеряли температуру воды в течение определенного времени. Шаг фиксации был принят равным одной минуте. Опыт заканчивали, когда температура воды переставала меняться или менялась незначительно. Затем производили замену воды и повторяли измерения с новым образцом грунта.

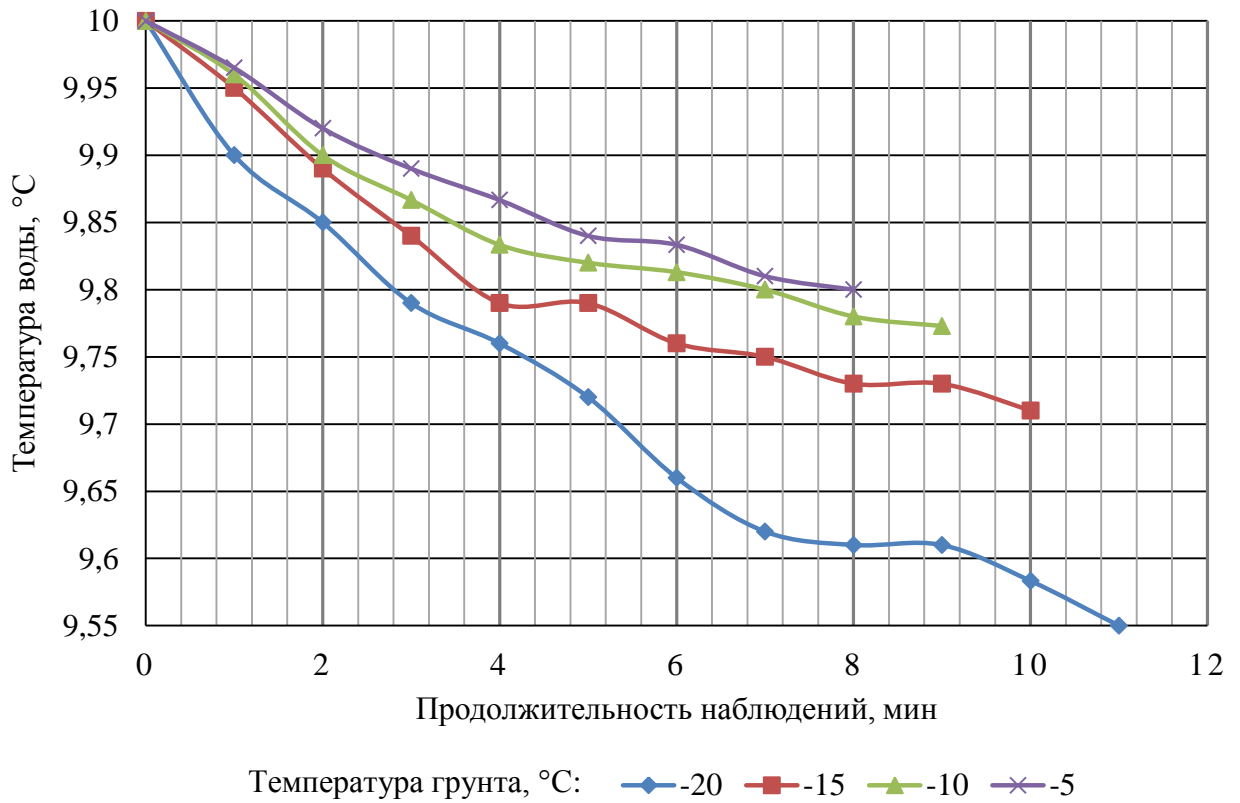
Было проведено три этапа исследований. Первый этап выполнен при начальной температуре воды 10 °С. Длина сторон образцов грунта кубической формы принята 1, 2, 3 и 4 см. Для образцов разных размеров проводили 4 серии измерений (принимая их начальную температуру -20, -15, -10, -5 °С). Полученные результаты представлены графически на рисунке 2.15.



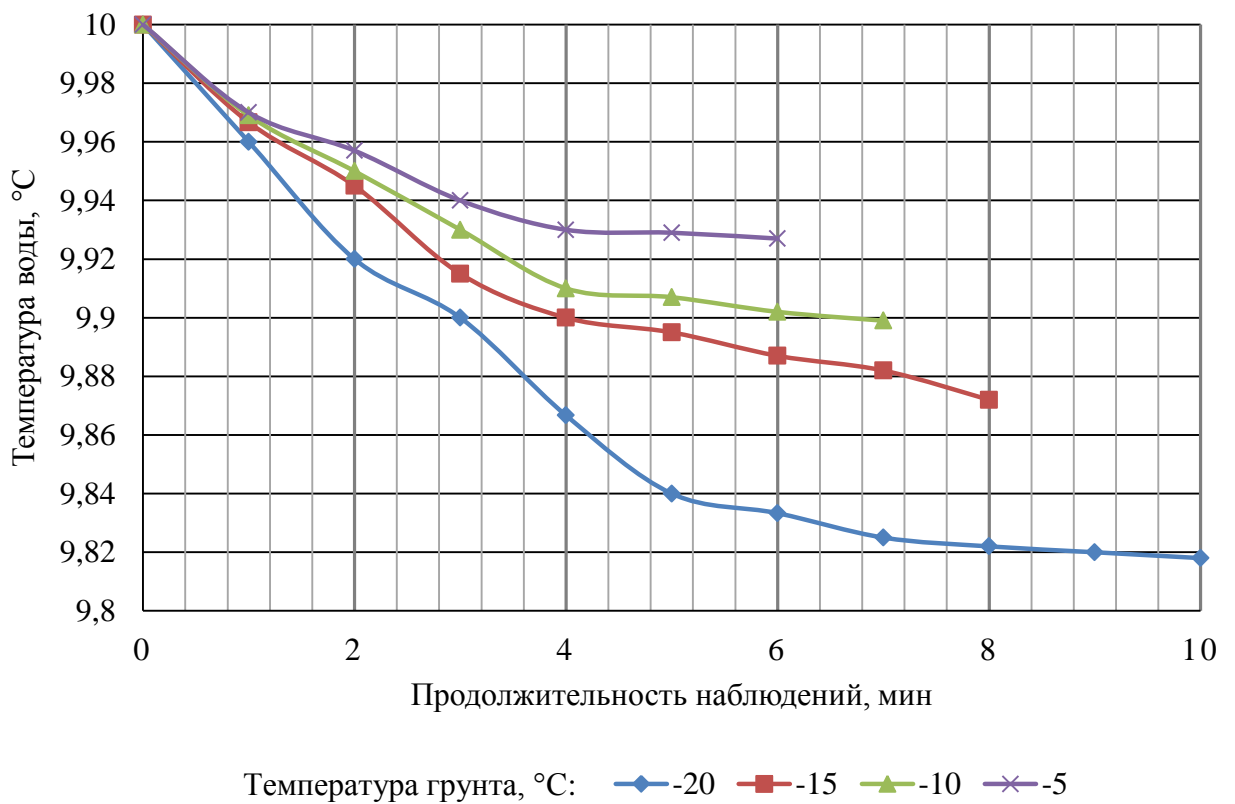
а



б



в



г

Рисунок 2.15 – Изменение температуры воды в установке в зависимости от времени измерения при наличии образцов грунта кубической формы с длиной сторон, см: а – 4, б – 3, в – 2, г – 1

Второй и третий этапы проведены аналогично, но с начальной температурой воды 7 и 4 °С соответственно.

Следующим шагом было экспериментально доказано отсутствие значительных погрешностей, возникающих вследствие влияния окружающего воздуха на воду в установке в результате разности температур. Для этого проведены дополнительные измерения без образцов грунта. Начальная температура воды была принята 10 °С, при этом температура окружающего воздуха составила 23 °С. Время фиксации динамики температуры воды в установке выбрано как наибольшее значение во всех вышеприведенных экспериментах, а именно 20 минут. Результаты измерений представлены на рисунке 2.16.

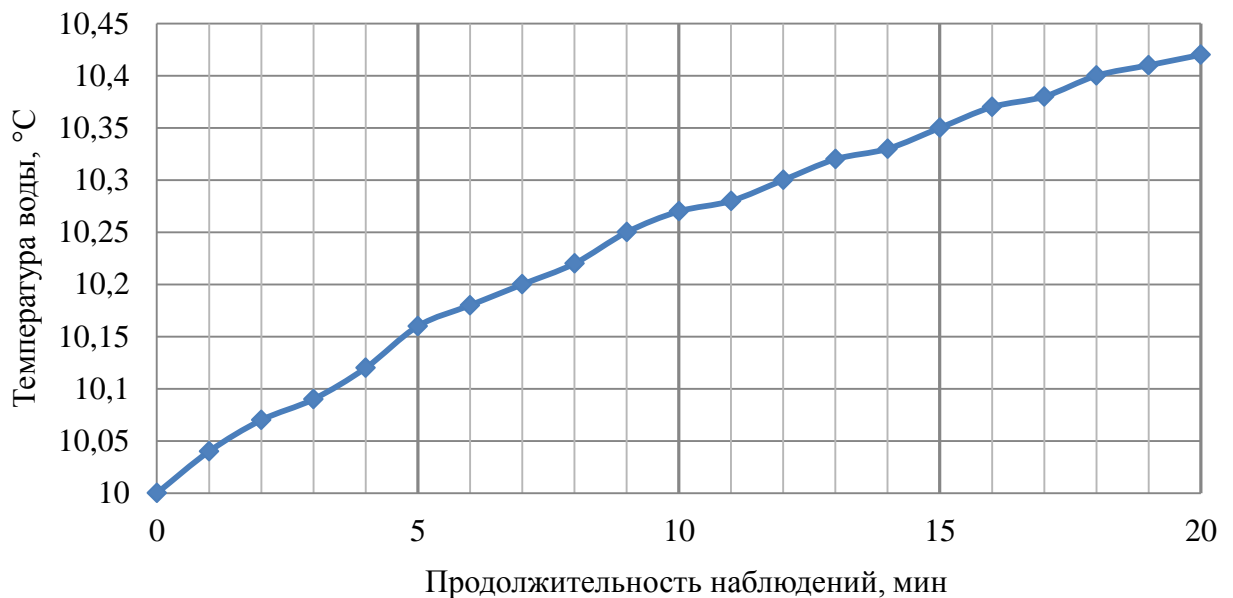


Рисунок 2.16 – Изменение температуры воды в установке

В результате установлено, что погрешность в измерениях составила 4,2%, поэтому для дальнейших расчетов ею можно пренебречь.

При статистической обработке результатов исследования в программной среде Microsoft Excel была получена формула определения температуры воды с учетом параметров вынимаемого грунта, а также результаты регрессионной статистики (таблица 2.3). Полученная формула выглядит следующим образом:

$$T_{в.г} = 0,3 + T_{в.н} - 12,1 \cdot P_{г} + 0,014 \cdot T_{г} - 0,174 \cdot t_{г}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.8)$$

где $T_{в.н}$ – начальная температура воды, $^\circ\text{C}$; $P_{г}$ – отношение объема вынимаемых грунтов к объему воды, $\text{м}^3/\text{м}^3$; $T_{г}$ – средняя температура вынимаемого грунта, $^\circ\text{C}$; $t_{г}$ – расчетное время, ч.

Таблица 2.3 – Результаты регрессионной статистики

Показатели	Значение
Множественный R	0,998
R-квадрат	0,997
Нормированный R-квадрат	0,997
Стандартная ошибка	0,137
Наблюдения	644

С помощью полученной математической модели, а также значений, представленных на рисунке 2.6, и средних значений температуры грунта определена температура воды в дражных разрезах, расположенных в северных широтах [109, 110]. Для упрощения дальнейших расчетов введем коэффициент изменения температуры воды в дражном разрезе в зависимости от параметров вынимаемого грунта $K_{г}$, равный отношению температуры воды в разрезе при выемке грунтов к исходной. Результаты представлены в таблице 2.4. При этом во всех случаях объем воды в дражном разрезе для каждого типа драги был принят исходя из средних значений для каждой из них.

Таблица 2.4 – Значения коэффициента изменения температуры воды в дражном разрезе с учетом вынимаемого грунта

Емкость черпаков, л	Месяц года											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50	0,51	0,62	0,83	0,91	0,96	0,98	0,98	0,98	0,98	0,95	0,86	0,72
80	0,54	0,69	0,85	0,91	0,96	0,98	0,99	0,98	0,98	0,95	0,89	0,76
150	0,66	0,83	0,88	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,92	0,83
250	0,71	0,9	0,94	0,97	0,99	0,99	1	1	0,99	0,99	0,95	0,85
380	0,72	0,92	0,96	0,98	0,99	0,99	1	1	1	0,99	0,97	0,89

Таким образом, в результате подробного анализа тепlopоступления от воды в дражном разрезе формула (2.4) принимает следующий вид:

$$Q_B = 1,9 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{(T_{Г.В} \cdot Q_{Г.В} + K_{П.В} \cdot T_{О.В} \cdot \left(\frac{1 + K_{Глуб}}{2} \right) \cdot (V - Q_{Г.В})) \cdot K_{Г}}{V} + 273 \right)^4 \cdot S_B \cdot t_B, \text{ Дж. (2.9)}$$

Далее рассмотрим другие факторы, влияющие на температурный режим внутри дражного ангара.

2.3 Тепlopоступление в процессе инсоляции

Значительное влияние на температурный режим в дражном ангаре будет оказывать инсоляция, оцениваемая по ряду показателей, таких как время года, географическое местоположение дражного разреза, площадь облучения и др.

Тепlopоступление в процессе инсоляции определяется из выражения

$$Q_c = 3600 \cdot \gamma \cdot \alpha_c \cdot S_{o.a} \cdot t_c, \text{ Дж, (2.10)}$$

где γ – солнечная постоянная, 1367 Вт/м² [111]; α_c – коэффициент светопропускания изолирующего материала; $S_{o.a}$ – площадь основания ангара, м²; t_c – средняя продолжительность солнечного излучения за расчетный период времени, ч.

При оценке тепlopоступления в дражный ангар в процессе инсоляции особое внимание следует уделять цвету и толщине выбираемого поликарбоната, так как от этого зависит значение коэффициента светопропускания (таблица 2.5) [112]. Предпочтение следует отдавать прозрачному материалу.

Таблица 2.5 – Коэффициент светопропускания сотового поликарбоната

Цвет поликарбоната	Толщина листа, мм				
	4	6	8	10	12
прозрачный	0,82	0,75	0,75	0,75	0,7
опал	0,6	0,6	0,6	0,55	0,46
бронзовый	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Продолжительность солнечного излучения зависит от времени года, географической широты и других факторов. По данным наблюдений гидрометеостанций изменение продолжительности солнечного излучения в течение месяца в северных широтах представлено на рисунке 2.17.

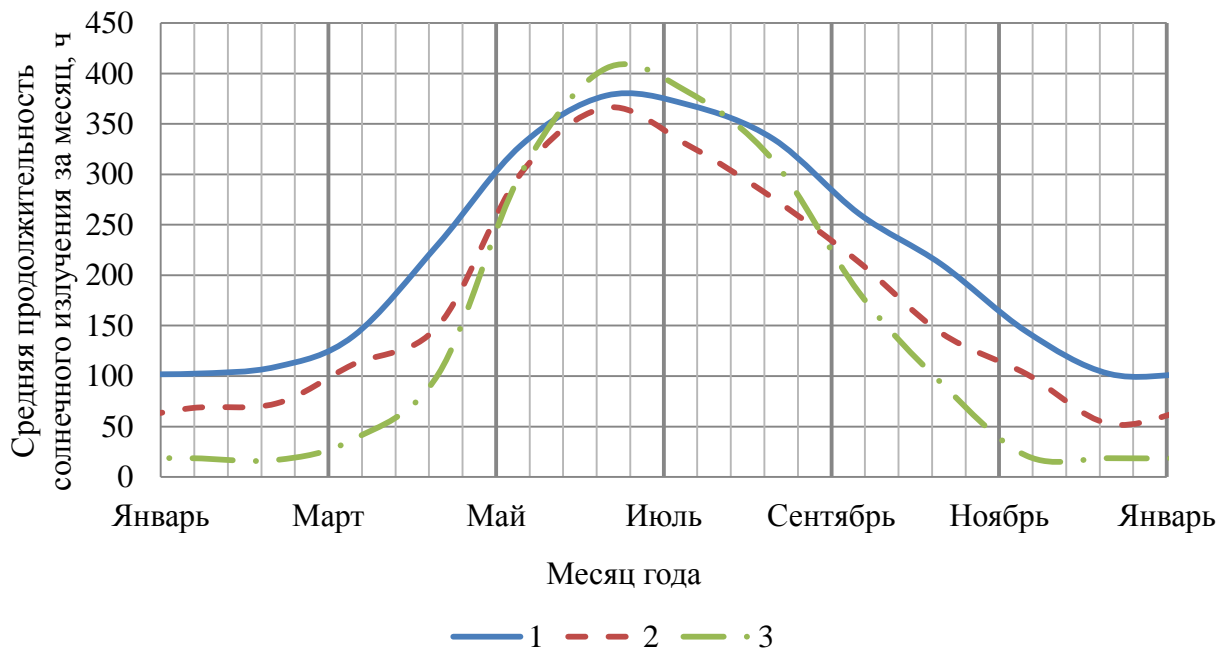


Рисунок 2.17 – Продолжительность солнечного излучения в течение года:

1 – 53° с. ш. (Ангарск); 2 – 57° с. ш. (Нерюнгри); 3 – 60° с. ш. (Северо-Енисейский)

2.4 Тепловыделение при технологических процессах

Внутри дражного ангара на температурный режим влияет также тепловыделение при технологических процессах, а именно от работы двигателей, осветительных приборов, отопительных агрегатов и рабочего персонала драги.

2.4.1 Тепловыделение при работе двигателей драги

В процессе работы двигателей наряду с механической энергией выделяется и тепловая. Она зависит от мощности двигателя и его КПД и определяется выражением

$$Q_{\text{дв}} = A_{\text{дв}} - A_{\text{мех}}, \text{ Дж}, \quad (2.11)$$

$$A_{\text{дв}} = 3600 \cdot P_{\text{дв}} \cdot t_{\text{др}}, \text{ Дж}, \quad (2.12)$$

$$A_{\text{мех}} = \eta \cdot A_{\text{дв}}, \text{ Дж}, \quad (2.13)$$

где $A_{\text{дв}}$ – полная работа двигателей драги, Дж; $A_{\text{мех}}$ – механическая работа двигателей драги, Дж; $P_{\text{дв}}$ – суммарная мощность электродвигателей драги, Вт; $t_{\text{др}}$ – чистое время работы драги, ч; η – средний КПД двигателей драги.

Подставив уравнения (2.12) и (2.13) в (2.11), получаем следующую формулу:

$$Q_{\text{дв}} = 3600 \cdot P_{\text{дв}} \cdot (1 - \eta) \cdot t_{\text{др}}, \text{ Дж}. \quad (2.14)$$

При этом для расчета тепловой энергии принимаем суммарную мощность только постоянно работающих электродвигателей драги: пятимашинного агрегата (гонный двигатель, разгонный двигатель, генератор привода черпаковой цепи, генератор привода лебедки носовых канатов, возбуждатель), привода черпаковой цепи, носовых маневровых лебедок, главного конвейера, бочки, насоса-бочки, насоса шлюзов и отсадочных машин. Суммарная мощность электродвигателей драг в зависимости от их типоразмеров представлена на рисунке 2.18.

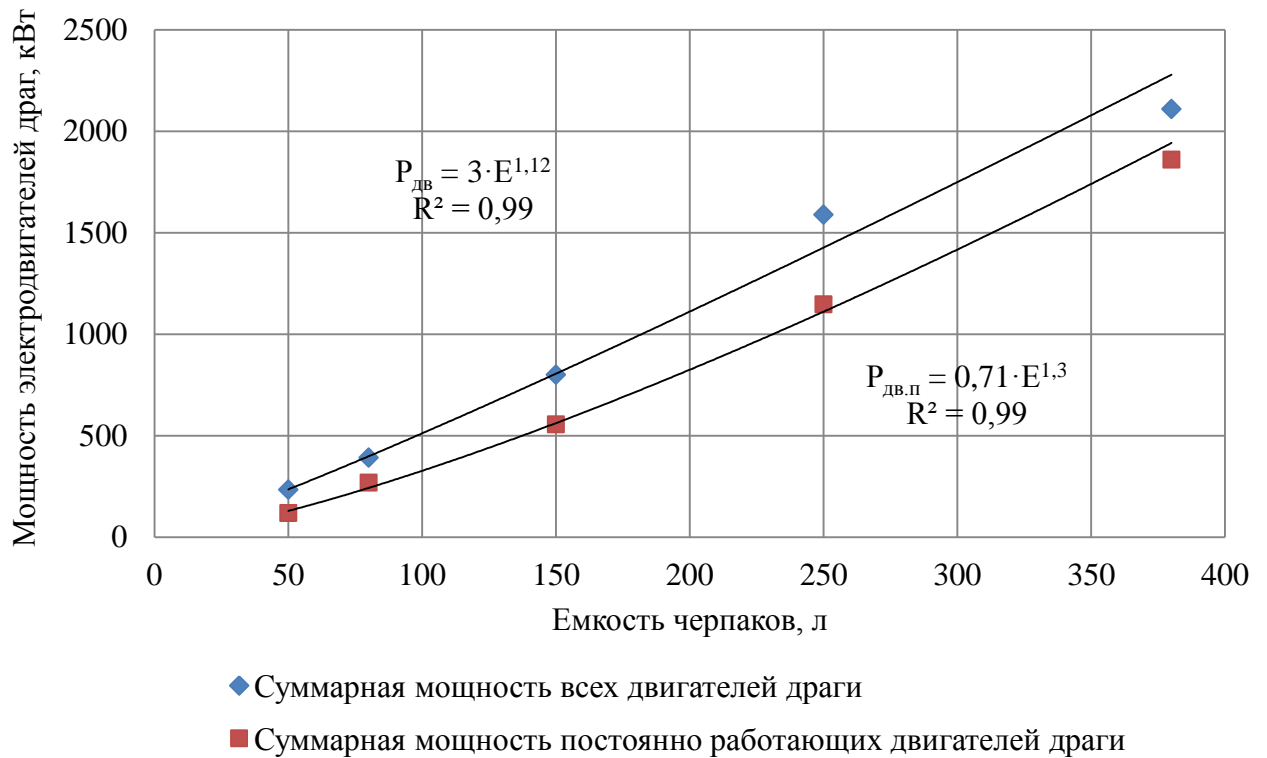


Рисунок 2.18 – Зависимость суммарной мощности электродвигателей от типа драги

Таким образом, формула (2.14) принимает следующий вид:

$$Q_{дв} = 2556 \cdot E^{1,3} \cdot (1 - \eta) \cdot t_{др}, \text{ Дж.} \quad (2.15)$$

2.4.2 Тепловыделение от осветительных приборов

Выделение тепловой энергии от ламп накаливания определяет выражение

$$Q_{осв} = 3600 \cdot P_{осв} \cdot k_{пер} \cdot t_{осв}, \text{ Дж,} \quad (2.16)$$

где $P_{осв}$ – суммарная мощность осветительных приборов, Вт; $k_{пер}$ – коэффициент перехода электрической энергии в тепловую; $t_{осв}$ – продолжительность работы осветительных приборов, ч.

Коэффициент перехода электрической энергии в тепловую зависит от типа ламп и может изменяться в широких пределах.

Значения мощности осветительных приборов для разных типов драг приведены на рисунке 2.19.

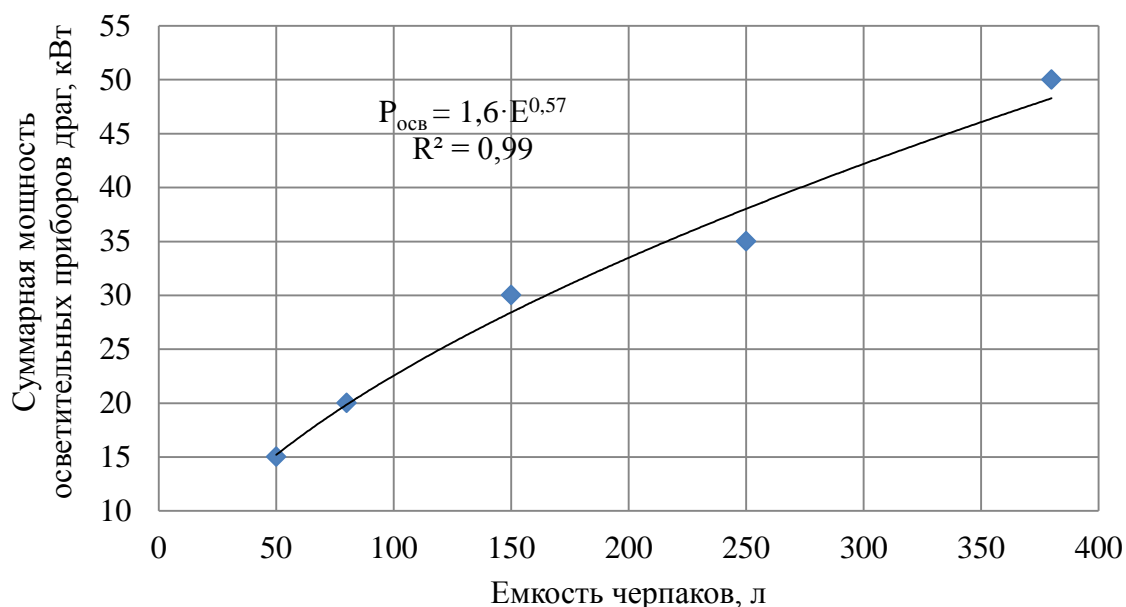


Рисунок 2.19 – Суммарная мощность осветительных приборов в зависимости от типа драги

Подставим уравнение, представленное на рисунке выше, в формулу (2.16) и получим следующее выражение:

$$Q_{\text{осв}} = 5760 \cdot E^{0,57} \cdot k_{\text{пер}} \cdot t_{\text{осв}}, \text{ Дж.} \quad (2.17)$$

Продолжительность работы осветительных приборов напрямую зависит от времени естественного освещения (рисунок 2.17). Принимаем ее равной разнице между полным расчетным периодом (в данном случае месяц) и продолжительностью солнечного освещения за этот период. Полученные значения для рассматриваемого района представлены на следующем графике (рисунок 2.20).

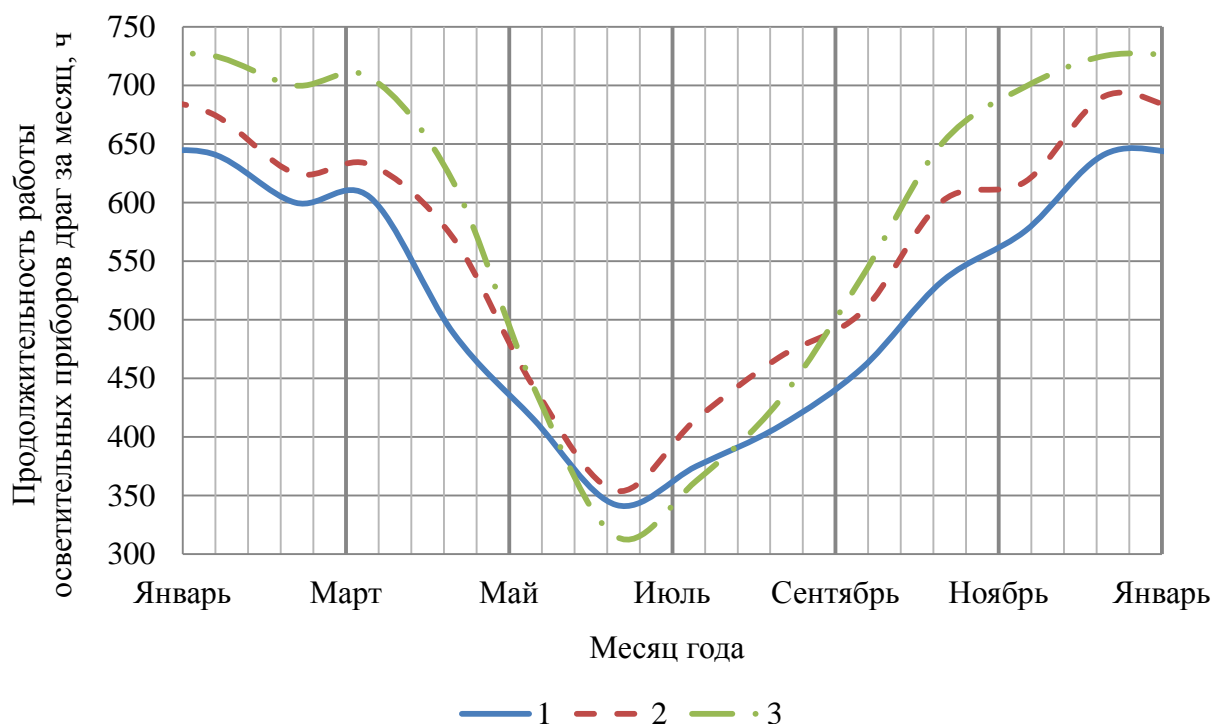


Рисунок 2.20 – Продолжительность работы осветительных приборов в течение года:
 1 – 53° с. ш. (Ангарск); 2 – 57° с. ш. (Нерюнгри); 3 – 60° с. ш. (Северо-Енисейский)

2.4.3 Тепловыделение от отопительных агрегатов

Отопление драг осуществляется паровой и электронагревательной системами. Они могут использоваться как совместно, так и независимо друг от друга. Количество тепла, выделяемого при работе отопительных агрегатов, определяется выражением

$$Q_{от} = 3600 \cdot P_{от} \cdot t_{от}, \text{ Дж}, \quad (2.18)$$

где $P_{от}$ – суммарная мощность отопительных агрегатов, Вт; $t_{от}$ – продолжительность работы отопительных агрегатов, ч.

Суммарная мощность отопительных агрегатов варьируется в больших пределах в зависимости от типа драги и ее оснащённости ими.

2.4.4 Тепловыделение от рабочего персонала драги

Суммарное тепловыделение от персонала, работающего на драге, зависит от продолжительности и интенсивности работы и находится следующим образом:

$$Q_q = 3600 \cdot P_q \cdot N_q \cdot t_q, \text{ Дж}, \quad (2.19)$$

где P_q – среднее тепловыделение одного человека, Вт; N_q – количество человек, работающих на драге; t_q – продолжительность работы персонала, ч.

Тело взрослого человека в состоянии покоя выделяет в среднем 100 Вт. При легкой физической работе это значение увеличивается до 150 Вт, а во время интенсивных нагрузок может достигать и 300 Вт [113]. Для рассматриваемых условий тепловыделение от одного рабочего следует принимать соответствующим 150 Вт.

2.5 Удельный вес влияния источников тепловыделения на температурный режим в изолированном пространстве дражного разреза

По вышеприведенным формулам было определено влияние каждого источника тепловыделения на изменение температуры воздуха в дражном ангаре. Расчеты проводили для драг с емкостью черпаков 50, 80, 150, 250 и 380 л, работающих в условиях Крайнего Севера. Рассматривали период с установившейся отрицательной температурой окружающего воздуха. Результаты расчетов представлены на графике (рисунок 2.21), который показывает максимальный и минимальный удельный вес тепlopоступлений разных источников в дражный ангар в течение расчетного периода. При этом на любой момент времени суммарное тепловыделение всех источников составляет 100%.

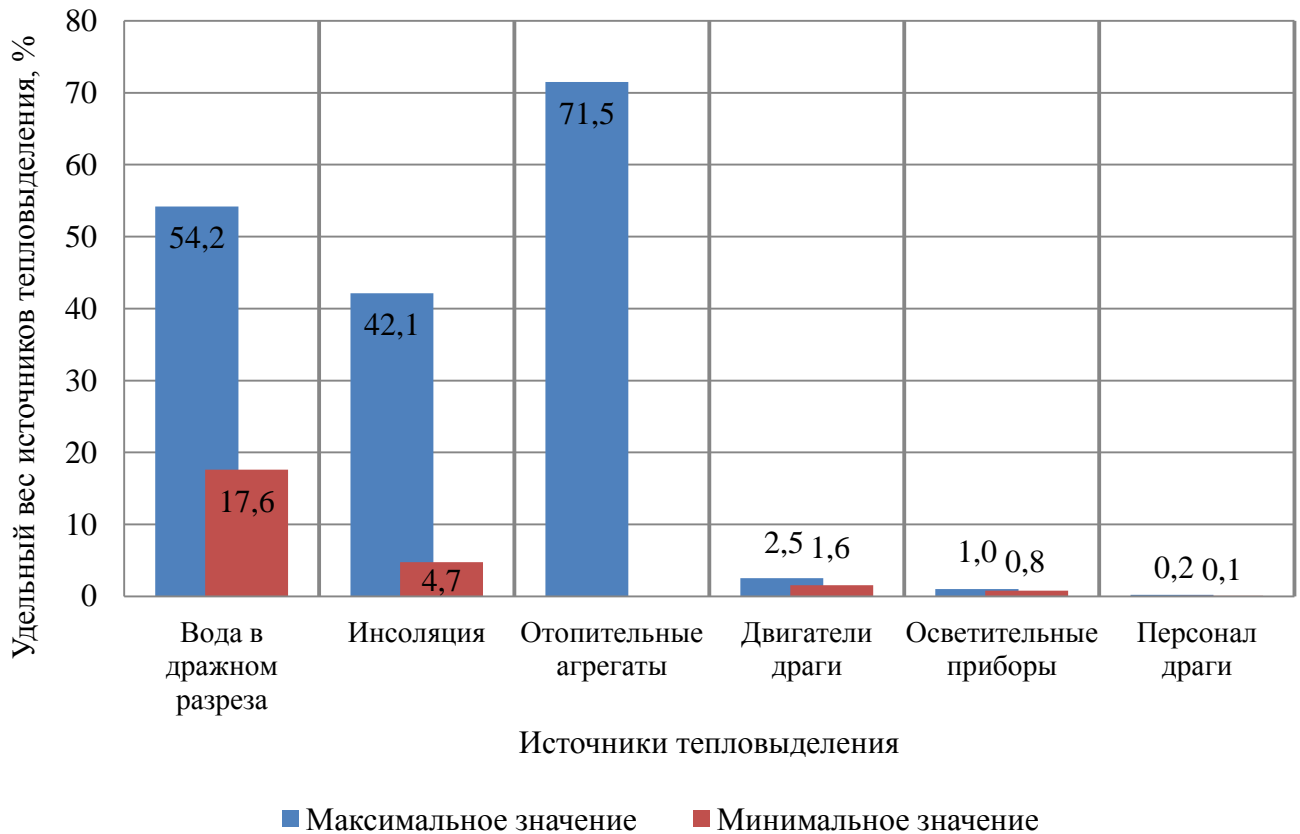


Рисунок 2.21 – Теплопоступления в дражный ангар от разных источников

Выполненными расчетами установлено, что такие источники тепловыделения, как двигатели, осветительные приборы, а также рабочий персонал драги, в совокупности составляют менее 3,7%, поэтому в дальнейших расчетах этими источниками можно пренебречь.

2.6 Потери тепловой энергии

Наряду с теплопоступлениями следует также учитывать и потери энергии. Потери через стенки ангара определяются по формуле Фурье:

$$Q_{\Pi} = -3600 \cdot \lambda_a \cdot \frac{T_{o.в} - T_a}{h_a} \cdot S_a \cdot t_{\Pi}, \text{ Дж}, \quad (2.20)$$

где λ_a – коэффициент теплопроводности изолирующего материала, Вт/(м·°С); h_a – толщина изолирующего материала, м; $T_{o.B}$ – температура окружающего воздуха, °С; T_a – температура воздуха в дражном ангаре, °С; S_a – площадь поверхности ангара, м²; t_{Π} – расчетная продолжительность тепловыделения, ч.

Коэффициент теплопроводности сотового поликарбоната составляет 0,21 Вт/(м·°С).

Потери тепловой энергии будут происходить также и через возможные зазоры. Для дальнейших расчетов введем коэффициент тепловых потерь через зазоры K_{Π} , который принимаем равным 0,9 для всех типов ангаров. В результате формула теплового баланса в дражном ангаре будет выглядеть следующим образом:

$$K_{\Pi} \cdot \left[\frac{\left((T_{Г.В} \cdot Q_{Г.В} + K_{П.В} \cdot T_{o.B} \cdot \left(\frac{1 + K_{Глуб}}{2} \right) \cdot (V - Q_{Г.В}) \right) \cdot K_{Г}}{V} + 273 \right)^4 \cdot 5,4 \cdot 10^{-8} \cdot \right. \quad (2.21)$$

$$\left. \cdot S_B \cdot t_B + \gamma \cdot \alpha_c \cdot S_{o.a} \cdot t_c + P_{от} \cdot t_{от} \right] = -\lambda_a \cdot \frac{T_{o.B} - T_a}{h_a} \cdot S_a \cdot t_{\Pi}.$$

Далее из формулы (2.21) выразим температуру воздуха в дражном ангаре и получим конечную математическую модель:

$$T_a = \frac{0,9 \cdot h_a \cdot \left[5,4 \cdot 10^{-8} \cdot \left(\frac{\left((T_{Г.В} \cdot Q_{Г.В} + K_{П.В} \cdot T_{o.B} \cdot \left(\frac{1 + K_{Глуб}}{2} \right) \cdot (V - Q_{Г.В}) \right) \cdot K_{Г}}{V} + 273 \right)^4 \cdot \right. \quad (2.22)$$

$$\left. \left. \cdot S_B \cdot t_B + \gamma \cdot \alpha_c \cdot S_{o.a} \cdot t_c + P_{от} \cdot t_{от} \right] + T_{o.B}}{\lambda_a \cdot S_a \cdot t_{\Pi}}, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

2.7 Определение достоверности математической модели

Для определения достоверности теоретических расчетов, а также для визуализации движения температурных полей внутри ангара был проведен эксперимент [114, 115]. Фотография выполненной экспериментальной установки представлена на рисунке 2.22.



Рисунок 2.22 – Экспериментальная установка

На рисунке 2.23 представлена схема установки для более наглядной демонстрации ее элементов.

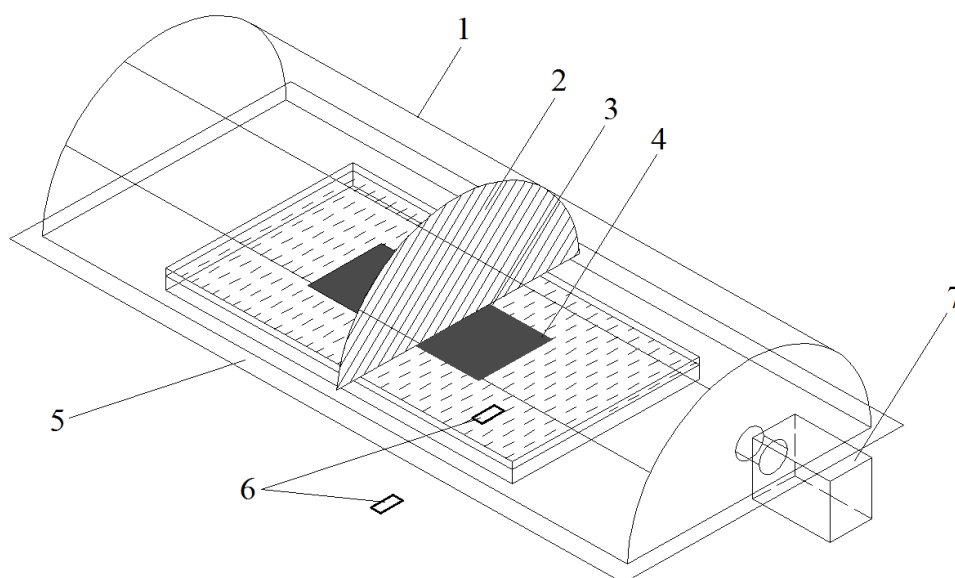


Рисунок 2.23 – Схема экспериментальной установки:

1 – поликарбонат; 2 – экран из фольги; 3 – модель драги; 4 – емкость с водой; 5 – основание;
6 – термодатчики; 7 – инфракрасная камера

Установка выполнена для условий 250 литровой драги. При моделировании соблюдено геометрическое подобие элементов в системах натурального и модельного образца. Масштаб выбран 1:100, размеры установки при этом составили: максимальная высота – 270 мм, ширина основания – 520 мм, длина – 1250 мм.

Помимо геометрического подобия, необходимо соблюдать равенство критериев теплового подобия. Для данного эксперимента следует учитывать критерий Нуссельта. Данный критерий идентичен вышеописанному критерию Био (2.7), однако в критерии Нуссельта коэффициент теплопроводности дан для текучей среды, а не для твердого тела.

Стенки ангара, как в модели, так и в натуре, выполнены из сотового поликарбоната толщиной 8 мм (характерный линейный размер), коэффициент светопропускания которого составляет 0,92. Температура, при которой происходят исследования, аналогична температуре натуральных условий. Таким образом, соблюдается равенство всех физических параметров, таких как коэффициент теплопроводности, коэффициент теплоотдачи, характерный линейный размер.

Ангар устанавливают на твердое основание, все зазоры тщательно герметизируют. С торцевой части выполняют отверстие для установки инфракрасной камеры модели IR928+ (рисунок 2.24). Камера предназначена для съемки распределения температурных полей, а также для последующего определения средней температуры воздуха внутри дражного ангара. Основными характеристиками камеры являются диапазон измерения температуры от -20 до 500 °С и погрешность ± 2 °С.



Рисунок 2.24 – Инфракрасная камера IR928+

В центральной части ангара устанавливают экран из фольги для возможности фиксации распределения температурных полей. Под экраном размещают емкость с водой объемом $0,01$ м³. В емкость, а также снаружи конструкции устанавливают термодатчики, позволяющие производить замеры температуры воды и окружающего воздуха.

Эксперимент проводили в пять этапов – при температуре окружающего воздуха -11 , -9 , -7 , -5 , -3 °С. В ходе каждого этапа в ангар устанавливали емкость с водой. Температура воды, при которой начинали производить фиксацию температурных полей, принята равной 20 °С. Далее съемку вели при температуре воды 18 , 16 , 14 и 12 °С. При этом для устранения погрешностей в измерениях начальную температуру воды принимали на 5 °С выше, чем требовалось в эксперименте, чтобы на начало замеров температура воздуха в установке распределилась естественным образом.

Для визуализации снимков инфракрасной камеры использовалось программное обеспечение Guide IrAnalyser. Пример распределения температурных полей в экспериментальной установке представлен на рисунке 2.25.

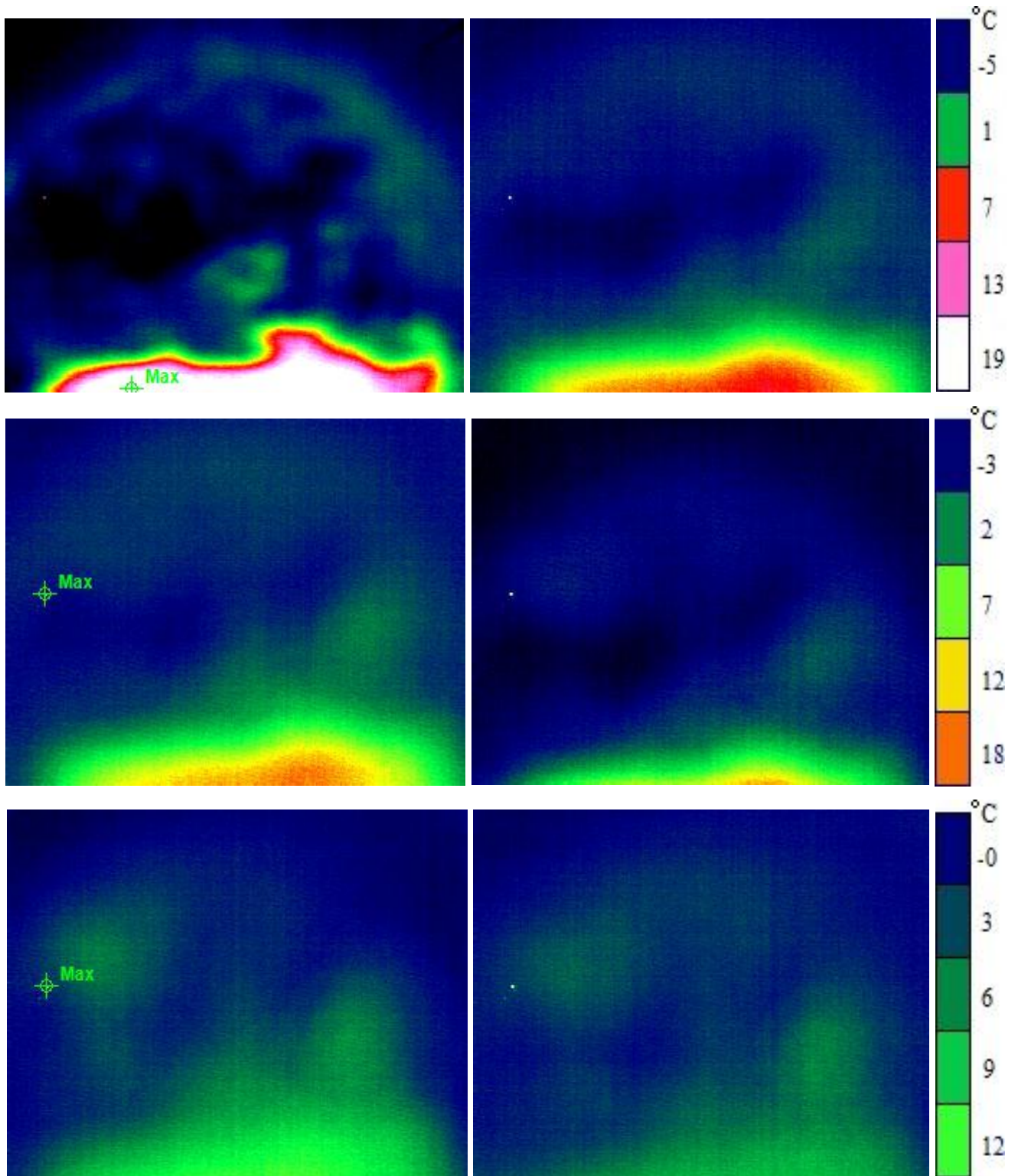


Рисунок 2.25 – Пример распределения температурных полей в дражном ангаре

Для определения средней температуры в ангаре в программной среде Guide IrAnalyser полученные снимки разбиваются изотермами, ограничивающими поля с одинаковой температурой (рисунок 2.26).

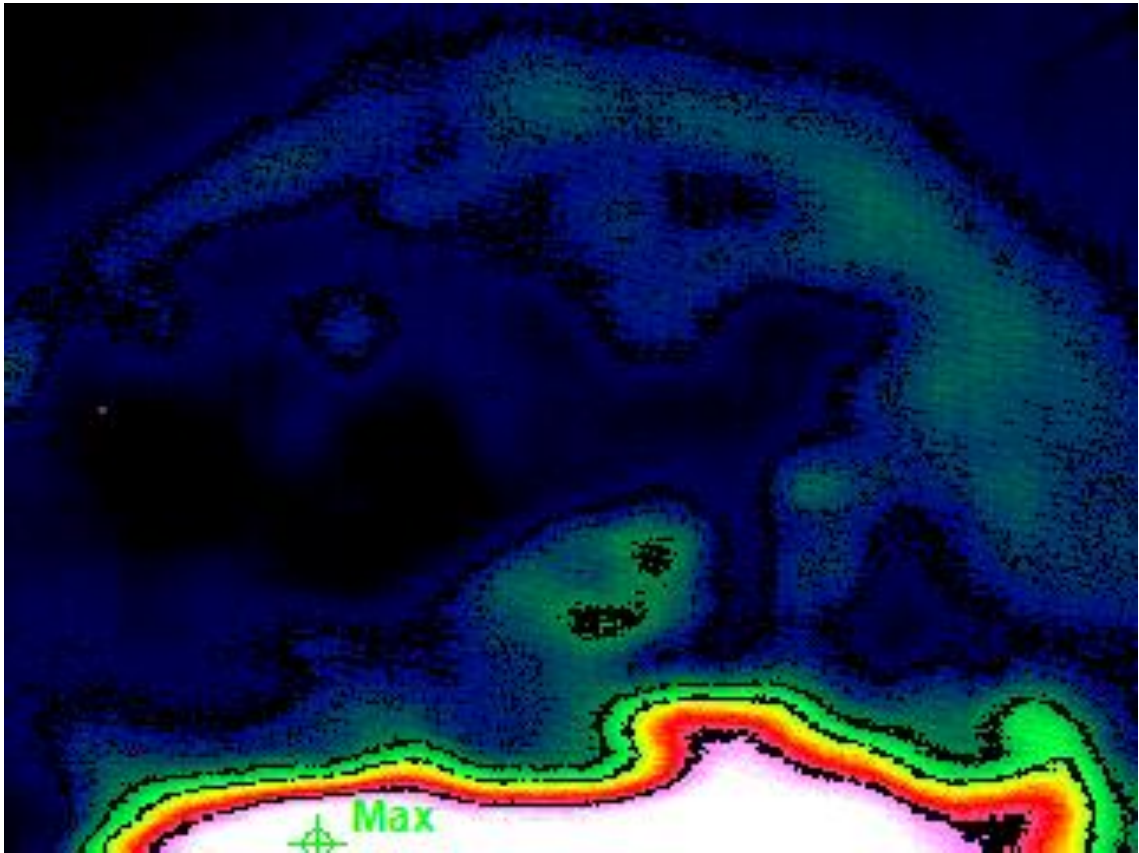


Рисунок 2.26 – Температурные поля, разделенные изотермами

Далее снимки с нанесенными на них изотермами экспортируются в программную среду AutoCAD. С помощью данного программного обеспечения определяются площади температурных полей. По полученным данным рассчитываем средневзвешенную температуру воздуха в ангаре по формуле

$$T_a = \frac{T_1 \cdot S_1 + \dots + T_n \cdot S_n}{S}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.23)$$

где T_i – средняя температура i -го поля, $^\circ\text{C}$; S_i – площадь i -го поля, cm^2 ; S – суммарная площадь рассматриваемых полей, cm^2 .

Результаты расчета средней температуры воздуха в дражном ангаре в зависимости от температуры воды и окружающего воздуха представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Средняя температура воздуха в дражном ангаре

№	$T_{o.в}$					
	T_B	-11	-9	-7	-5	-3
1	20	-7,92	-5,3	-1,98	3,92	8,08
2	18	-8,03	-5,44	-2,2	3,2	7,44
3	16	-8,1	-5,51	-2,44	2,8	7
4	14	-8,15	-5,58	-2,61	2,58	6,37
5	12	-8,18	-5,7	-2,81	2,35	6,02

С помощью полученных результатов были найдены уравнения вышеупомянутых зависимостей. Для этого в программной среде Microsoft Excel построены графики, представленные на рисунке 2.27.

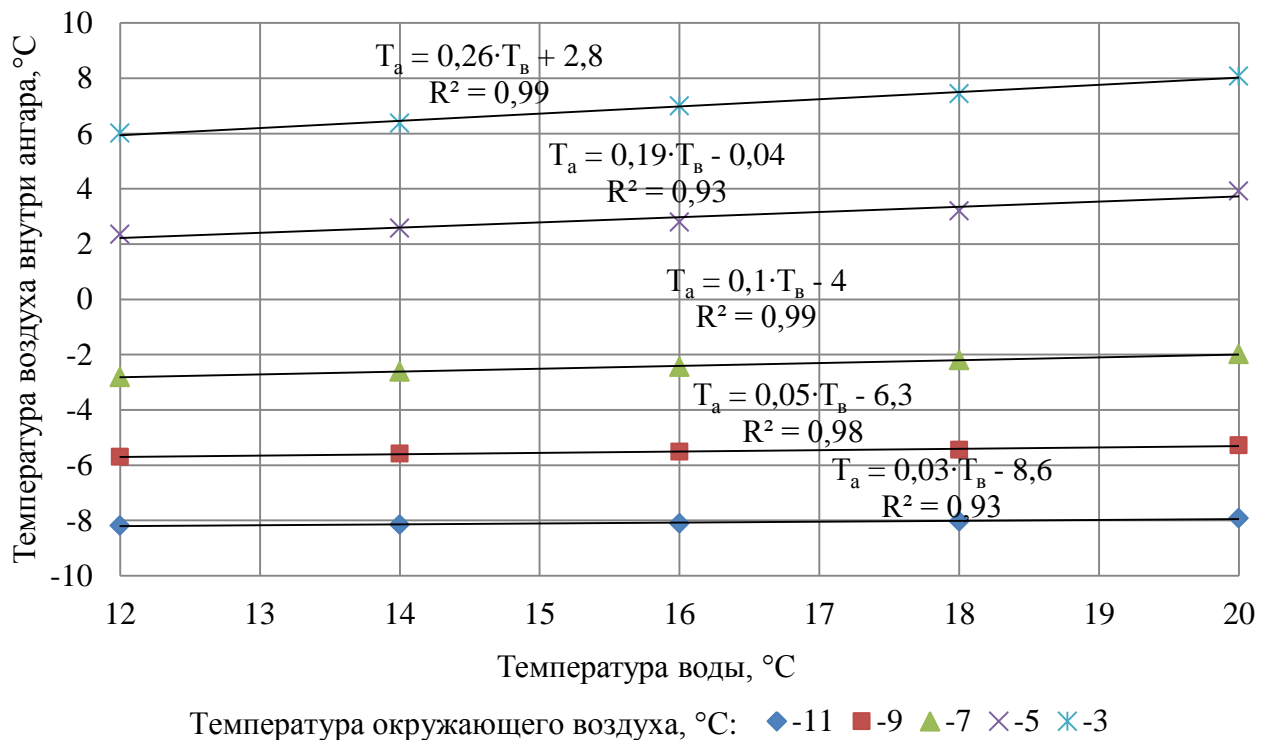


Рисунок 2.27 – Динамика температуры воздуха в ангаре

Уравнения, представленные на рисунке 2.27, имеют линейный вид:

$$T_a = a \cdot T_b + b, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.24)$$

где a и b – эмпирические коэффициенты.

Значения эмпирических коэффициентов a и b показаны на рисунке 2.28.

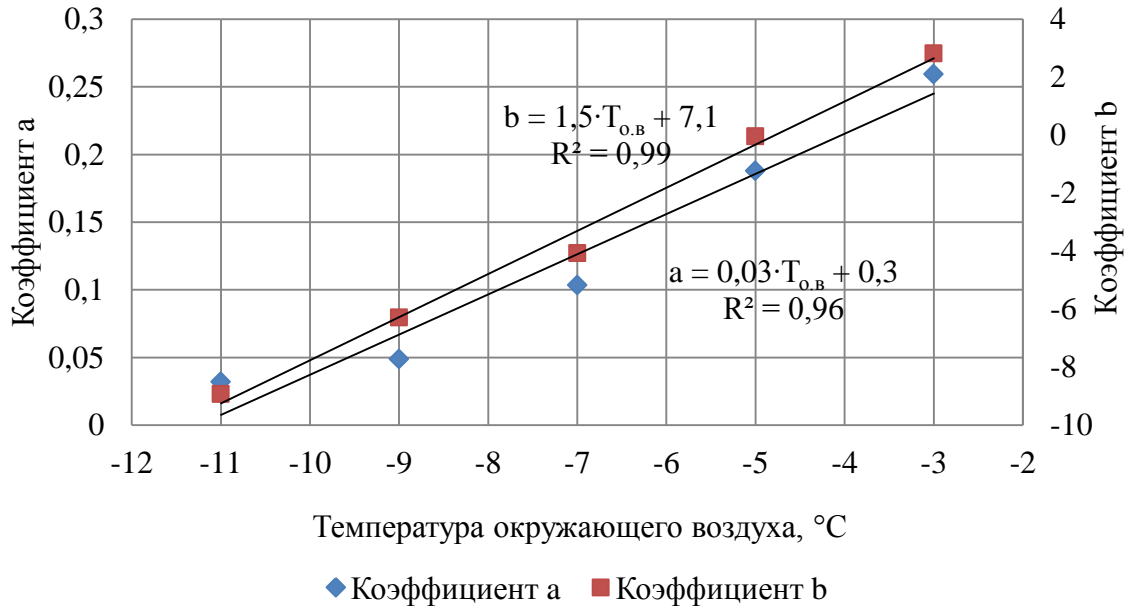


Рисунок 2.28 – Зависимость эмпирических коэффициентов a и b от температуры окружающего воздуха

В результате подстановки значений коэффициентов a и b (рисунок 2.28) в формулу (2.24) получена математическая модель определения температуры воздуха внутри дражного ангара в определенный момент времени, учитывающая температуру воды и окружающего воздуха:

$$T_a = (0,03 \cdot T_{\text{о.в}} + 0,3) \cdot T_b + (1,5 \cdot T_{\text{о.в}} + 7,1), \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (2.25)$$

Результаты расчета по формуле (2.25) совпадают со значениями, полученными по формуле (2.22) с погрешностью менее 10%. Таким образом, в результате выполненного эксперимента можно сделать вывод, что формула, выведенная теоретически, позволяет с высокой точностью определить температуру воздуха внутри дражного ангара в течение года.

2.8 Пример определения продолжительности добычного сезона

В качестве примера рассмотрим условное месторождение, расположенное в районе Крайнего Севера, разработка которого осуществляется драгой 250Д. Изолирующим материалом для ангара принят поликарбонат толщиной 10 мм с коэффициентом светопропускания 0,75. Используя формулу (2.22), рассмотрим годовую динамику температуры воздуха в дражном ангаре (рисунок 2.29). При этом следует отметить, что монтаж ангара рекомендуется производить осенью, когда среднесуточная температура окружающего воздуха устанавливается ниже среднесуточной температуры воды в дражном разрезе. Это позволяет с максимальной эффективностью использовать тепловыделение от воды разреза в дражном ангаре. Таким образом, в рассматриваемом районе монтаж ангара необходимо производить до 15 сентября, а демонтаж – при наступлении устойчивой положительной температуры окружающего воздуха либо когда ее среднесуточное значение превысит температуру воздуха внутри дражного ангара. В данном случае датой демонтажа является 24 апреля [116].

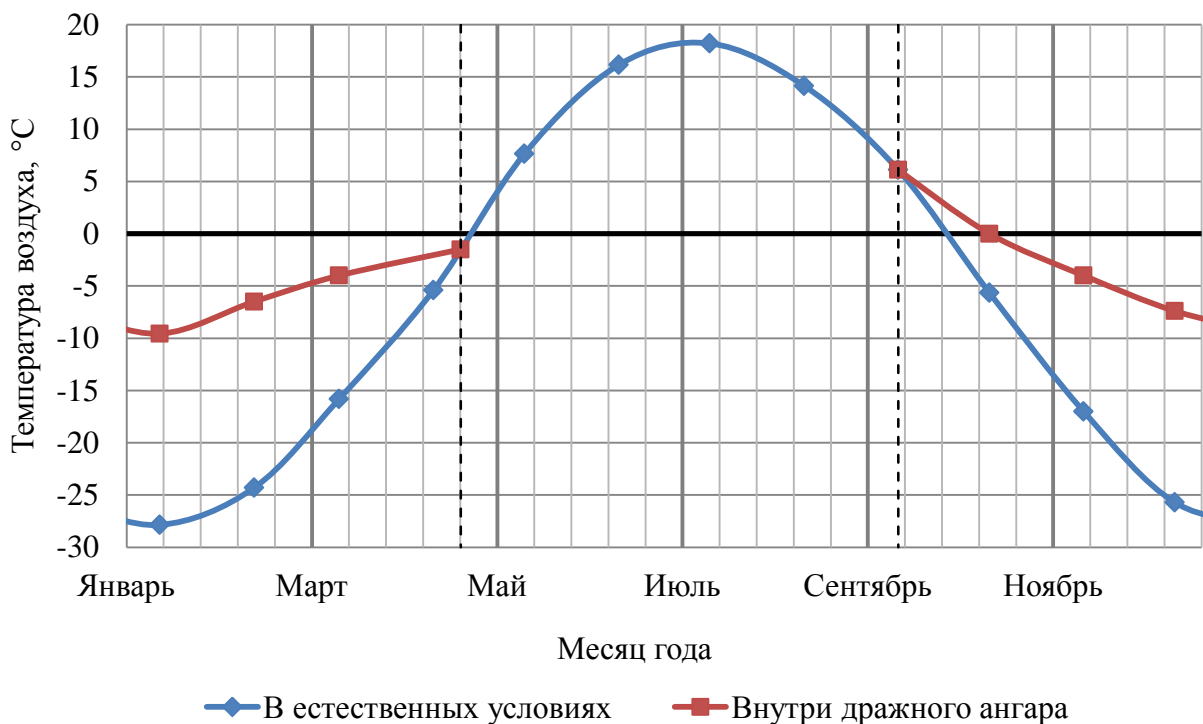


Рисунок 2.29 – Годовая динамика температуры воздуха

Далее определим изменение продолжительности добычного сезона при предлагаемой технологии. Добычный сезон во всех случаях ограничим периодом, при котором суточная производительность драги больше, чем минимально допустимая производительность (методика расчета представлена в главе 4). В результате расчетов установлено, что применение предлагаемой технологии на данном условном месторождении увеличивает продолжительность добычного сезона на 130 дней (рисунок 2.30).

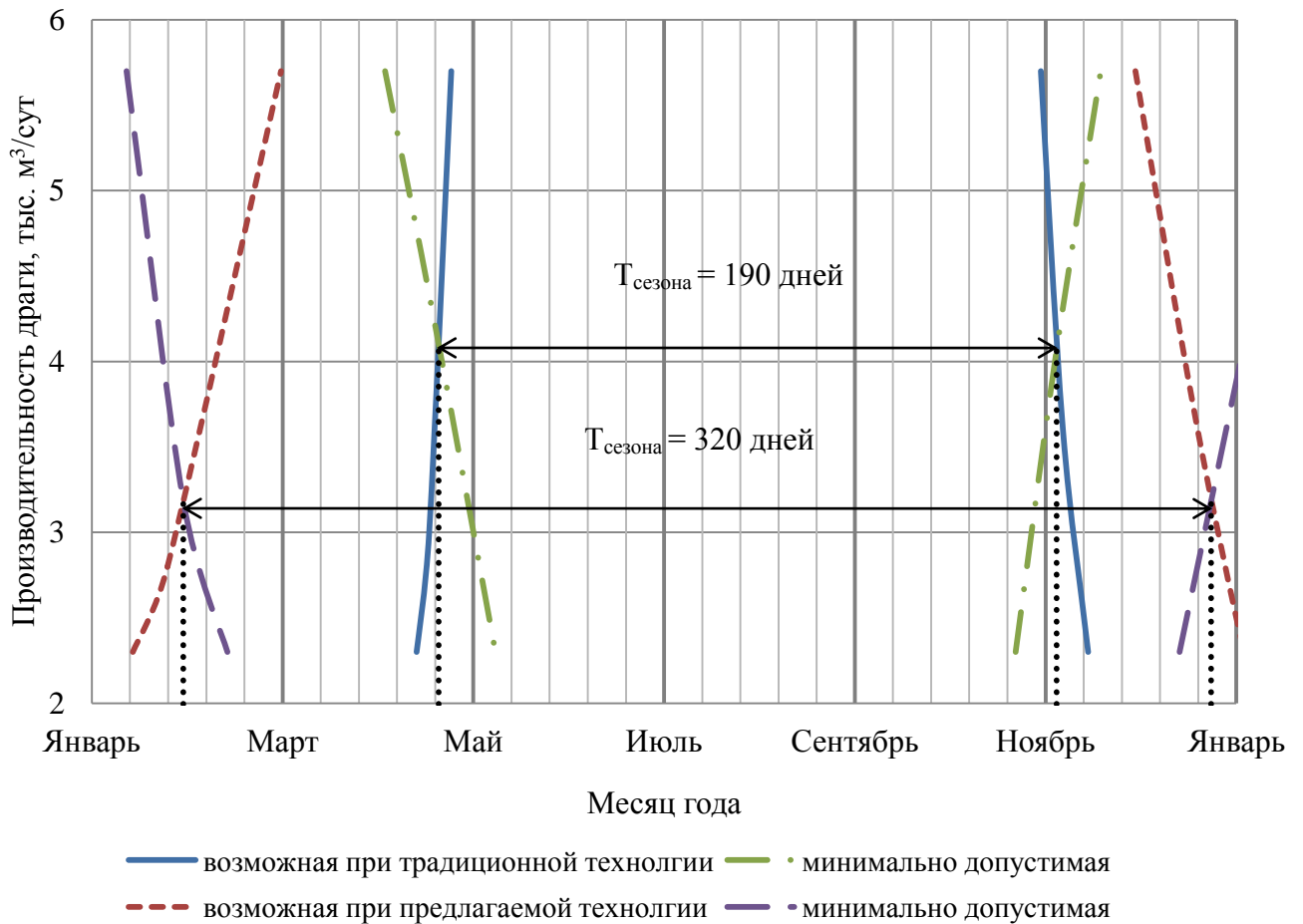
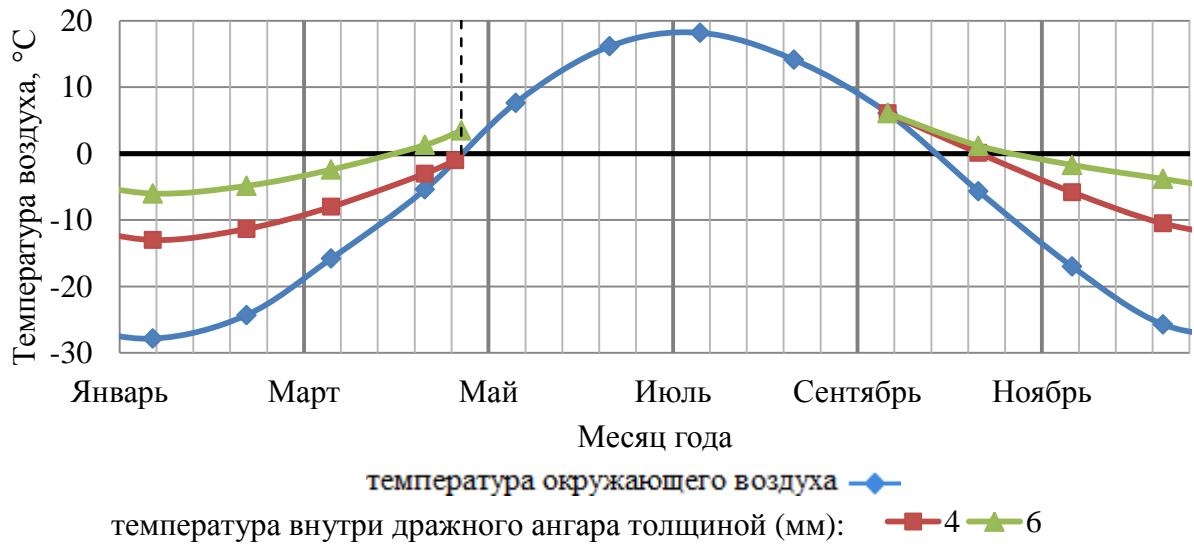
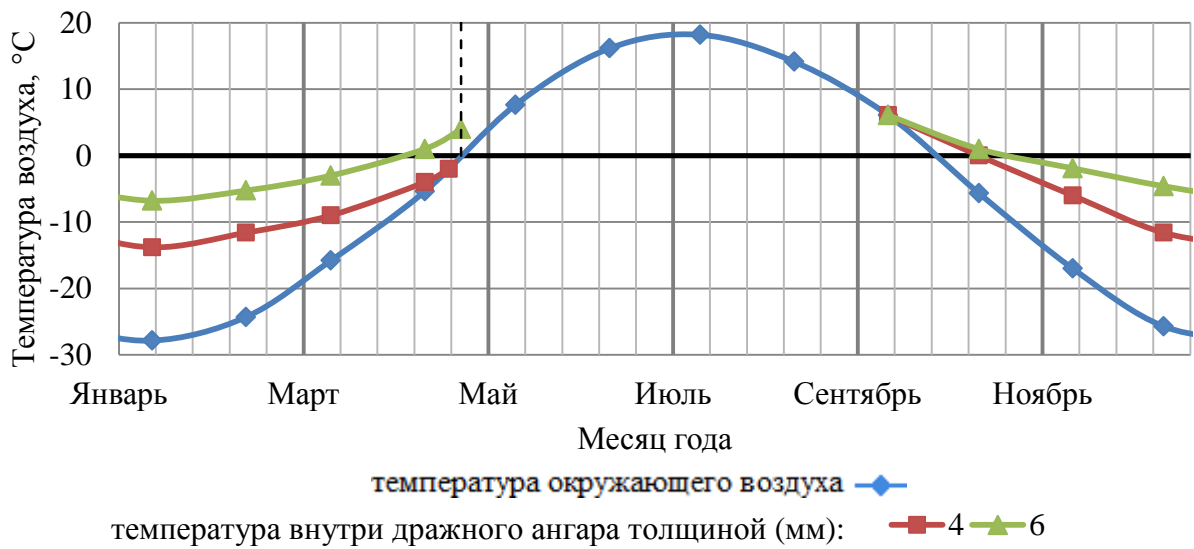


Рисунок 2.30 – График определения рациональной продолжительности добычного сезона

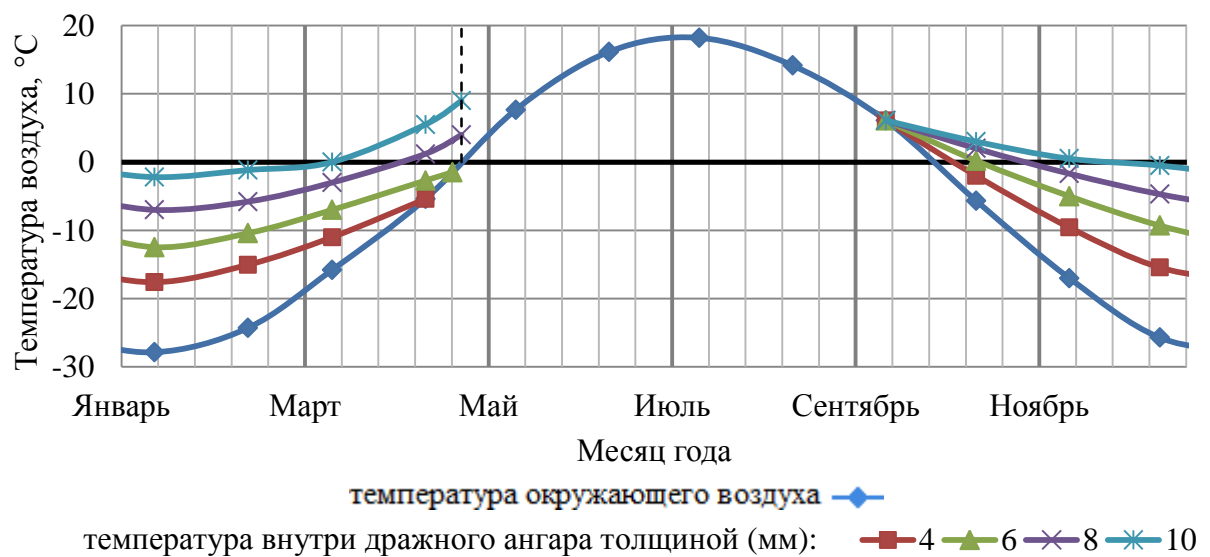
Рассмотрим изменение температуры воздуха в ангарах с разной толщиной стенок из поликарбоната для драг разных типоразмеров (рисунок 2.31).



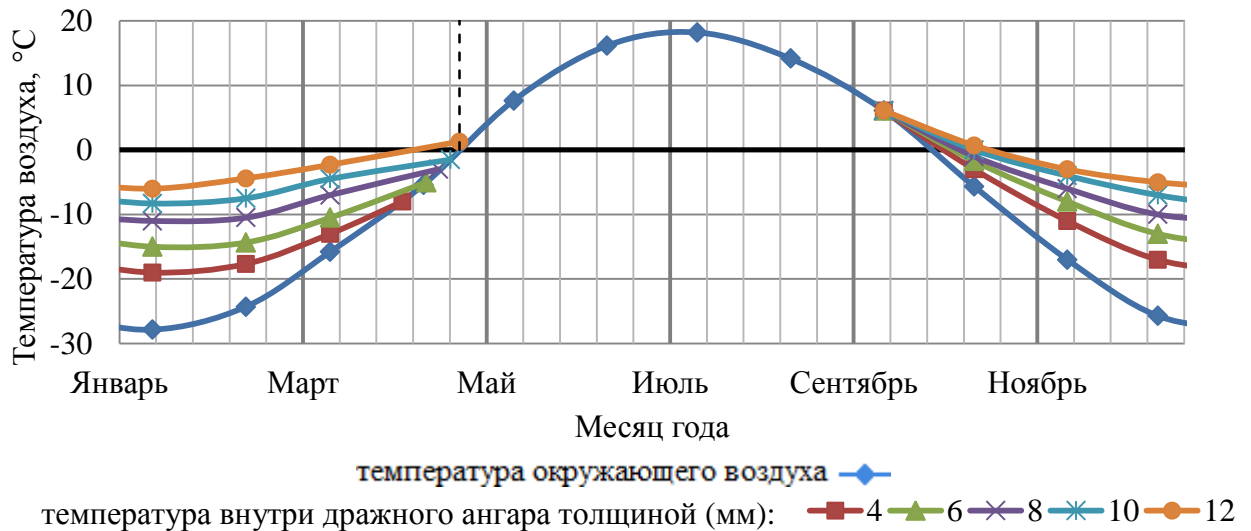
а



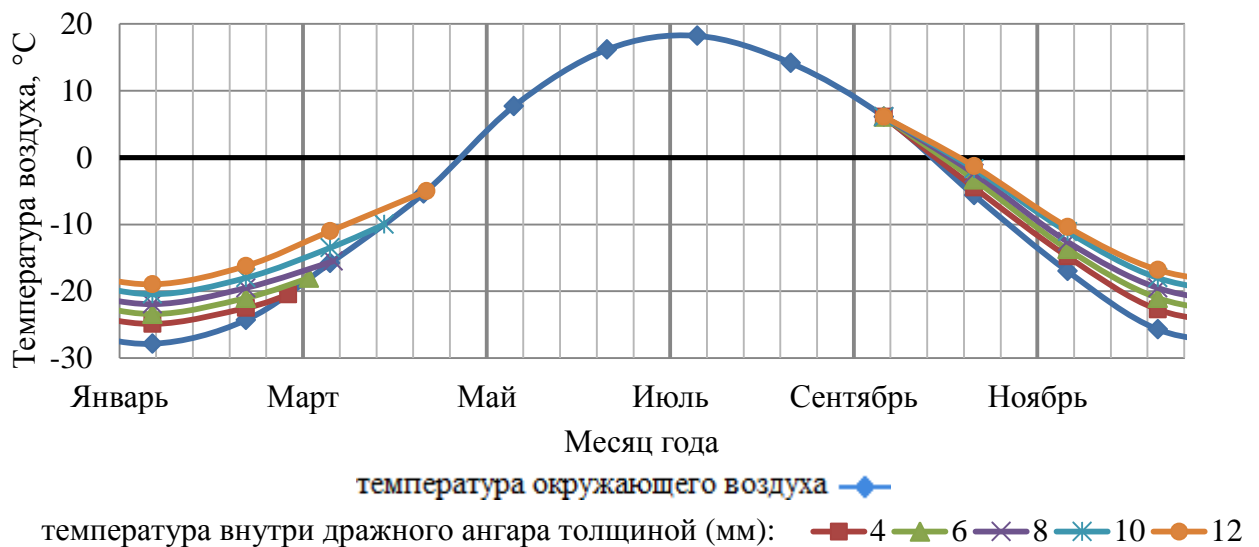
б



в



г



д

Рисунок 2.31 – Динамика температуры воздуха внутри ангаров с разной толщиной стенок из поликарбоната для драг с емкостью черпаков, л: а – 50, б – 80, в – 150, г – 250, д – 380

В результате применения предлагаемой технологии установлено, что продолжительность добычного сезона значительно увеличивается. Для драг с емкостью черпаков 50 и 80 л использование в качестве стенок ангара поликарбоната толщиной более 6 мм позволяет разрабатывать месторождения круглогодично. Для 150 литровых драг рекомендуемая толщина поликарбоната составила 10 мм, а для 250 и 380 литровых – 12 мм. Использование поликарбоната

большей толщины неэффективно в виду его высокой стоимости, сложности монтажа и низкого коэффициента светопропускания.

Зная динамику температуры воздуха в дражном ангаре и продолжительность добычного сезона в условиях Крайнего Севера, определим изменение годовой производственной мощности драг разных типоразмеров при разной толщине стенок ангара (рисунок 2.32).

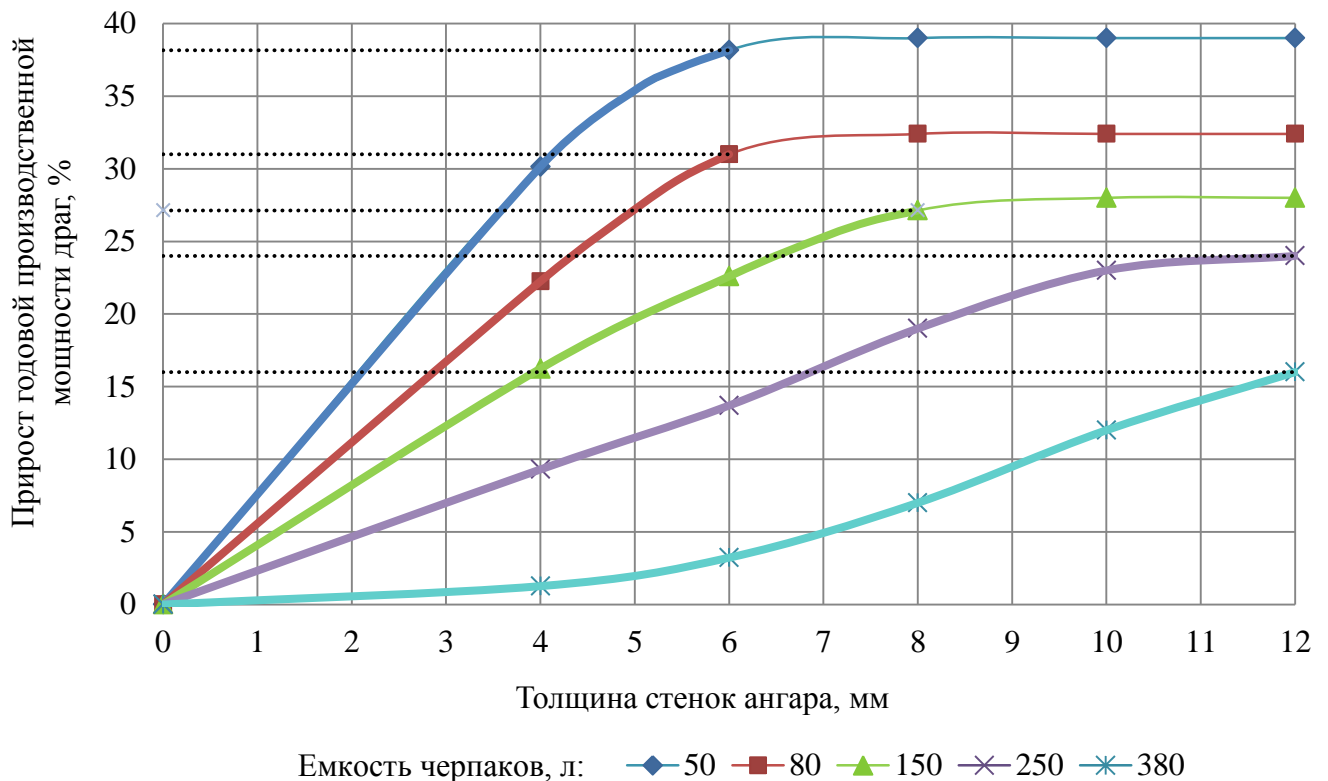


Рисунок 2.32 – Изменение годовой производственной мощности драг

На представленном графике видно, что при использовании предлагаемой технологии годовая производственная мощность для драг разных моделей возрастает на 16-38%.

2.9 Выводы

В период отрицательных температур производительность драги резко снижается. Для решения данной проблемы предложен способ изолирования дражного разреза ангаром, смонтированного из сотового поликарбоната и

металлического каркаса. Рассмотрено применение аналогов в горнодобывающей промышленности.

Составлено уравнение теплового баланса в дражном ангаре, включающее следующие источники тепловыделения: воду в дражном разрезе, инсоляцию, технологические процессы драги (работа двигателей, осветительных приборов, отопительных агрегатов, рабочего персонала).

Рассмотрена динамика температуры воды в течение года, по глубине водоема, при поступлении грунтовых вод. Также экспериментально было изучено влияние параметров вынимаемого грунта на температуру воды в дражном разрезе.

Получена математическая модель, позволяющая определить температуру воздуха в дражном ангаре. При этом выявлено, что суммарная составляющая тепловыделений от двигателей, осветительных приборов, рабочего персонала драги в тепловом балансе составляют менее 3,7%, поэтому в расчетах ими следует пренебречь.

Проведен эксперимент, в ходе выполнения которого изучено распределение температурных полей, а также определена температура воздуха внутри дражного ангара для различных условий. Полученные экспериментальные данные совпали с расчетными значениями с погрешностью менее 10%. Это позволяет сделать вывод о высокой достоверности математической модели, полученной теоретическим путем.

С помощью полученной математической модели представлен пример расчета температуры воздуха в дражном ангаре в течение года, а также определена продолжительность добычного сезона и изменение годовой производственной мощности драг разных типоразмеров.

3 ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДРАЖНОГО АНГАРА

3.1 Основные параметры дражного ангара

Для разработки месторождения дражным способом существует ряд условий, таких как соответствие мощности и ширины промышленной части россыпи конструктивным параметрам драги; наличие проточной воды в количестве, необходимом для ее безопасного маневрирования и бесперебойной работы промывочно-обогачительного оборудования; соответствие крупности валунов емкости дражных черпаков. Применение предлагаемой технологии выдвигает дополнительное условие – соответствие конструктивных размеров драги параметрам ангара, основными из которых являются высота, длина и ширина, позволяющие обеспечивать безопасное маневрирование драги при выполнении работ. Вместе с тем для сокращения капитальных затрат на строительство ангара и эффективного сохранения положительной температуры воздуха внутри него конструктивные размеры следует принимать минимально допустимыми.

3.1.1 Длина ангара

Длина дражного ангара зависит от модели драги и параметров обрабатываемого месторождения (рисунок 3.1) и определяется формулой

$$L_a = L_{др} + a_{др} \cdot n + L_{об} + \delta + \varepsilon, \text{ м}, \quad (3.1)$$

где $L_{др}$ – габаритная длина драги, м; $a_{др}$ – величина зашагивания драги, м; n – принятое количество зашагиваний в пределах ангара, ед.; $L_{об}$ – обрушение откоса дражного забоя, м; δ – берма безопасности, м; ε – безопасный зазор, м.

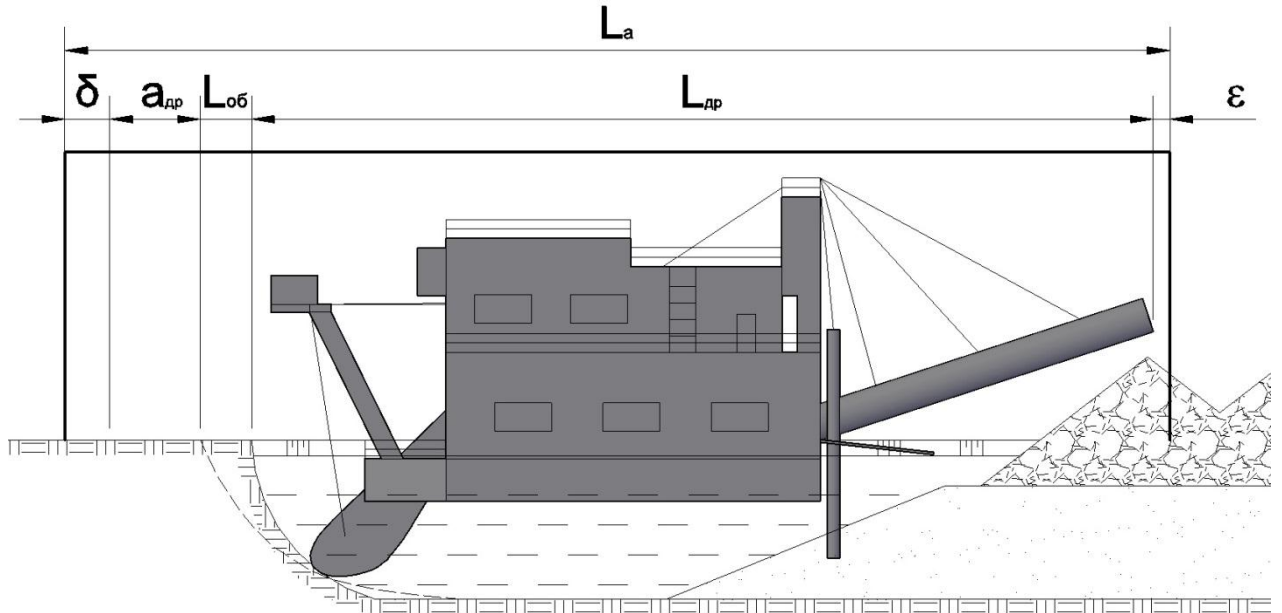


Рисунок 3.1 – Схема к расчету длины ангара

Габаритной длиной драги следует считать расстояние, измеренное в горизонтальной плоскости между ее крайними точками. Зависимость значения длины драги от ее модели представлена на рисунке 3.2.

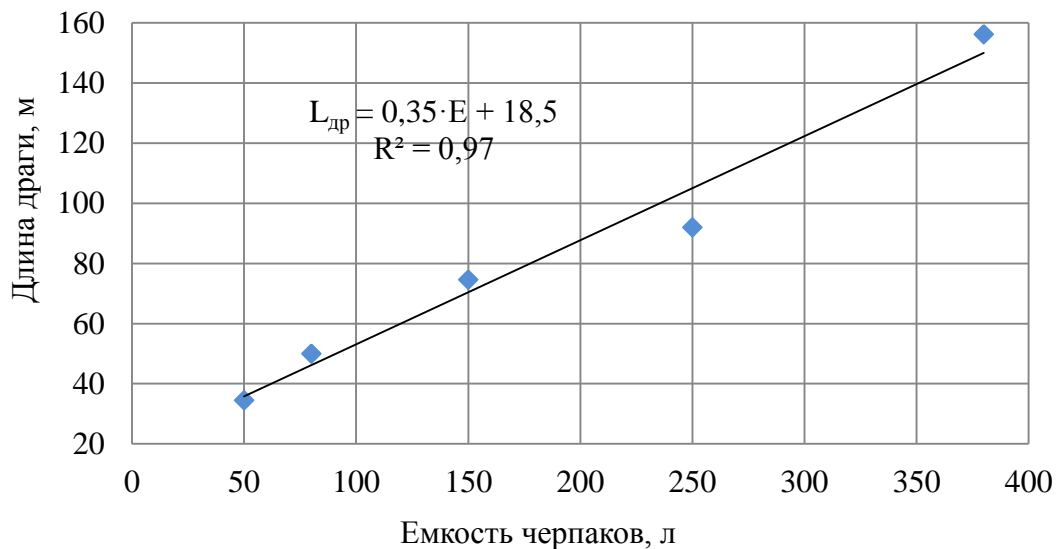


Рисунок 3.2 – Зависимость длины драги от емкости черпаков

Величина зашагивания определяется конструктивными размерами драги. При максимальном зашагивании процесс черпания становится неэффективным, так как возрастают потери полезного ископаемого и снижается производительность. Поэтому для каждой модели установлена рациональная, по условиям полноты выемки пород, величина зашагивания (рисунок 3.3), при которой потери в межшаговых целиках минимальны [см. 40].

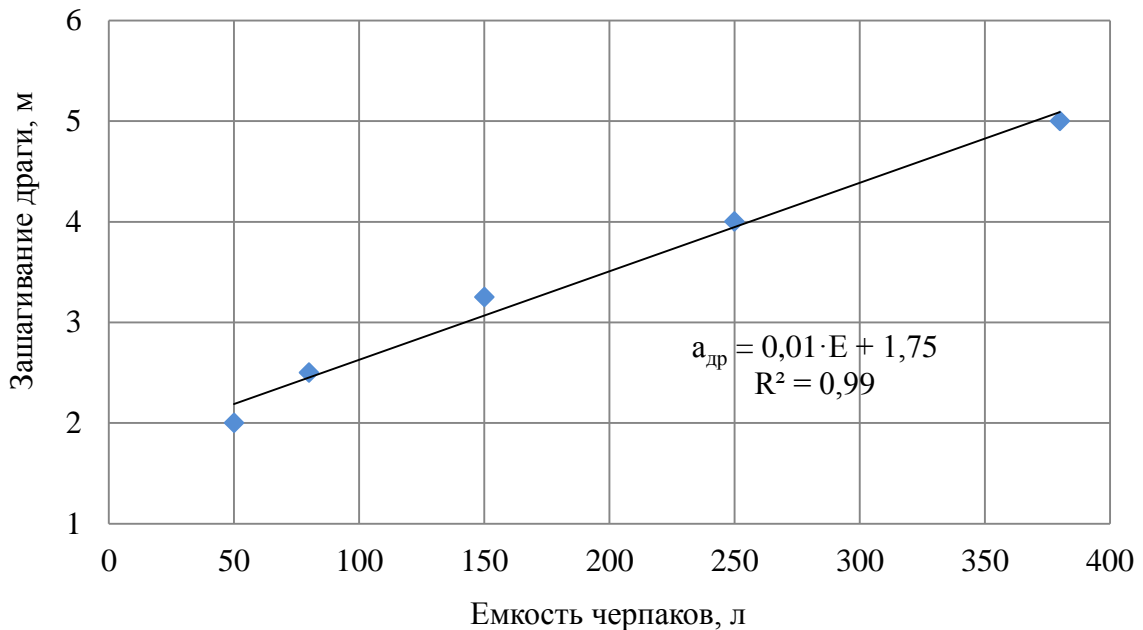


Рисунок 3.3 – Зависимость величины зашагивания драги от емкости черпаков

Количество зашагиваний в пределах ангара влияет на его размеры и, соответственно, стоимость. Помимо экономических показателей следует учитывать, что увеличение площади конструкции снижает эффективность поддержания положительной температуры воздуха внутри ангара и ведет к сокращению добычного сезона. Поэтому целесообразно принимать одну передвижку драги в пределах ангара.

При разработке приплотиковой части песков возникают механические воздействия на верхние слои, которые ведут к их обрушению. Оно же может происходить со временем естественным путем. Поэтому следует учитывать данный показатель в расчетах длины ангара. Значения длины обрушения откоса дражного забоя при разной глубине черпания драг приведены в

исследованиях В.Г. Лешкова. Выведенная по исходным данным зависимость выглядит следующим образом:

$$L_{об} = 0,22 \cdot H_{ч} + 1,3, \text{ м}, \quad (3.2)$$

где $H_{ч}$ – глубина черпания драги, м.

Вышеупомянутый параметр зависит от модели драги, поэтому для расчетов размеров ангара при изолировании разреза глубину черпания следует принимать максимальной по конструктивным возможностям драги, что позволит ей осуществлять разработку месторождения при любой глубине. Зависимость максимальной глубины черпания от емкости черпаков драги представлена на рисунке 3.4.

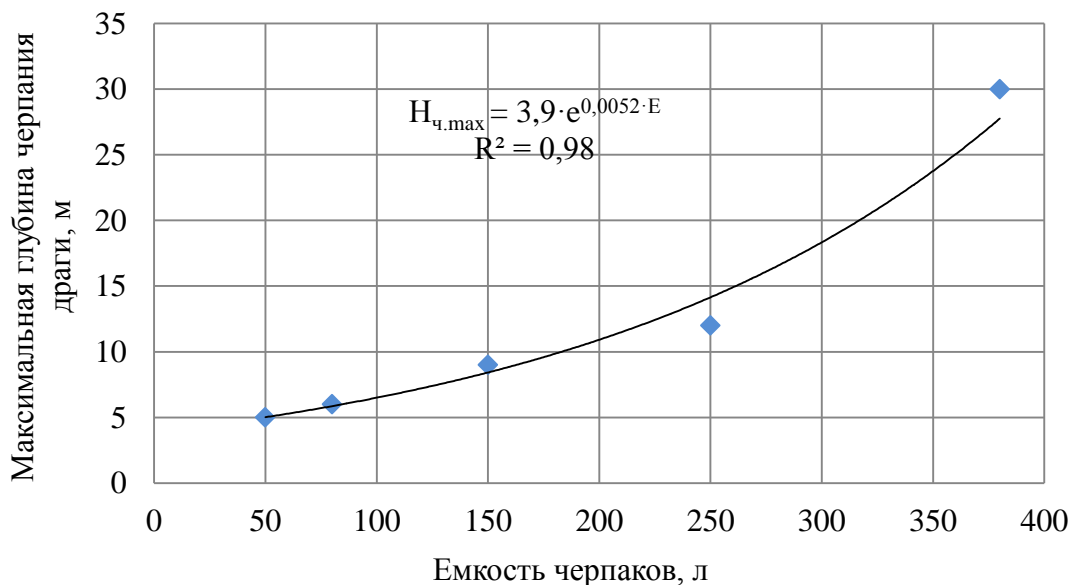


Рисунок 3.4 – Зависимость максимальной глубины черпания драги от емкости черпаков

Выполнив подстановку значения максимальной глубины черпания драги в формулу (3.2), получим уравнение следующего вида:

$$L_{об} = 0,86 \cdot e^{0,0052 \cdot E} + 1,3, \text{ м}. \quad (3.3)$$

Для безопасной работы также следует учитывать берму безопасности, принятую в данной методике равной 30% от максимальной глубины черпания.

Горизонтальное расстояние от стакера драги до задней стенки ангара (безопасный зазор) во всех случаях следует принимать 0,5 м. Это расстояние позволит безопасно маневрировать и вести процесс отвалообразования.

По формуле (3.1) определим значение необходимой длины ангара с учетом емкости черпаков разных моделей. Результаты представлены на рисунке 3.5.

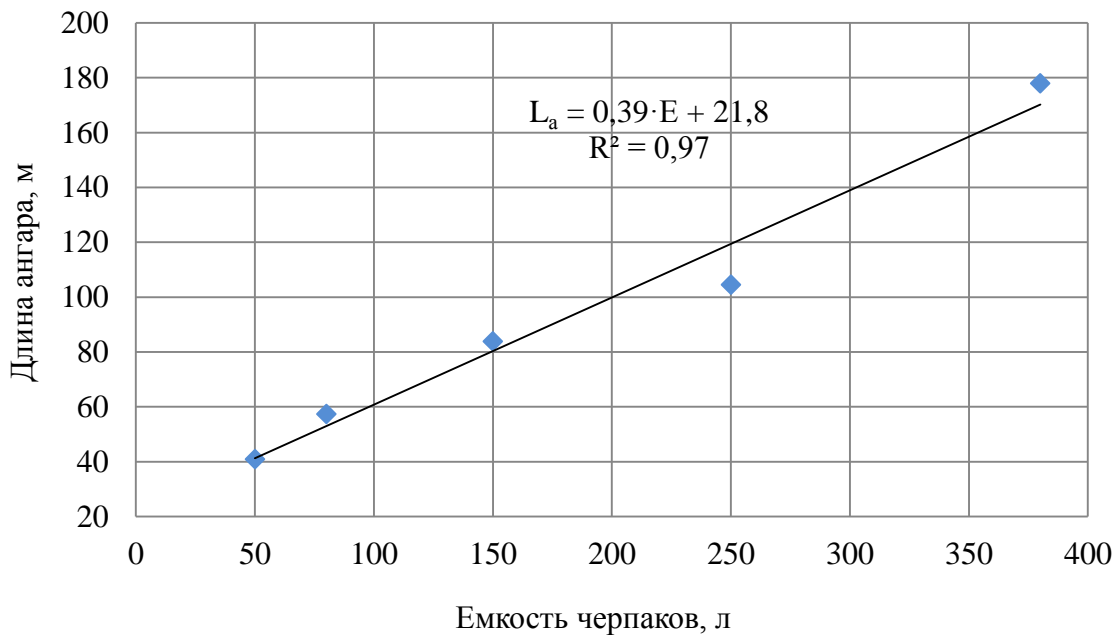


Рисунок 3.5 – Зависимость длины ангара от емкости черпаков

3.1.2 Высота ангара

Высоту ангара следует принимать таким образом, чтобы драга могла свободно маневрировать в процессе работы (рисунок 3.6). Данный параметр зависит от модели драги, ее характеристик, а также от условий залегания россыпи и определяется по формуле

$$H_a = H_{др} - H_{oc} - H_6 + \varepsilon, \text{ м}, \quad (3.4)$$

где $H_{др}$ – габаритная высота драги, м; $H_{ос}$ – средняя осадка драги, м; H_6 – высота надводного борта россыпи, м.

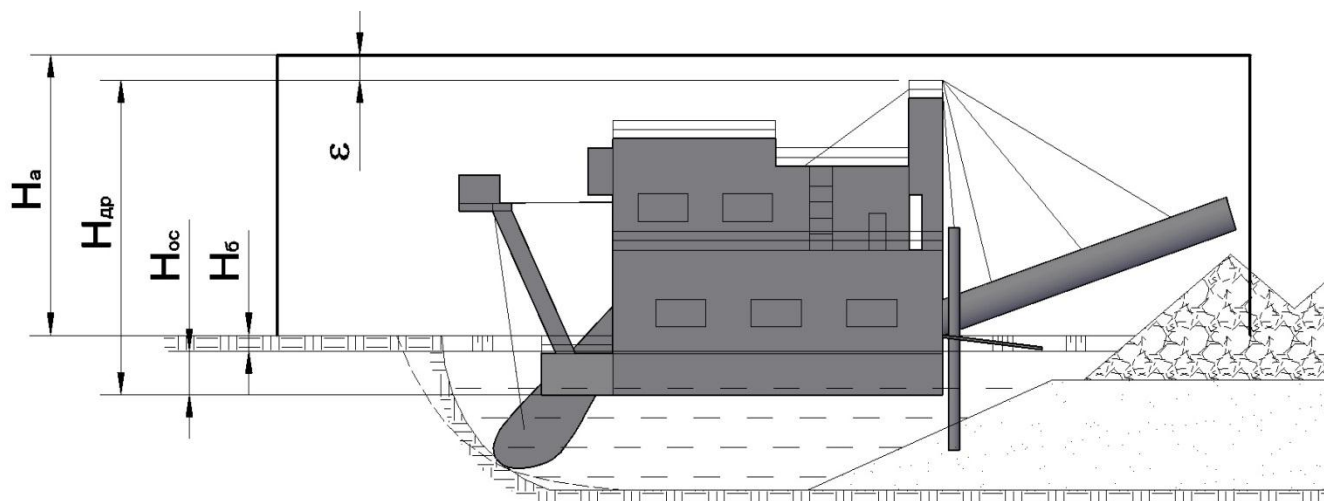


Рисунок 3.6 – Схема к расчету высоты ангара

Габаритная высота меняется в широких пределах и варьируется от 9 м для драги 50Д до 39 м для драги 380Д. Зависимость высоты драги от ее модели представлена на рисунке 3.7.

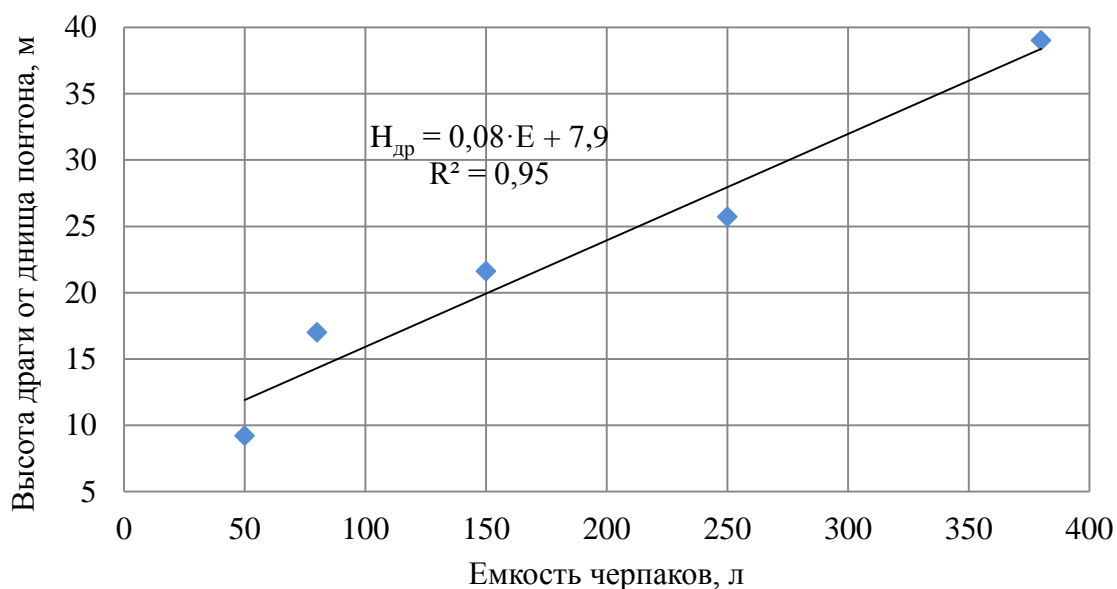


Рисунок 3.7 – Зависимость высоты драги от емкости черпаков

Среднее значение осадки для драг разных типоразмеров представлено на рисунке 3.8.

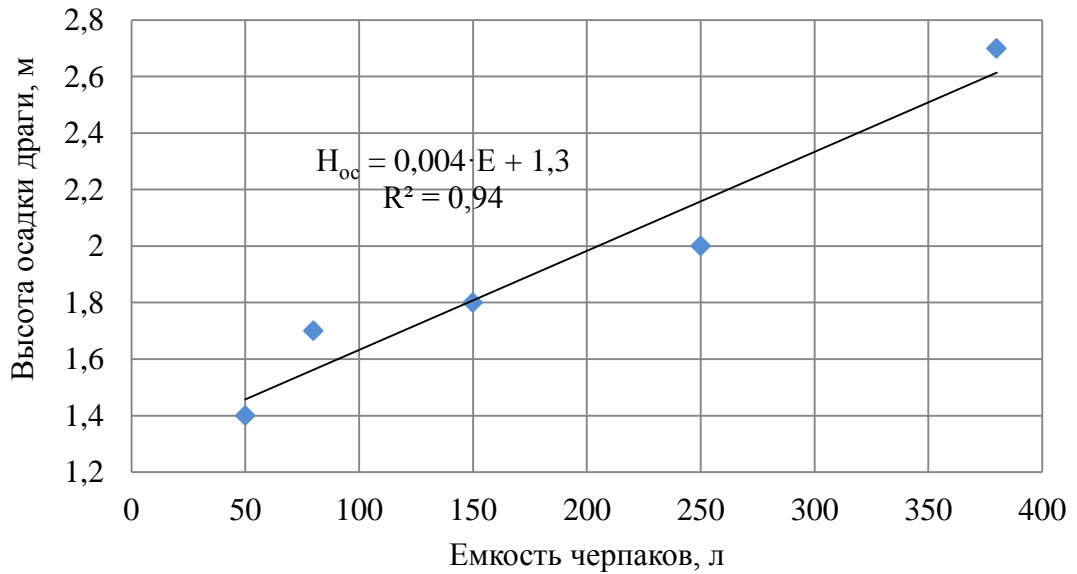


Рисунок 3.8 – Зависимость высоты осадки драги от емкости черпаков

Для безопасного ведения добычных работ у каждой модели драги предусмотрена максимальная высота надводного борта россыпи, значения которой представлены на рисунке 3.9 [117]. Минимальные значения для всех моделей драг считаем равным нулю.

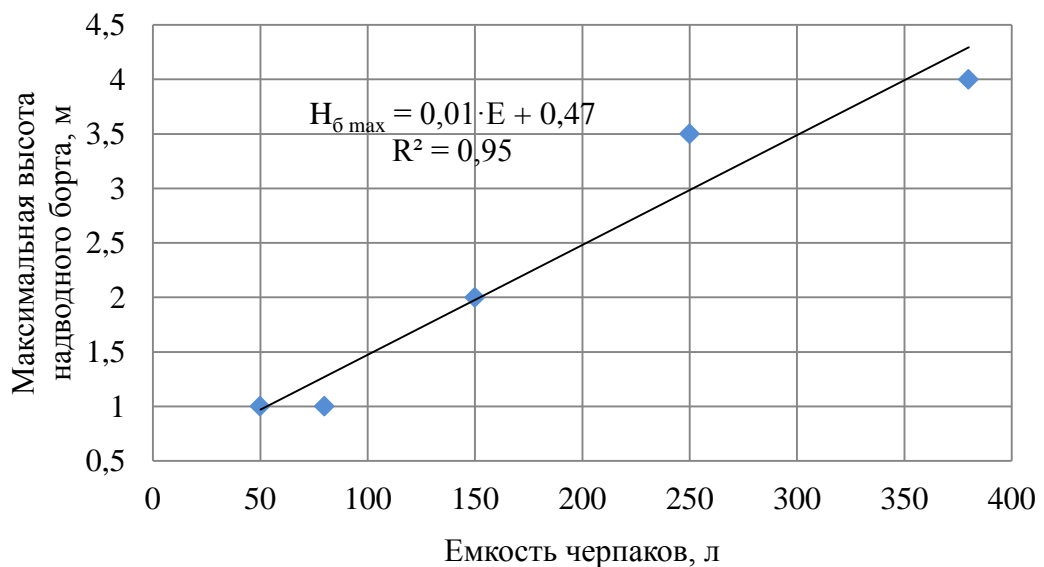


Рисунок 3.9 – Зависимость максимальной высоты надводного борта россыпи от емкости черпаков

По формуле (3.4) определим высоту ангара для разных моделей драг. При этом для расчетов высоту надводного борта россыпи принимаем минимальной.

Это необходимо для создания ангара, позволяющего осуществлять безопасную отработку месторождения в течение всего периода эксплуатации изолирующей конструкции. Результаты представлены на рисунке 3.10. В частных же случаях можно применять иное значение.

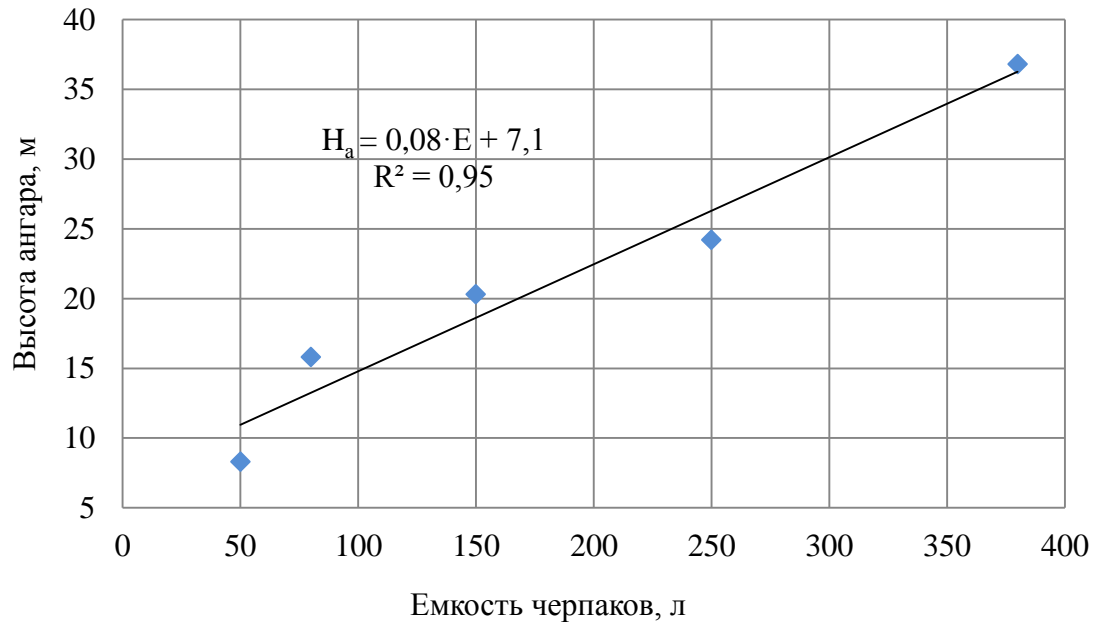


Рисунок 3.10 – Зависимость высоты ангара от емкости черпаков

Однако данный параметр характеризует размер ангара в точках с максимальной высотой драги (ее задней мачты). Далее рассмотрим высоту ангара в точках, отличающихся от точек с максимальной высотой драги, а также произведем расчет ширины ангара.

3.1.3 Ширина ангара

На ширину ангара влияют модель драги и параметры обрабатываемого месторождения (рисунок 3.11). От выбора модели будут зависеть ширина забоя (B) и угол маневрирования (β).

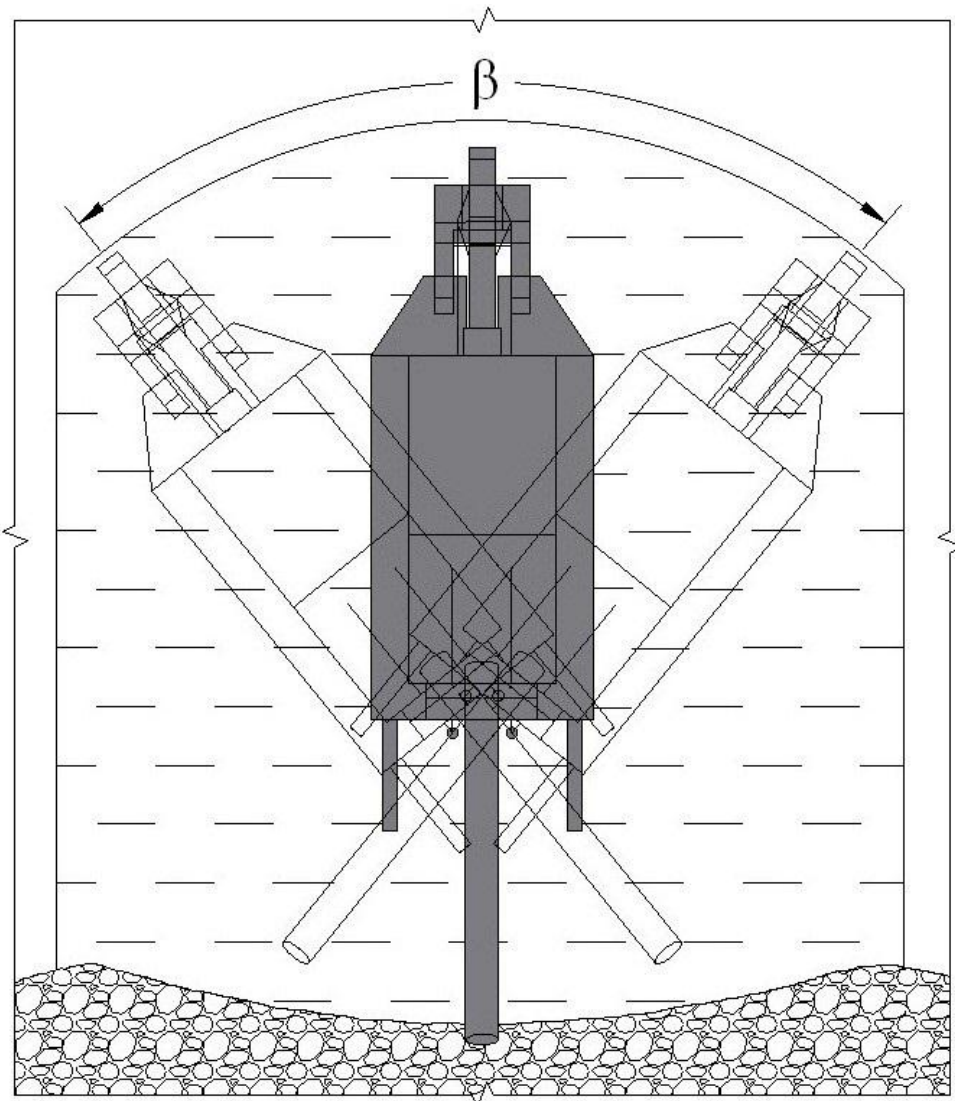
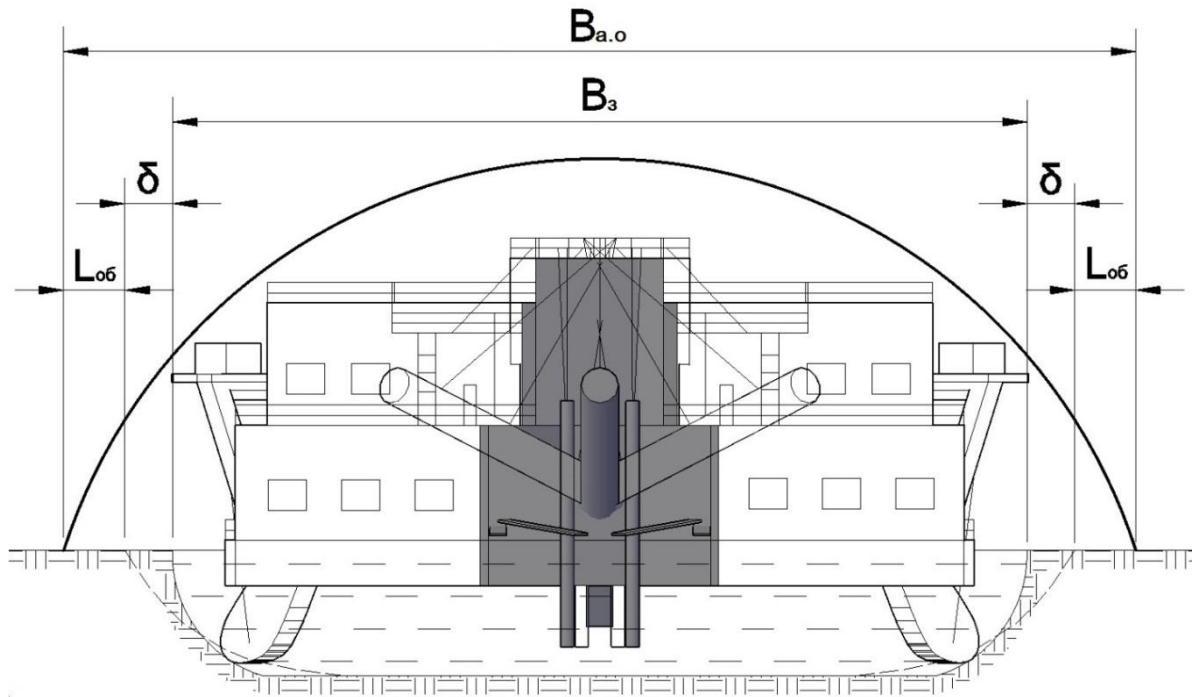


Рисунок 3.11 – Схемы для расчета ширины ангара у основания

Ширину ангара у основания определим следующим образом:

$$B_{a.o} = B_3 + 2 \cdot L_{об} + 2 \cdot \delta, \text{ м}, \quad (3.5)$$

где B_3 – ширина дражного забоя, м.

Чтобы определить необходимую ширину ангара на разных высотных отметках, рассмотрим графически ширину забоя драг разных типоразмеров. Для этого будем использовать замеры расположения крайних точек некоторых узлов драги (задняя мачта, надстройка, передняя мачта, стакер, черпаковая цепь) при ее маневрировании. Углы маневрирования на данном этапе приняты условно равными 60, 100 и 140 градусам для драг всех типоразмеров вне зависимости от их технических возможностей. На рисунке 3.12 показаны основные рассматриваемые параметры.

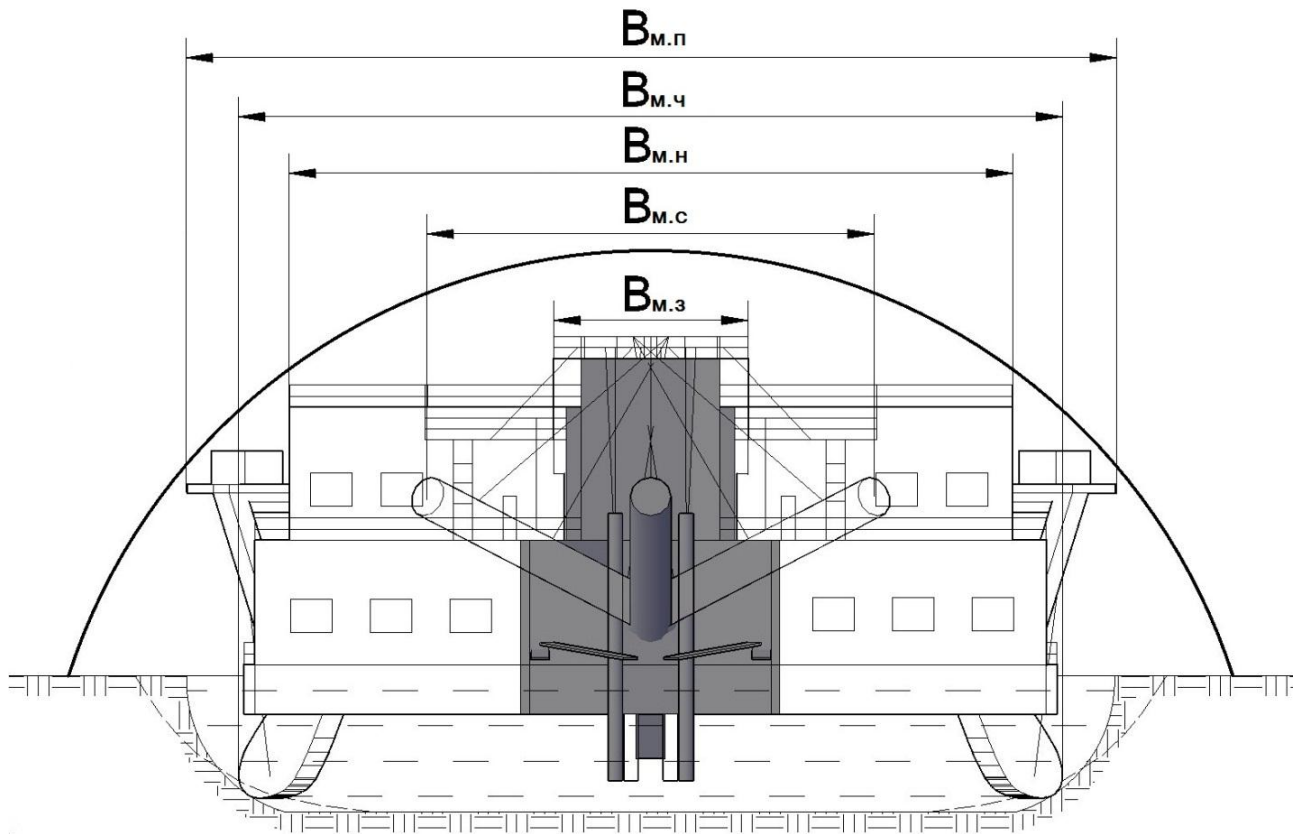
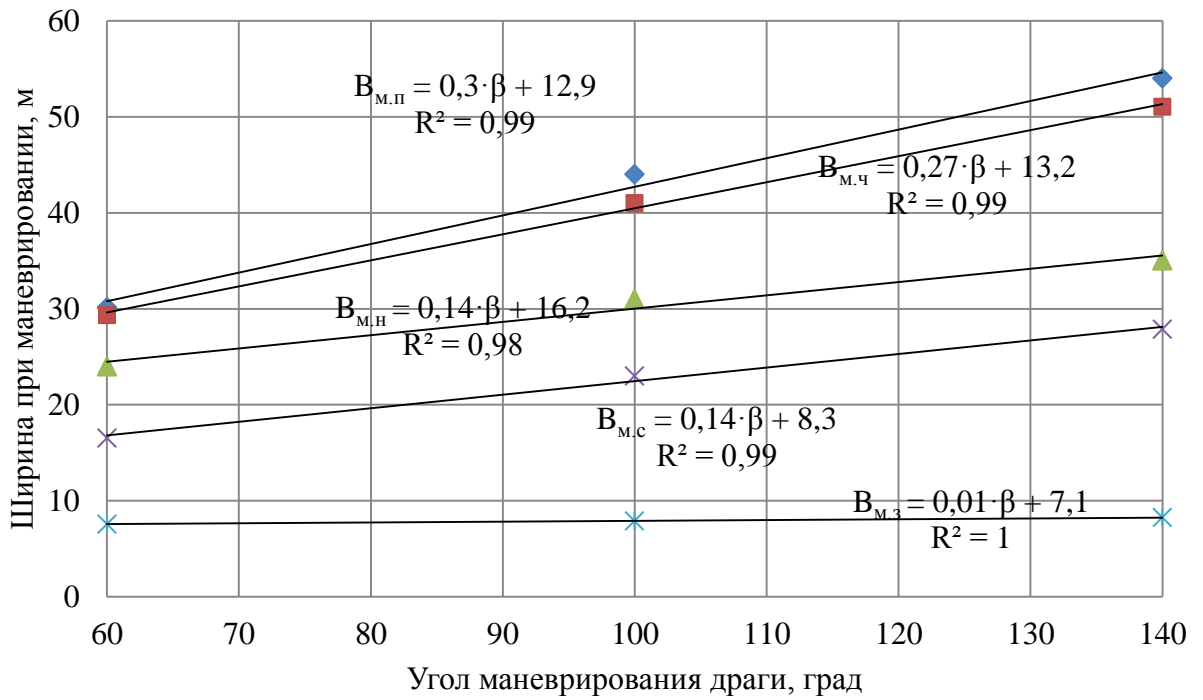


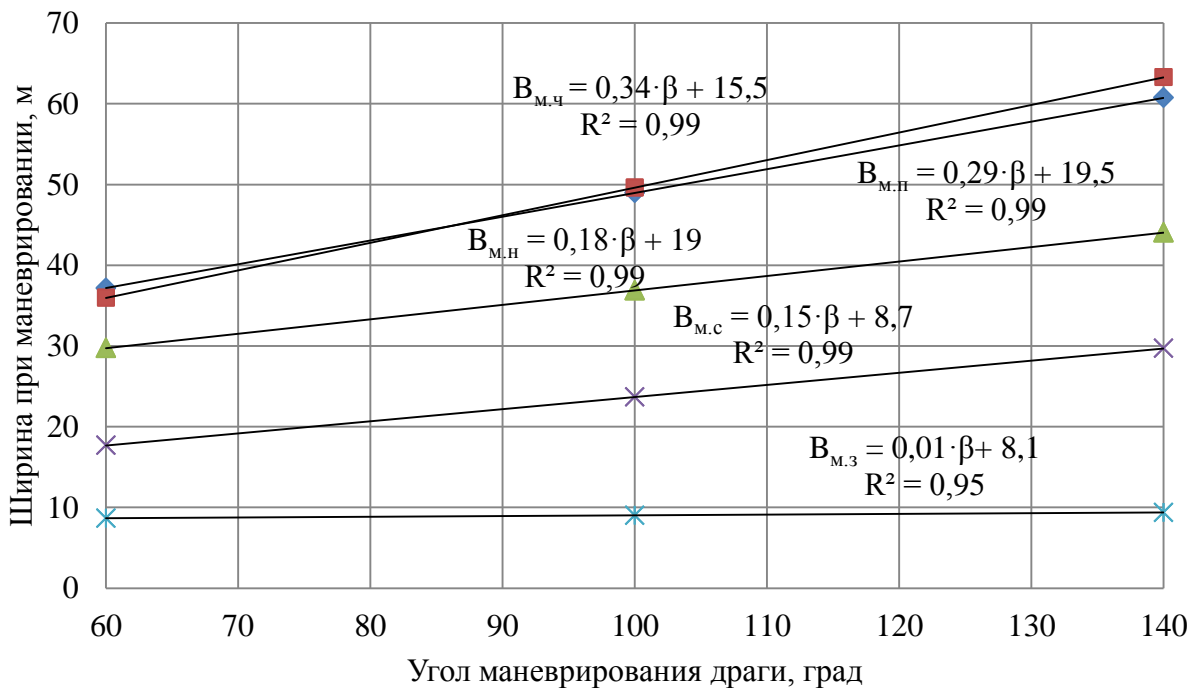
Рисунок 3.12 – Основные параметры, необходимые для определения ширины ангара

Результаты измерений представлены на рисунке 3.13.



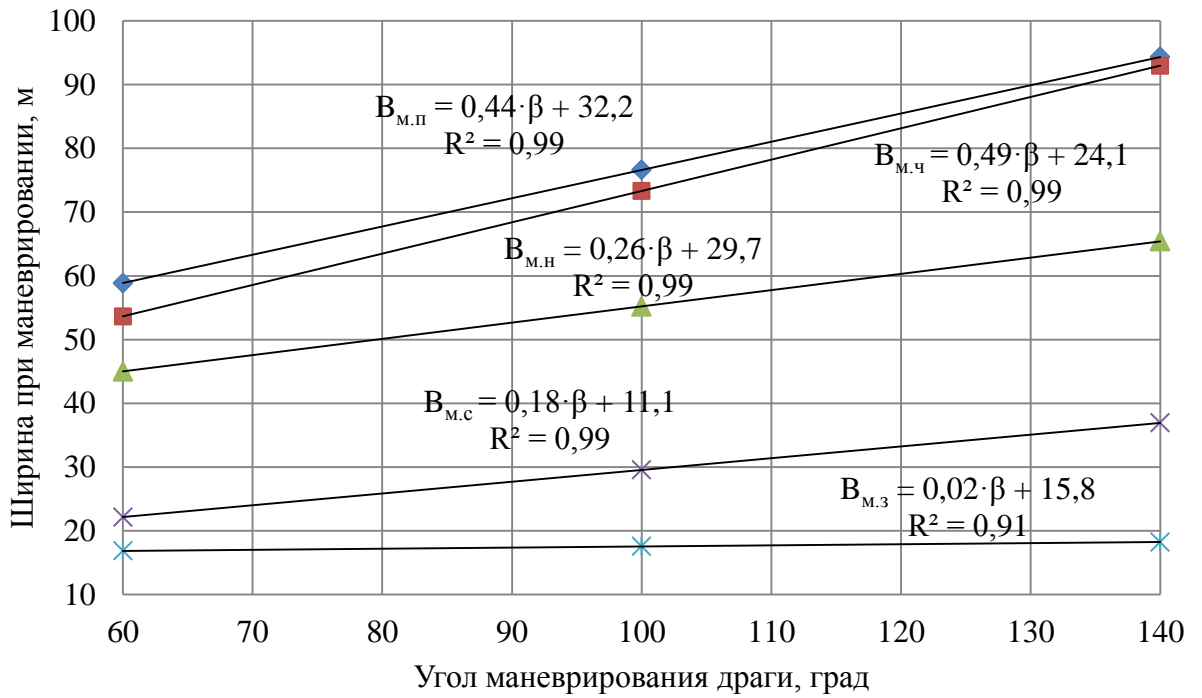
◆ Передняя мачта ■ Черпаковая цепь ▲ Надстройка × Стакер ✕ Задняя мачта

а



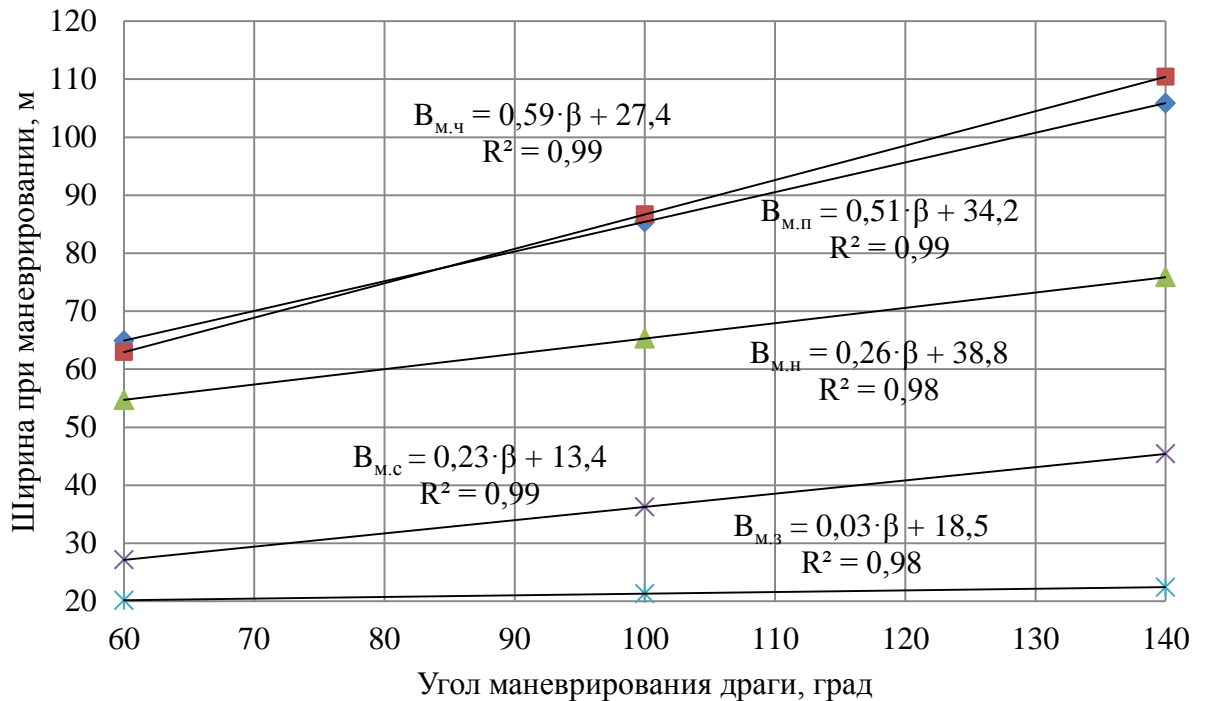
◆ Передняя мачта ■ Черпаковая цепь ▲ Надстройка × Стакер ✕ Задняя мачта

б



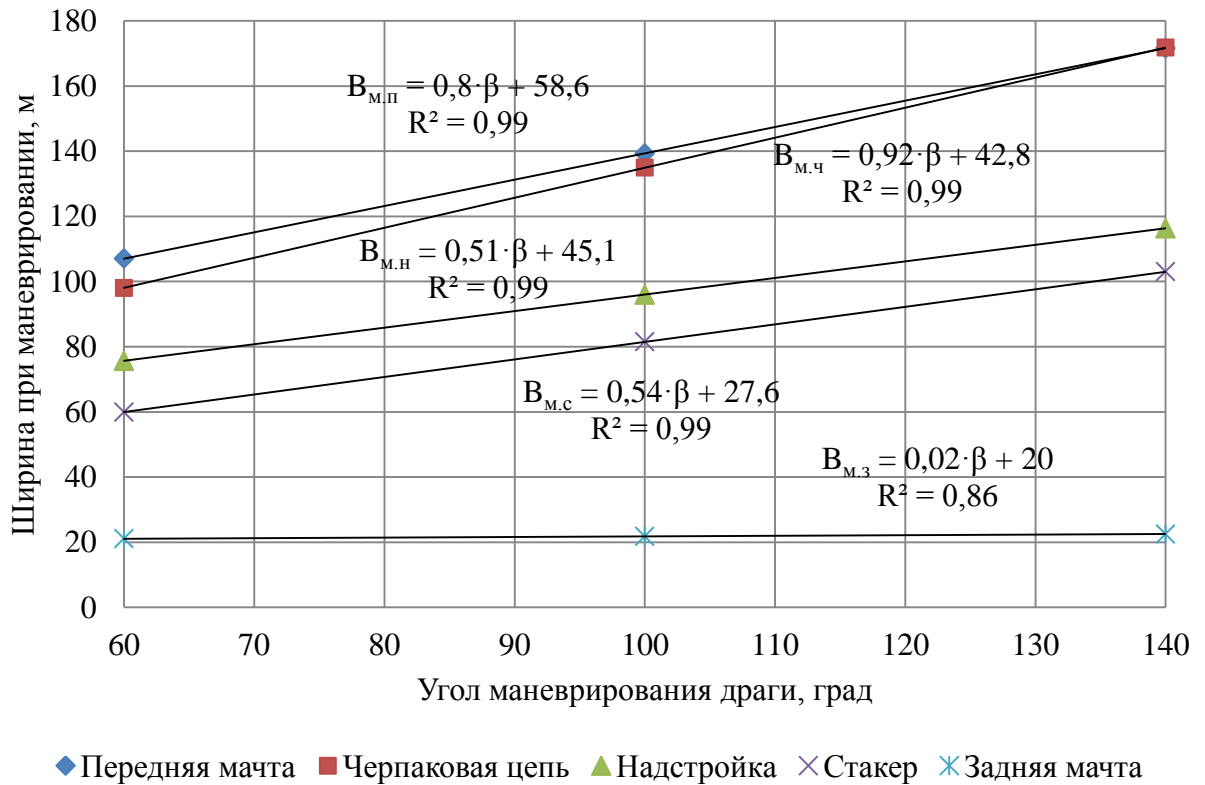
◆ Передняя мачта ■ Черпаковая цепь ▲ Надстройка × Стакер * Задняя мачта

В



◆ Передняя мачта ■ Черпаковая цепь ▲ Надстройка × Стакер * Задняя мачта

Г



д

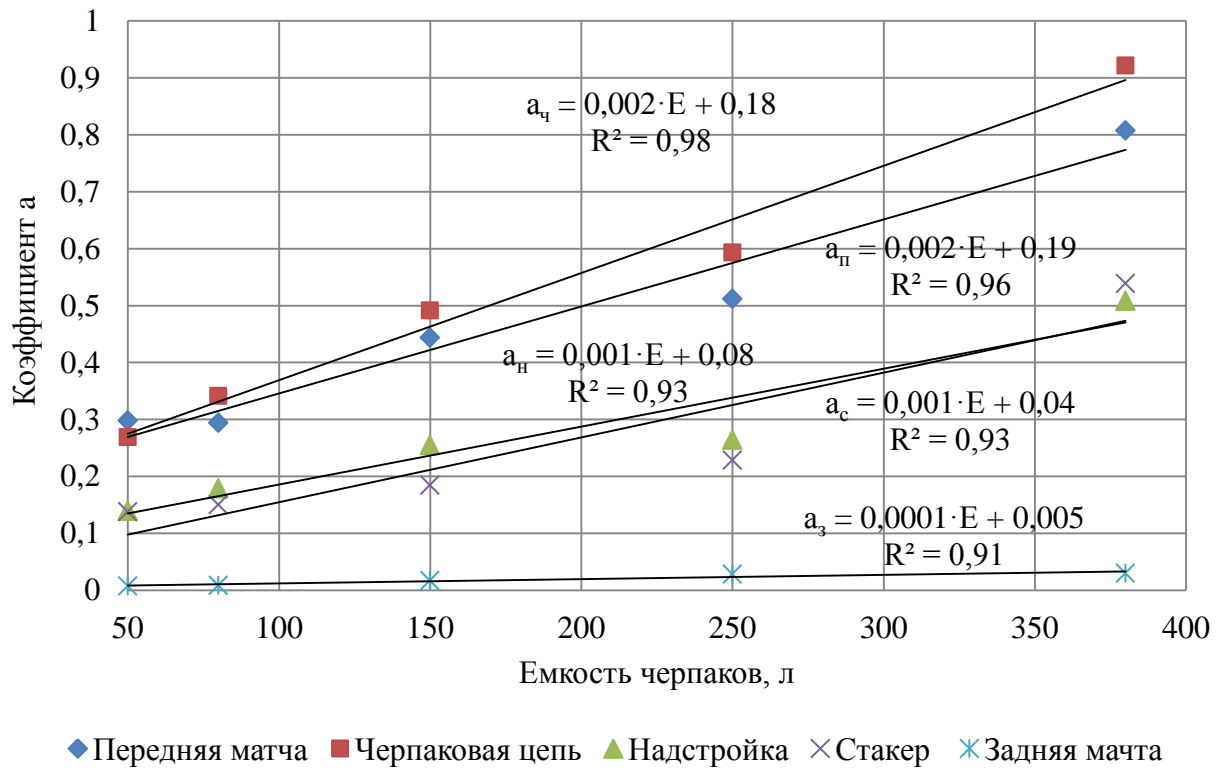
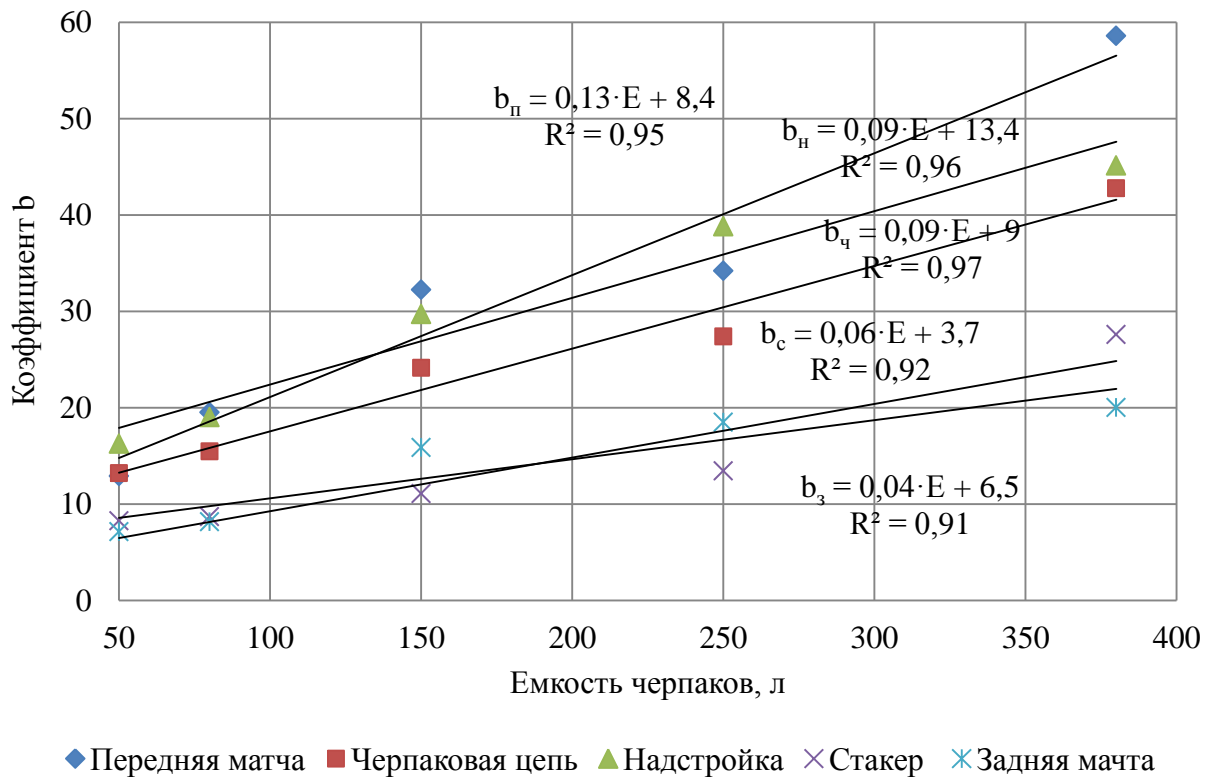
Рисунок 3.13 – Зависимость ширины маневрирования от угла поворота для драг с емкостью черпаков, л: а – 50; б – 80, в – 150, г – 250, д – 380

По представленным графикам видно, что уравнения имеют линейный вид:

$$V_m = a \cdot \beta + b, \text{ м}, \quad (3.6)$$

где a и b – эмпирические коэффициенты, зависящие от конструктивных размеров драги.

С помощью полученных значений эмпирических коэффициентов a и b (рисунок 3.13) определим их зависимость от типоразмера драги (рисунки 3.14, 3.15).

Рисунок 3.14 – Зависимость эмпирического коэффициента a от емкости черпаковРисунок 3.15 – Зависимость эмпирического коэффициента b от емкости черпаков

Подставив значения эмпирических коэффициентов в формулу (3.6), получим математические модели ширины маневрирования драги для задней мачты, надстройки, передней мачты, стакера и черпаковой цепи:

$$B_{\text{м.з}} = (0,0001 \cdot E + 0,005) \cdot \beta + 0,04 \cdot E + 6,5, \text{ м}; \quad (3.7)$$

$$B_{\text{м.н}} = (0,001 \cdot E + 0,08) \cdot \beta + 0,09 \cdot E + 13,4, \text{ м}; \quad (3.8)$$

$$B_{\text{м.п}} = (0,002 \cdot E + 0,19) \cdot \beta + 0,13 \cdot E + 8,4, \text{ м}; \quad (3.9)$$

$$B_{\text{м.с}} = (0,001 \cdot E + 0,04) \cdot \beta + 0,06 \cdot E + 3,7, \text{ м}; \quad (3.10)$$

$$B_{\text{м.ч}} = (0,002 \cdot E + 0,18) \cdot \beta + 0,09 \cdot E + 9, \text{ м}. \quad (3.11)$$

Разработанные математические модели позволят определить ширину ангара и его полную площадь.

3.1.4 Площадь ангара

Для определения данного параметра воспользуемся графоаналитическим методом. По расчетным значениям ширины маневрирования драги в программной среде AutoCAD проведем дугу (контур торцевой стенки ангара) с минимально возможным радиусом таким образом, чтобы все точки располагались внутри нее. При этом учитываем безопасный зазор с каждой стороны, принятый 0,5 м. Далее на основе полученных фигур построим ангары и замерим их площади. Результаты представлены на рисунке 3.16.

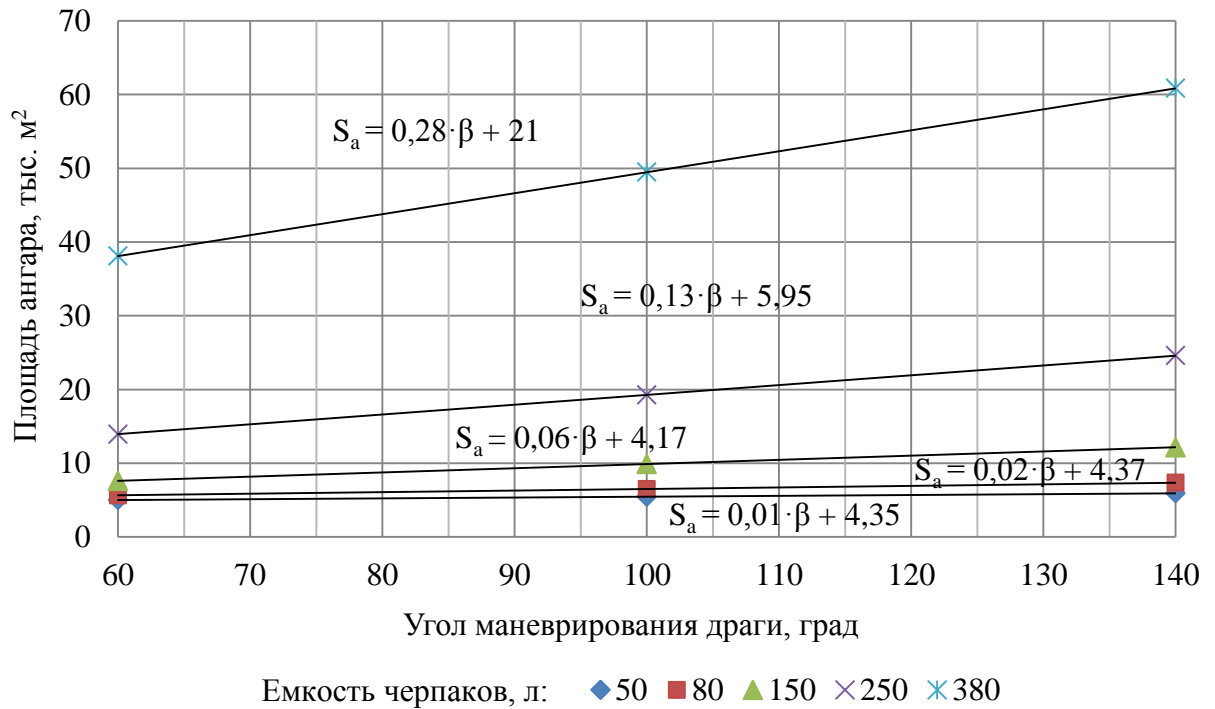


Рисунок 3.16 – Изменение площади ангара для разных типов драг при их различном угле маневрирования

Очевидно, что размеры ангара влияют на его прочностные характеристики с учетом различной нагрузки, поэтому далее проведем расчеты, позволяющие определить такие характеристики.

3.2 Нагрузки на ангар

Суммарная нагрузка на ангар включает в себя нагрузки от собственного веса, снеговую и ветровую.

Нагрузку от собственного веса поликарбоната найдем по формуле

$$S_{\Pi} = h_a \cdot \rho, \text{ кг/м}^2, \quad (3.12)$$

где ρ – плотность поликарбоната, кг/м^3 .

Толщину поликарбоната для расчетов принимаем 6 мм (как наименьшее значение из рекомендуемых), плотность сотового поликарбоната равна 217 кг/м^3 .

Максимально допустимое значение снеговой нагрузки определим по формуле

$$S_{\max} = 0,7 \cdot c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_H, \text{ кг/м}^2, \quad (3.13)$$

где c_e – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов; c_t – термический коэффициент; μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова на горизонтальной плоскости к снеговой нагрузке на покрытие; S_H – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности, кг/м^2 [118].

Коэффициент c_e принимаем для расчетов во всех случаях 1, а c_t – 0,8.

Коэффициент перехода от веса снегового покрова на горизонтальной плоскости к снеговой нагрузке на покрытие при равномерном распределении снега по поверхности определяется уравнением $\mu = 1,5 \cdot \cos(\alpha_a)$, где α_a – уклон участка ангара.

Для более точного определения уклона ангара и коэффициента μ разделим длину арки ангара на 6 равных участков и найдем значение уклона для каждого из них (рисунок 3.17). Величина α_a для участков 1 и 6 составила 60 градусов, для 2 и 5 – 40, для 3 и 4 – 20. Коэффициент μ соответственно равен 0,75, 1,15 и 1,4.

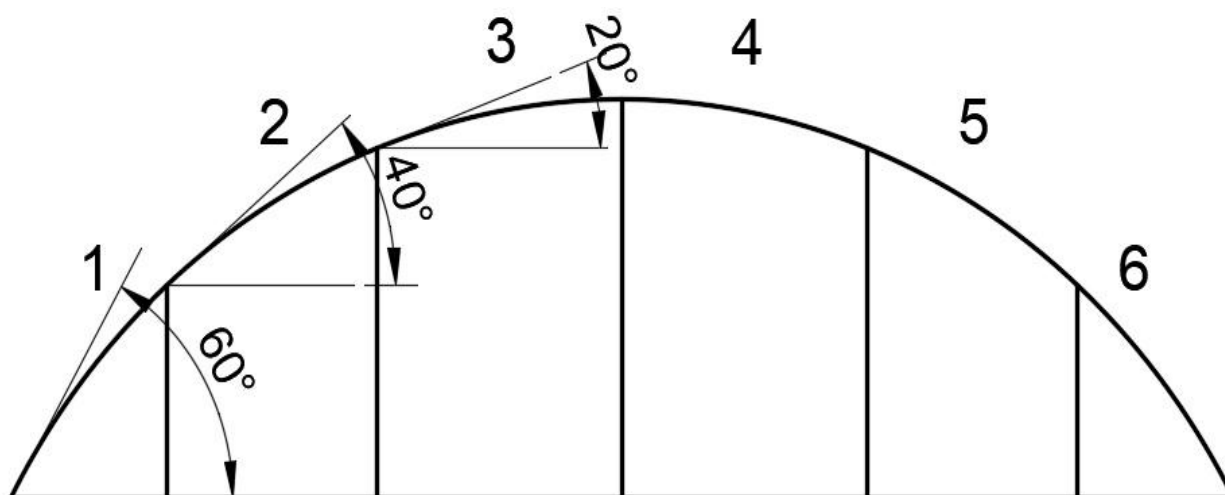


Рисунок 3.17 – Распределение ангара по участкам

Нормативное значение веса снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности принимается в зависимости от климатических особенностей районов России. Так, для Крайнего Севера это значение составляет 183,7 кг/м².

Максимально допустимое значение ветровой нагрузки на ангар рассчитаем по формуле

$$w_H = w \cdot k(z_e) \cdot c, \text{ кг/м}^2, \quad (3.14)$$

где w – нормативное значение ветрового давления, кг/м²; $k(z_e)$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления в зависимости от высоты; c – аэродинамический коэффициент.

Нормативное значение ветрового давления для районов Крайнего Севера составляет 30,6 кг/м². Коэффициент $k(z_e)$ для ангаров разных размеров будет изменяться от 1 для 50 литровой до 1,48 для 380 литровой драги. Аэродинамический коэффициент принимаем во всех случаях равным 0,7.

По строительным нормам и правилам нагрузки необходимо умножать на коэффициенты надежности. Однако вероятность того, что все нагрузки будут действовать одновременно с максимальными значениями, близка к нулю. Таким образом, компенсируем коэффициент надежности коэффициентом сочетания нагрузок.

Значения суммарных нагрузок приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Суммарная нагрузка на ангар q_a , кг/м²

Участки	Емкость черпаков драги, л				
	50	80	150	250	380
1, 6	99,9	102,4	105	107,6	110,2
2, 5	141	143,6	146,2	148,7	151,3
3, 4	166,7	169,3	171,9	174,5	177

Проверим поликарбонат на условие прочности по формуле

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{\text{расч}}} \leq [\sigma], \quad (3.15)$$

где σ_{\max} – максимальная прочность при изгибе, Па; M_{\max} – максимальный изгибающий момент, Н·м; $W_{\text{расч}}$ – расчетный момент сопротивления поперечного сечения, м³ [119];

$$M_{\max} = \frac{q_a \cdot b \cdot g \cdot l^2}{8}, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3.16)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; b – ширина листа поликарбоната, м; l – длина листа поликарбоната, м;

$$W_{\text{расч}} = \frac{b \cdot h_a^2}{6}, \text{ м}^3. \quad (3.17)$$

Расчет на прочность проводили с учетом того, что основу ангара составляет металлический каркас с размерами ячеек под листы поликарбоната квадратной формы. Прочность при изгибе у сотового поликарбоната составляет 60 МПа. В результате расчетов было установлено что условие (3.15) выполняется во всех случаях при соблюдении размера ячеек со сторонами не более 1,6 м. При этом проведение дополнительных мероприятий по повышению прочности конструкции не требуется.

3.3 Транспортировка ангара

Рассмотрим возможность передвижки ангара бульдозером. При этом учитываем, что ангар в основании оборудован металлическими салазками. Определим силу трения основания ангара с поверхностью:

$$F_{\text{тр}} = (m_a + m_б) \cdot g \cdot \psi, \text{ кН}, \quad (3.18)$$

где m_a – полная масса ангара, т; $m_б$ – эксплуатационная масса бульдозера, т; ψ – коэффициент трения основания ангара с поверхностью в процессе движения [120].

Транспортировка ангара возможна при выполнении следующего условия:

$$F_{\text{тяги}} \geq F_{\text{тр}}, \quad (3.19)$$

где $F_{\text{тяги}}$ – сила тяги бульдозера:

$$F_{\text{тяги}} = \frac{3,6 \cdot N_{\text{дв}}}{v} \cdot \eta_{\text{о.м}} \cdot \eta_{\text{тр}}, \text{ кН}, \quad (3.20)$$

где $N_{\text{дв}}$ – мощность двигателя бульдозера, кВт; v – скорость транспортировки ангара, км/ч; $\eta_{\text{о.м}}$ – коэффициент отбора мощности ($\eta_{\text{о.м}} = 0,9$); $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии (для гидромеханической – $\eta_{\text{тр}} = 0,7$).

Коэффициент трения принимаем во всех случаях равным 0,45.

Зная плотность, площадь и толщину поверхности ангаров для драг разных типоразмеров при оптимальной ширине заходки, определим их массу. Также учитываем массу металлического каркаса и салазок. Для драг с емкостью черпаков 50, 80, 150, 250 и 380 л полная масса ангаров составит соответственно 16, 19, 35 67 и 207 т. Так, при скорости транспортировки ангара 10 метров в минуту мощность бульдозеров должна быть не менее 54, 64, 94, 137, 313 кВт в зависимости от типа драги. Значение скорости для расчетов выбрано произвольно, но при этом больше, чем скорость зашагивания драги.

Технические характеристики современных бульдозеров, работающих на горнодобывающих предприятиях, в полной мере удовлетворяют требованиям

необходимой силы тяги, пример расчета которой представлен выше. Таким образом, можно сделать вывод о возможности передвижки ангаров бульдозером.

3.4 Выводы

При использовании технологии изолирования дражного разреза от воздействия отрицательной температуры необходимо решить ряд задач. С одной стороны, важно обеспечить безопасное маневрирование драги в ангаре, с другой – создать ангар с минимально возможными размерами для уменьшения капитальных затрат на его строительство и эффективного поддержания положительной температуры воздуха внутри него.

Определена минимальная длина ангаров для драг разных моделей. При этом принято одно зашагивание драги в пределах изолирующей конструкции.

Рассчитана высота ангаров. Установлено, что их высоты будут наименьшими при разработке месторождения с максимально возможным надводным бортом.

Графоаналитическим методом определена ширина ангаров, требуемая для безопасной разработки месторождения дражным способом. Вычислены площади ангаров для драг разных типоразмеров при различных углах маневрирования.

Произведен расчет прочности, в результате которого выявлено, что ангары из поликарбоната можно считать устойчивыми и безопасными для работы конструкциями.

Рассмотрена и доказана возможность передвижки ангаров бульдозером. Представлена полная масса ангаров для разных драг. Определены тяговые характеристики бульдозеров.

4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРЕДЛАГАЕМОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ДРАЖНЫМ СПОСОБОМ

4.1 Длина блока, обрабатываемого в период отрицательных температур

Расчет длины блока, обрабатываемого в рассматриваемый период, при применении предлагаемой технологии проводится для определения объема подготовительных и вспомогательных работ. Для данного расчета необходимо знать продолжительность добычных работ, производительность драги, мощность обрабатываемых песков.

Продолжительность добычных работ в период отрицательных температур можно определить следующим образом:

$$T_3 = T_{пр} - T_{тр}, \text{ сут}, \quad (4.1)$$

где $T_{пр}$ – годовая продолжительность добычных работ при применении предлагаемой технологии ведения дражных работ, сут; $T_{тр}$ – годовая продолжительность добычных работ при традиционной технологии, сут.

Зная продолжительность добычных работ, можно установить количество рабочих часов работы драги:

$$N_3 = T_3 \cdot n_{см} \cdot t_{см}, \text{ ч}, \quad (4.2)$$

где $n_{см}$ – количество смен в течение суток; $t_{см}$ – продолжительность смены, ч.

Далее определим объем обрабатываемого блока:

$$V_{\text{бл}} = Q_{\text{ч}} \cdot N_3, \text{ м}^3, \quad (4.3)$$

где $Q_{\text{ч}}$ – средняя производительность драги, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Площадь блока рассчитываем из следующего выражения:

$$S_{\text{бл}} = \frac{V_{\text{бл}}}{h_{\text{п}}}, \text{ м}^2, \quad (4.4)$$

где $h_{\text{п}}$ – мощность песков, м.

Длина блока, обрабатываемого в зимний период, составит

$$L_{\text{бл}} = \frac{S_{\text{бл}}}{B_3}, \text{ м}. \quad (4.5)$$

4.2 Оптимальная ширина одинарного дражного забоя при предлагаемой технологии

Для драг разных типоразмеров существуют формулы определения оптимального угла маневрирования и соответствующее ему значение ширины одинарного забоя, установленные опытным путем:

$$\beta_{\text{опт}} = 18,7 \cdot \sqrt[3]{10^6 \cdot \frac{v_6}{k_c \cdot R} \cdot (t_1 + k_c \cdot t_2)}, \text{ град}, \quad (4.6)$$

$$B_{\text{опт}} = 2 \cdot R \cdot \sin \frac{\beta_{\text{опт}}}{2}, \text{ м}, \quad (4.7)$$

где v_6 – скорость бокового перемещения драги вдоль забоя, м/с; k_c – число вынимаемых слоев породы при послышной разработке одного забоя; R – радиус черпания драги, м; t_1 – время одного зашагивания, ч; t_2 – время простоев драги в углах забоя при переходе к выемке лежащего ниже слоя породы, ч [см. 2, 40].

Однако в предлагаемой технологии необходимо учитывать стоимость ангара, а также ее изменение при разном угле маневрирования драги и содержании золота в песках, поэтому расчет оптимальной ширины одинарного дражного забоя произведем по представленной далее методике.

Рассмотрим, как изменится производительность драг при анализируемой технологии:

$$Q_{\text{ч}} = \frac{60 \cdot n \cdot E}{K_p} \cdot K_{\text{ч}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (4.8)$$

где n – скорость движения черпаковой цепи, черп./мин; K_p – коэффициент разрыхления пород; $K_{\text{ч}}$ – средний коэффициент наполнения черпаков породой [см. 77].

Коэффициент наполнения черпаков породой зависит от угла маневрирования драги. Так, при угле в 60 градусов коэффициент равен 0,95, а при угле в 140 градусов он снижается до 0,77.

Среднюю годовую производительность драги определим по уравнению

$$Q_{\text{год}} = 24 \cdot Q_{\text{ч}} \cdot K_{\text{и}} \cdot T, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.9)$$

где $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования рабочего времени.

По приведенным здесь формулам рассчитаем производительность драг разных типоразмеров при традиционной технологии разработки месторождения и при предлагаемой. Полученные результаты представлены на рисунке 4.1.

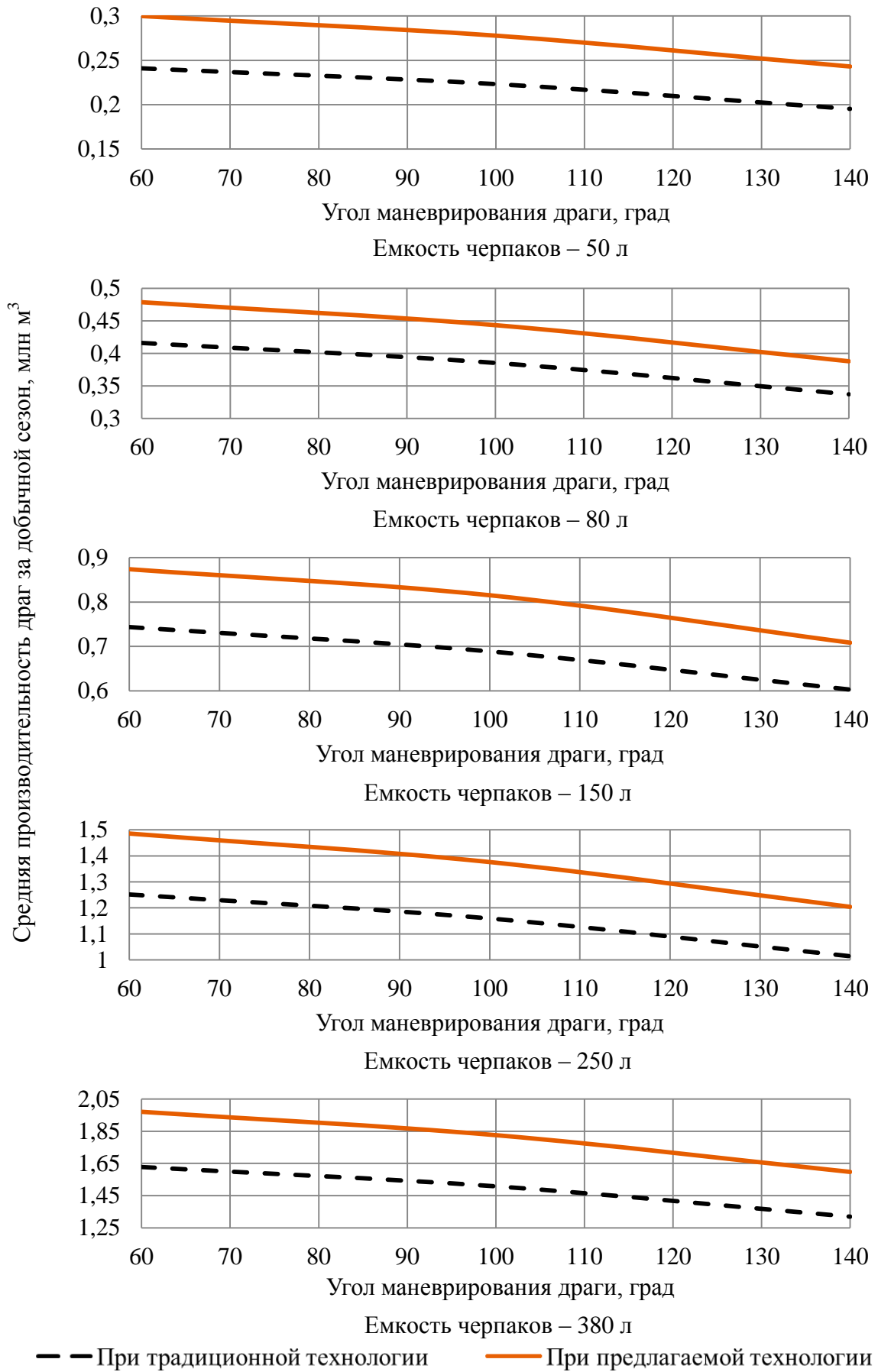


Рисунок 4.1 – Годовая производительность драг разных типоразмеров

Зная годовую производительность драг, определим чистую прибыль предприятия. Для расчетов потребуются значения содержания золота в песках и себестоимости добычных работ. Примеры расчета себестоимости и прибыли представлены в конце настоящей главы.

При использовании предлагаемой технологии необходимо также знать стоимость ангара и ежегодные затраты на его передвижку (рисунки 4.2, 4.3). Стоимость ангара включает в себя затраты на поликарбонат, металлический каркас, салазки и установку конструкции. При этом учитывалась рекомендуемая толщина поликарбоната для драг разных типоразмеров и его цена (см. главу 2). В дальнейших расчетах было принято, что срок окупаемости предприятия при данной технологии должен составить не более 10 лет, что соответствует гарантийному сроку эксплуатации поликарбоната.

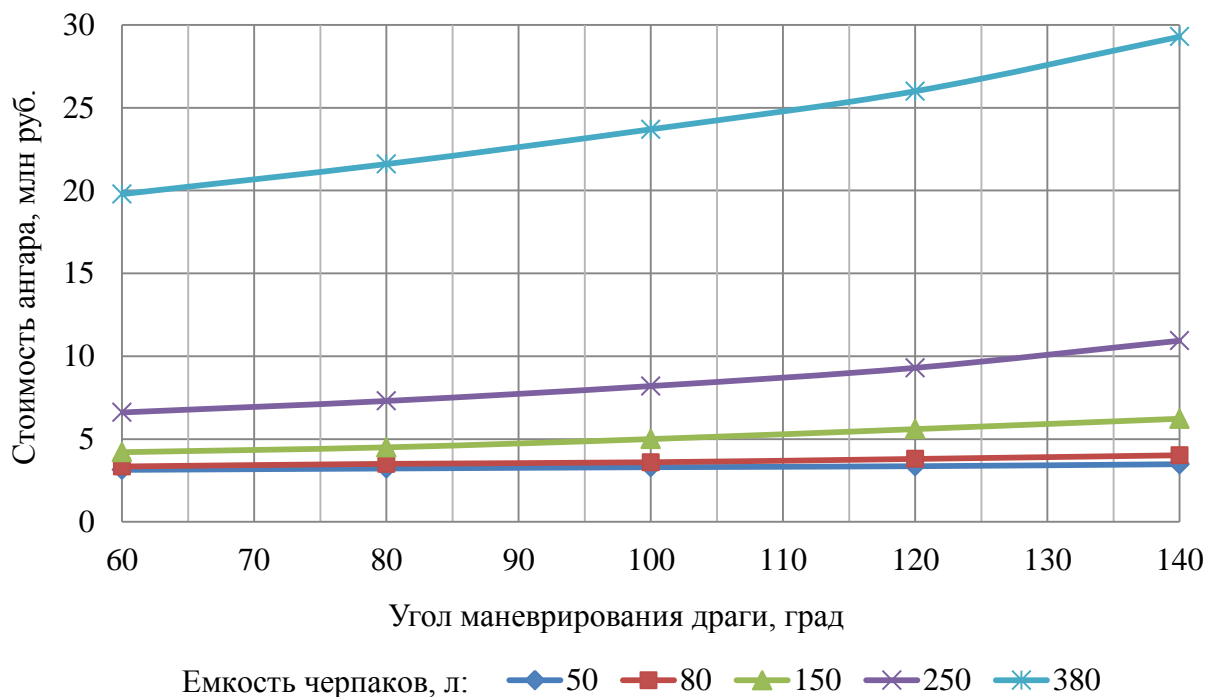


Рисунок 4.2 – Изменение стоимости ангара в зависимости от типа драги и угла ее маневрирования

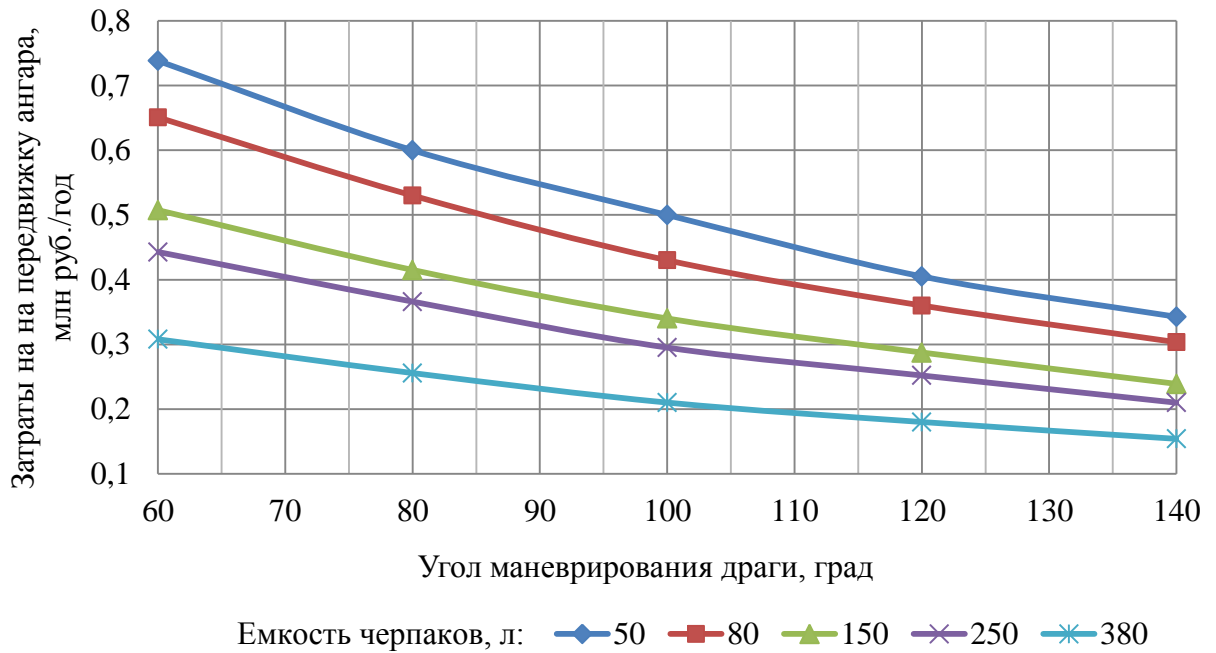


Рисунок 4.3 – Ежегодные затраты на передвижку ангара при различных углах маневрирования драг

Далее определим разницу чистой прибыли сравниваемых технологий для драг разных типоразмеров при различных углах маневрирования и содержаниях золота в песках. В качестве примера на рисунке 4.4 показано увеличение прибыли при работе драги 250Д с применением предлагаемой технологии, а также (горизонтальными линиями) – затраты на ангар. Представленные результаты рассчитаны при содержании золота в песках $0,1 \text{ г/м}^3$.

В результате построения графиков были получены уравнения вида $C=m \cdot T$, где C – прибыль при использовании предлагаемой технологии, млн руб., m – коэффициент, зависящий от типа драги и угла маневрирования; T – срок окупаемости предприятия при данной технологии, лет.

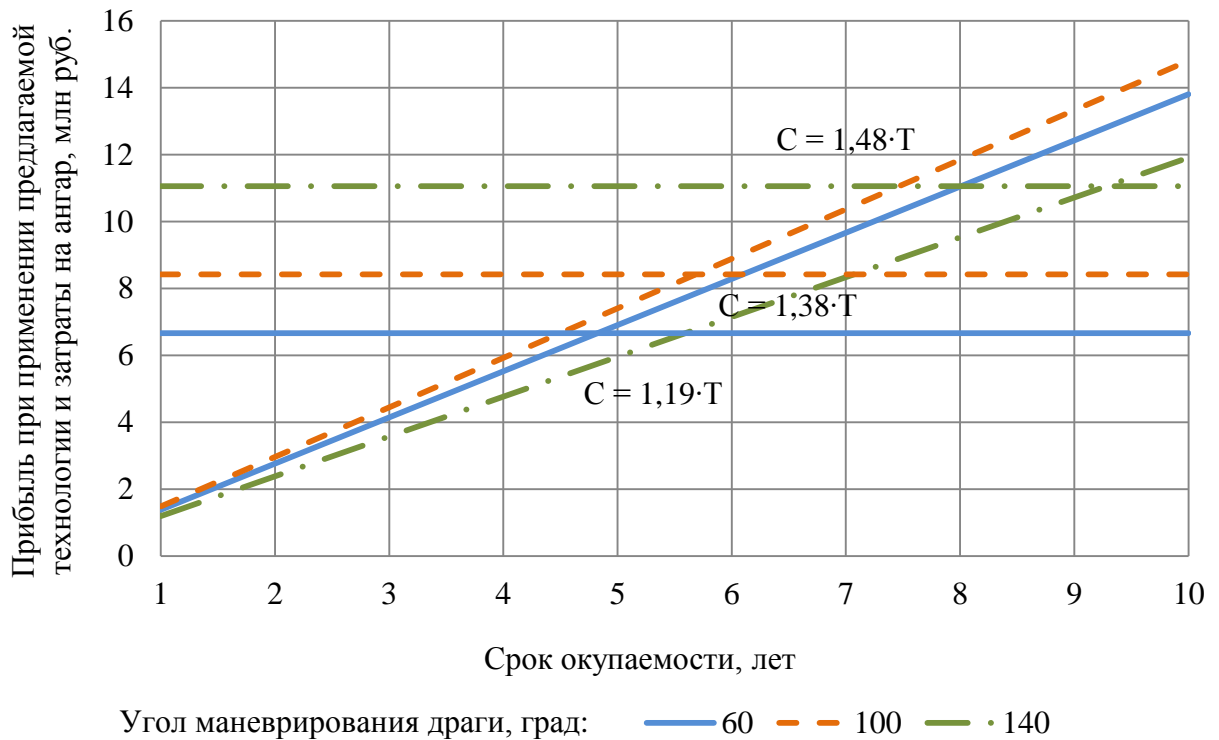


Рисунок 4.4 – Прибыль предприятия и затраты на ангар при применении предлагаемой технологии для драги 250Д с содержанием золота в песках 0,1 г/м³

Зная прибыль и коэффициент m , найдем срок окупаемости предприятия при разных углах маневрирования драги (рисунок 4.5).

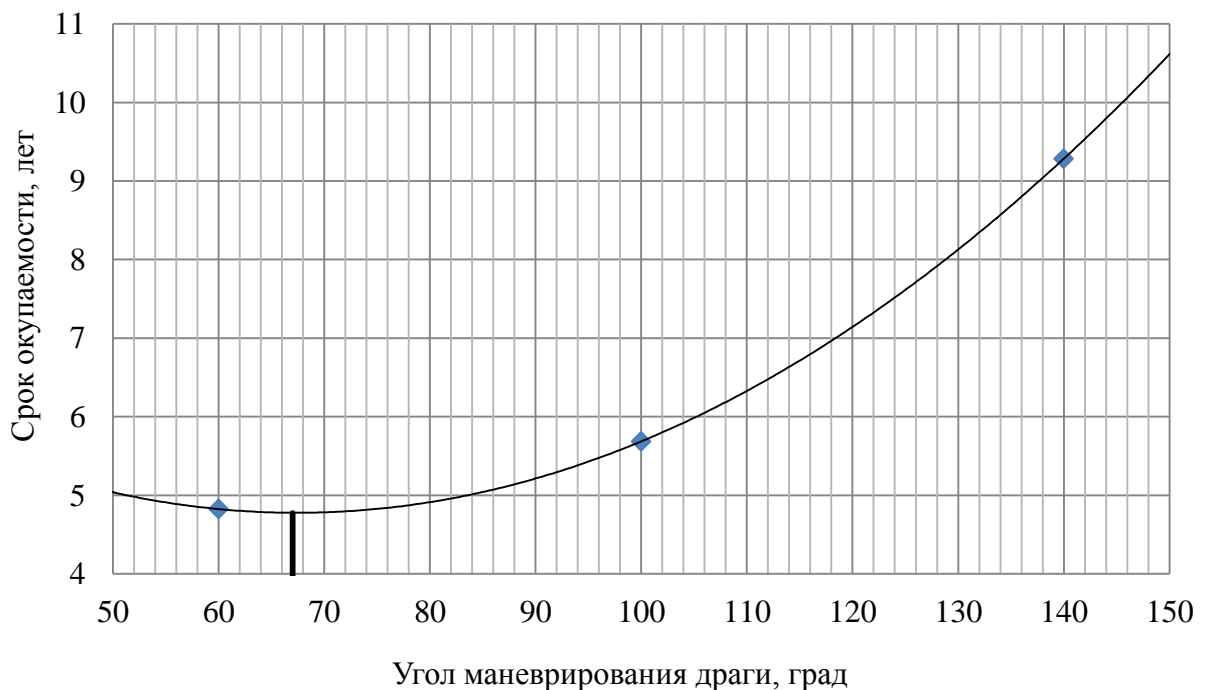


Рисунок 4.5 – Зависимость срока окупаемости предприятия при применении предлагаемой технологии для драги 250Д от угла маневрирования при содержании золота в песках 0,1 г/м³

По полученным значениям строим линию, уравнение которой описывает их расположение на графике. Точка с наименьшим сроком окупаемости будет наивыгоднейшим значением, а соответствующий угол маневрирования драги – оптимальным. Таким образом, оптимальный угол разработки месторождения с содержанием золота в песках (c) $0,1 \text{ г/м}^3$ драгой 250Д при применении предлагаемой технологии составит 67 градусов. Значения оптимальных углов при других условиях представлены на рисунке 4.6.

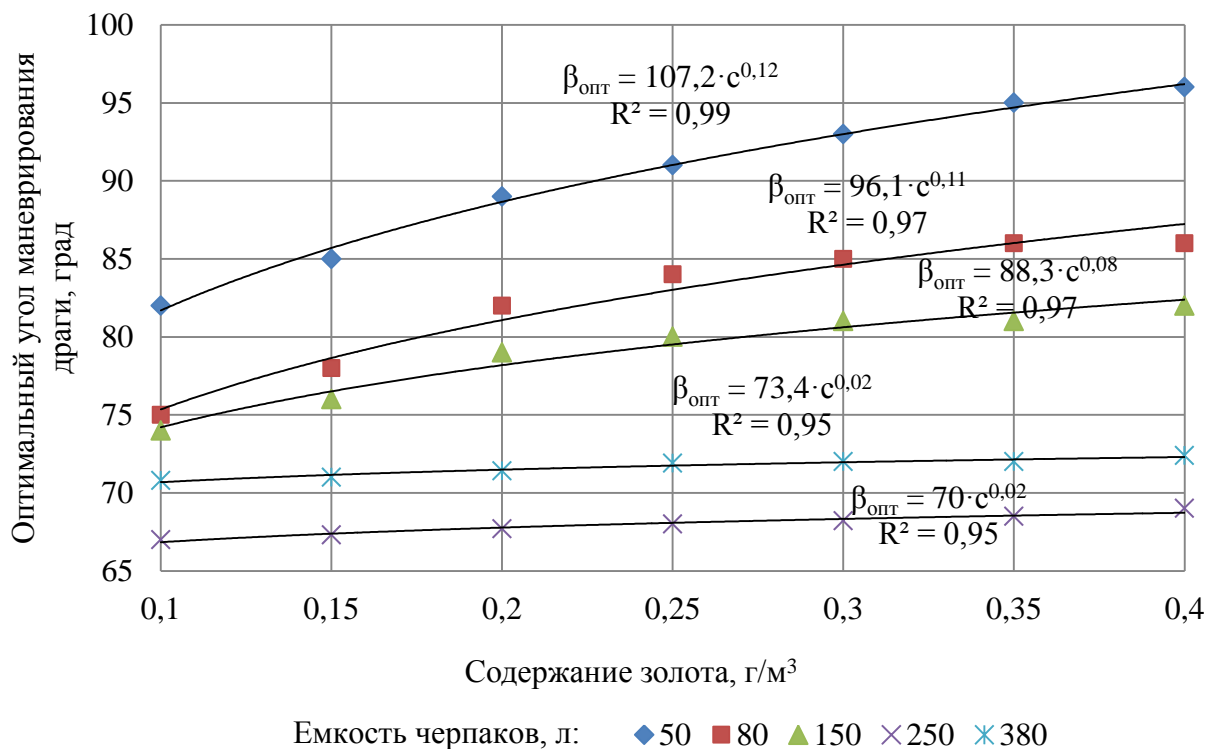


Рисунок 4.6 – Значения оптимальных углов маневрирования в зависимости от типа драги и содержания золота в песках

Далее определим оптимальную ширину одинарного дражного разреза по известной зависимости (4.7). Расчетные данные, а также полученные уравнения представлены на рисунке 4.7.

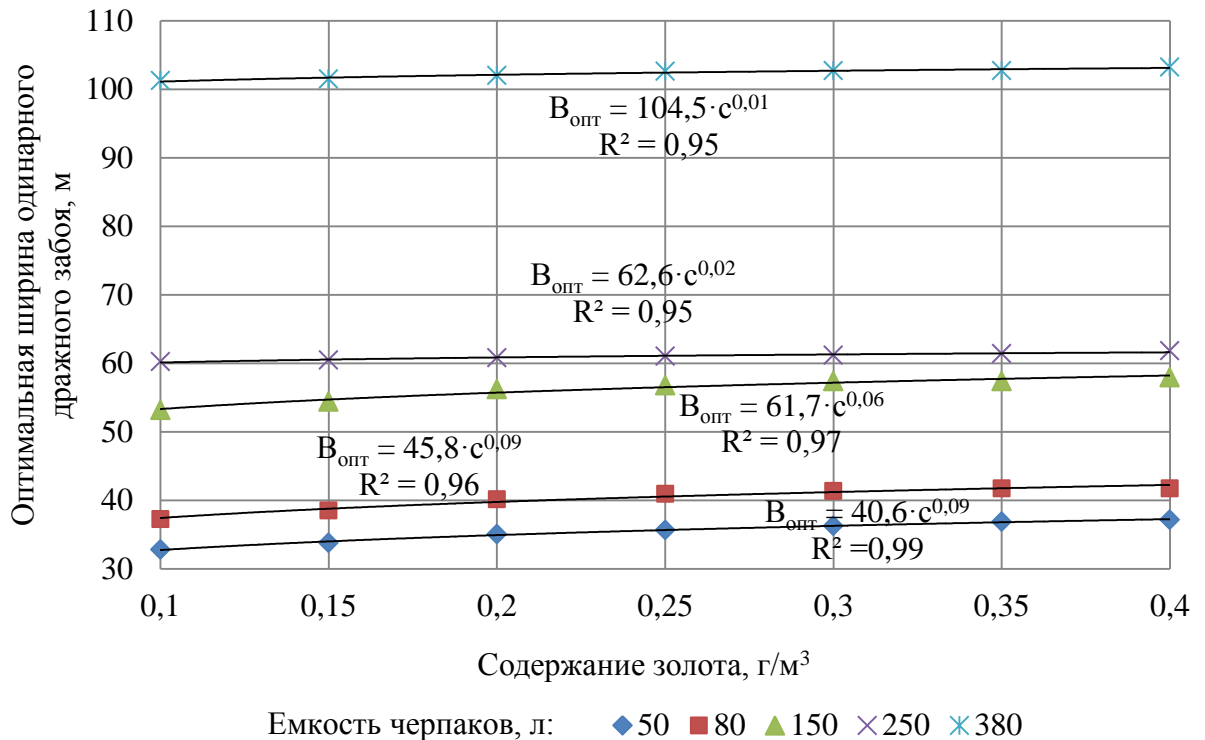


Рисунок 4.7 – Значения оптимальной ширины одинарного дражного забоя в зависимости от типа драги и содержания золота в песках

4.3 Основные технологические решения

Как описывалось ранее, ангар устанавливают на металлические салазки для возможности его транспортировки (рисунок 4.8).

Нижнюю часть ангара со стороны стакера драги необходимо выполнять в виде откидных резиновых полотен. В процессе передвижки полотна под собственным весом будут налегать на отвалы и перемещаться по ним, исключая тепловыделение из ангара. Высоту крепления полотен определяют исходя из максимального значения высоты отвалов при конкретных условиях и регулируют в течение всего периода использования ангара. Передняя часть ангара также оборудуется резиновыми полотнами, высота которых должна быть равной высоте салазок. Таким образом достигается безопасная эксплуатация ангара при его транспортировке.

Для пропуска рабочих под перекрытие, а также для доставки грузов на драгу ангар оборудуют дверью, которая находится в его передней части в месте расположения трапа драги.

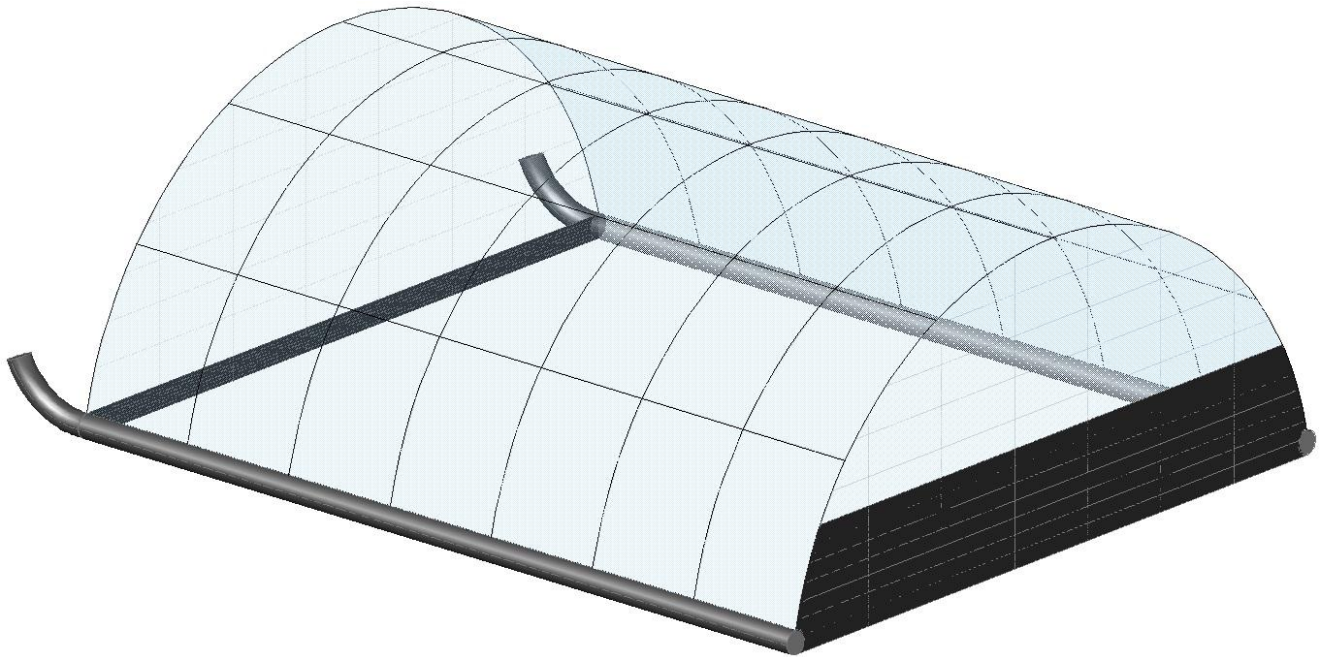


Рисунок 4.8 – Дражный ангар

Повороты свайных драг осуществляются с помощью бортовых канатов, которые пропускают через береговые ролики, что уменьшает их износ при перемещении по поверхности россыпи, а также снижает нагрузку на двигатель лебедки. Ролики, в свою очередь, через оттяжку крепятся к «мертвякам».

По предлагаемой технологии береговые ролики следует устанавливать за периметром ангара в непосредственной близости к нему (рисунок 4.9), тогда обнаженные области в конструкции ангара сводятся к минимуму. Закреплять ролик следует на двух или трех оттяжках, что позволяет предотвратить его перемещение при повороте драги.

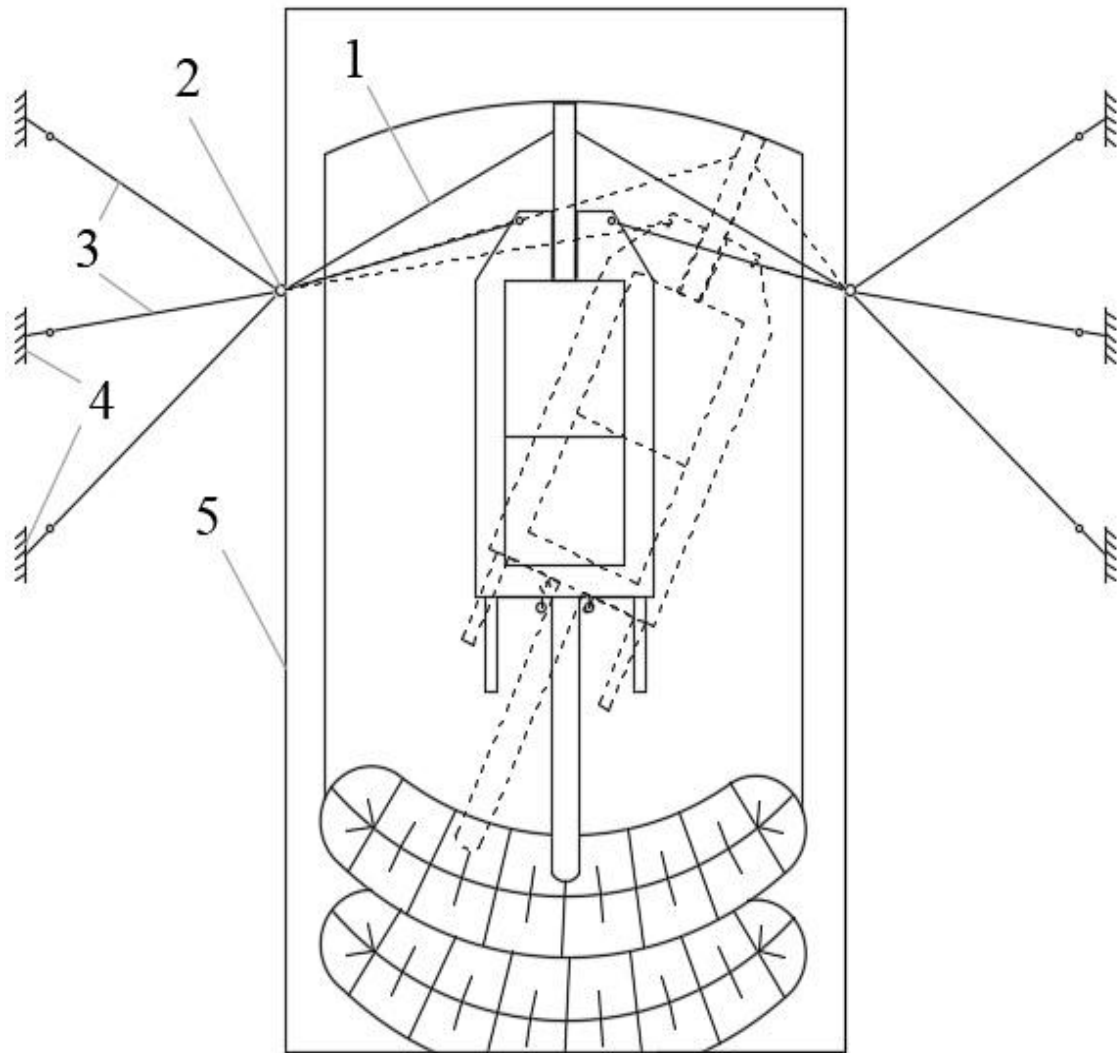
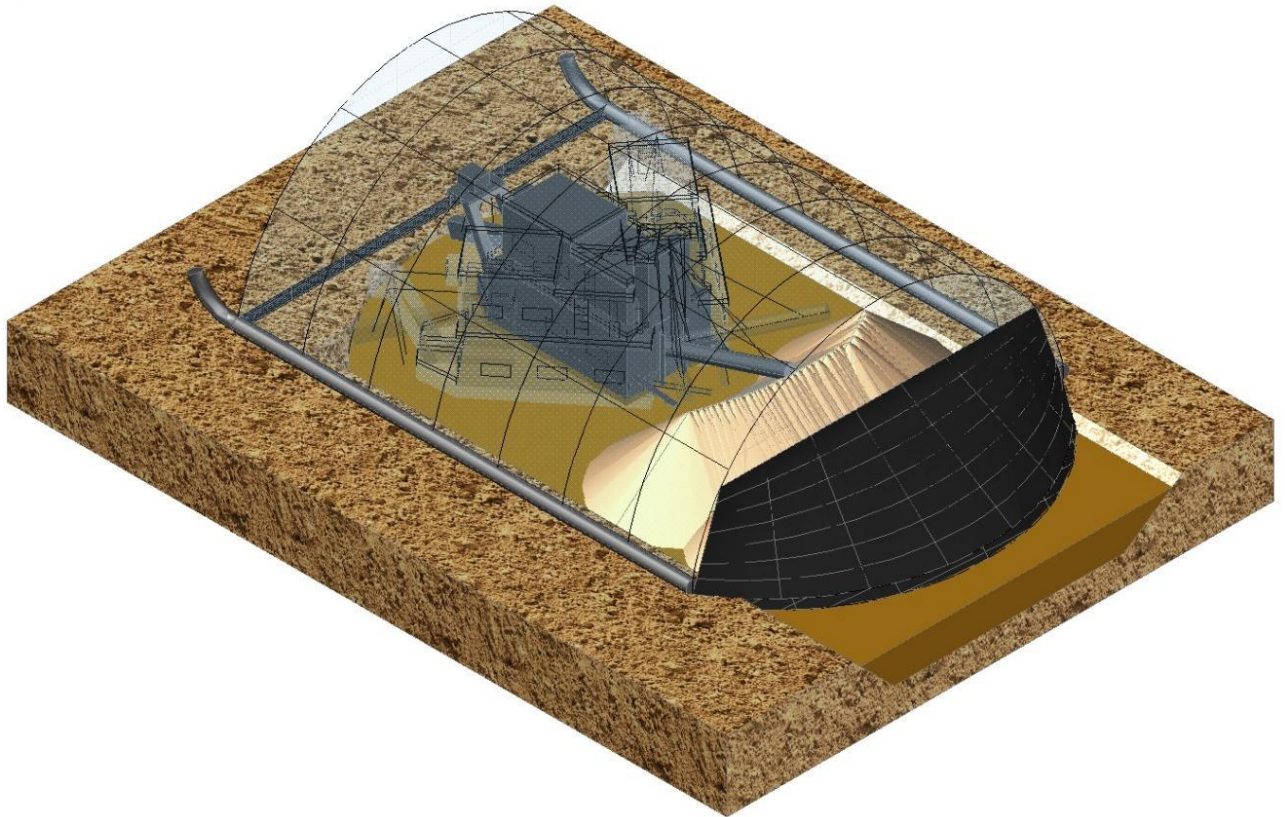


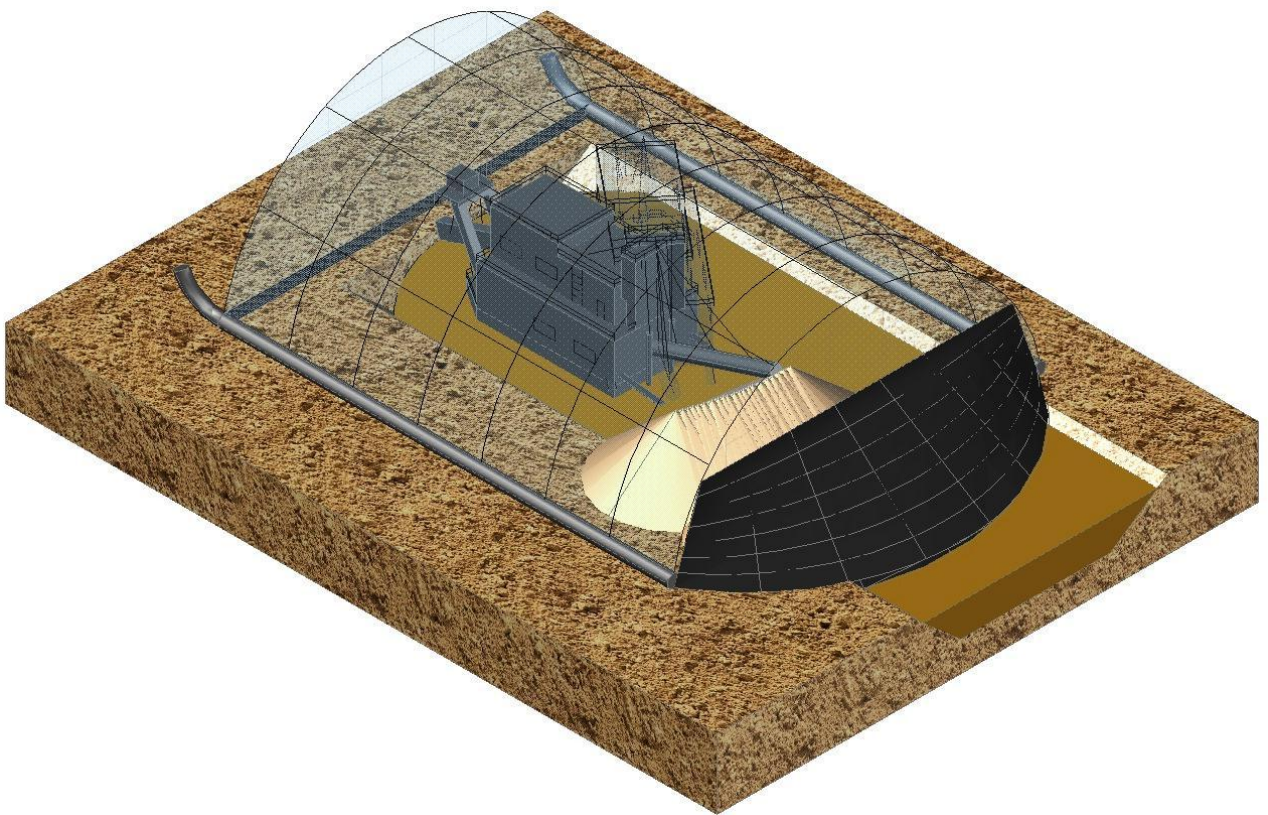
Рисунок 4.9 – Схема крепления береговых роликов при изолировании дражного разреза:
 1 – бортовой канат; 2 – береговой ролик; 3 – оттяжки; 4 – «мертвяки»; 5 – дражный ангар

Выемка пород в вертикальной плоскости может быть либо послойной, либо поддором. В последнем случае обрушение породы может повлиять на устойчивость ангара, поэтому необходимо применять исключительно послойную выемку, при этом она обеспечивает лучшие условия и показатели работы драг.

Выемка пород в горизонтальной плоскости возможна прямым забоем, косым забоем, полузабоями, комбинированными способами. Схемы разработки россыпных месторождений дражным способом при использовании предлагаемой технологии косым и прямым забоями представлены на рисунке 4.10.



а



б

Рисунок 4.10 – Схемы изолирования дражного разреза ангаром при разработке месторождения в период отрицательных температур: а – прямым забоем; б – косым забоем

Стоит отметить, что все расчеты, представленные ранее, были проведены для способа выемки пород прямым забоем как наиболее распространенного. Для способа выемки пород косым забоем выполнены аналогичные расчеты. В результате определено, что размеры ангаров при прямом и косом забое изменялись незначительно из-за большого вылета стакера, однако годовая производительность при последнем в сравнении с разработкой месторождения прямым забоем резко снижалась. Срок окупаемости предприятия при данной технологии и работе драги косым забоем в зависимости от ее модели и содержания золота в песках будет на 20-35% меньше, чем при работе прямым забоем. Таким образом, если нет острой необходимости предотвращения подсыпки пласта песков отвалами или одностороннего расположения отвалов следует применять выемку прямым забоем.

На выбор системы разработки россыпных месторождений влияет их тип и параметры. Известны следующие системы дражной разработки: одинарно-продольная, одинарно-поперечная, смежно-продольная, смежно-поперечная и комбинированные.

Смежные системы разработки в предлагаемой технологии применять не целесообразно по ряду причин. Увеличение оптимальных размеров ангара для одновременной разработки месторождения двумя-тремя (реже большим числом) смежными забоями одностороннего направления негативно отразится на температурном режиме в изолированном пространстве дражного разреза, в результате чего уменьшится годовая производственная мощность драги, а затраты на строительство ангара и его эксплуатацию возрастают. В случае сохранения оптимальной ширины ангара возникает проблема передвижки и установки его на смежный забой.

При предлагаемой технологии рекомендуется такое планирование, чтобы один выемочный участок обеспечивал производство в течение всего зимнего периода, что позволит исключить развороты драги и ангара. Схема работ в этом случае упрощается, и затраты на горно-подготовительные мероприятия значительно сокращаются. Однако если ширина россыпи больше оптимальной

ширины дражного забоя, то разработку ведут по одинарно-поперечной или одинарно-продольной системе в забоях взаимопротивоположного направления. В данном случае необходимы повороты драги и ангара, которые следует выполнять строго одновременно. Поворот ангара, как и его передвижку, производят бульдозером при помощи стальных канатов, прикрепленных к салазкам ангара.

Предлагаемая технология предусматривает, что в летний период добычу ведут на участке 1 (рисунок 4.11), где может быть использована любая система разработки. В это же время производят вскрытие полигонов, предназначенных для зимней разработки – участок 2. При необходимости осуществляют выполаживание с помощью бульдозеров.

Далее подготовленный участок предохраняют от промерзания. Сегодня известны следующие способы предохранения горных пород: затопление водой гидротехническими сооружениями с противодиффузионными экранами и завесами; затопление водой гидротехническими сооружениями с компенсацией диффузионных потерь; вскрыша торфов ниже уровня грунтовых вод на глубину промерзания водоема; естественные теплоизоляционные покрытия; искусственные теплоизоляционные покрытия; снижение температуры смерзания пород; ледовоздушные покрытия; затопление водой и покрытие искусственными теплоизоляторами; искусственные теплоизоляционные покрытия с электроподогревом [см. 15]. Представленные способы обладают широким рядом технологических приемов и технических средств, выбор которых зависит от конкретных горно-геологических условий месторождения.

В этот же период рядом с участком, предназначенным для зимней добычи, следует подготавливать накопительный зумпф, который послужит дополнительным источником водоснабжения в дражный разрез в период устойчивых отрицательных температур окружающего воздуха. Рекомендуемый объем зумпфа для драг разных типоразмеров можно рассчитать по формуле

$$V_3 = 3,6 \cdot q \cdot T_3 \cdot K_n + S_3 \cdot h_n, \text{ м}^3, \quad (4.10)$$

где q – необходимый приток воды в дражный разрез, л/с; S_3 – площадь зумпфа, m^2 ; $h_{л}$ – мощность ледяного покрова в зимний период, м.

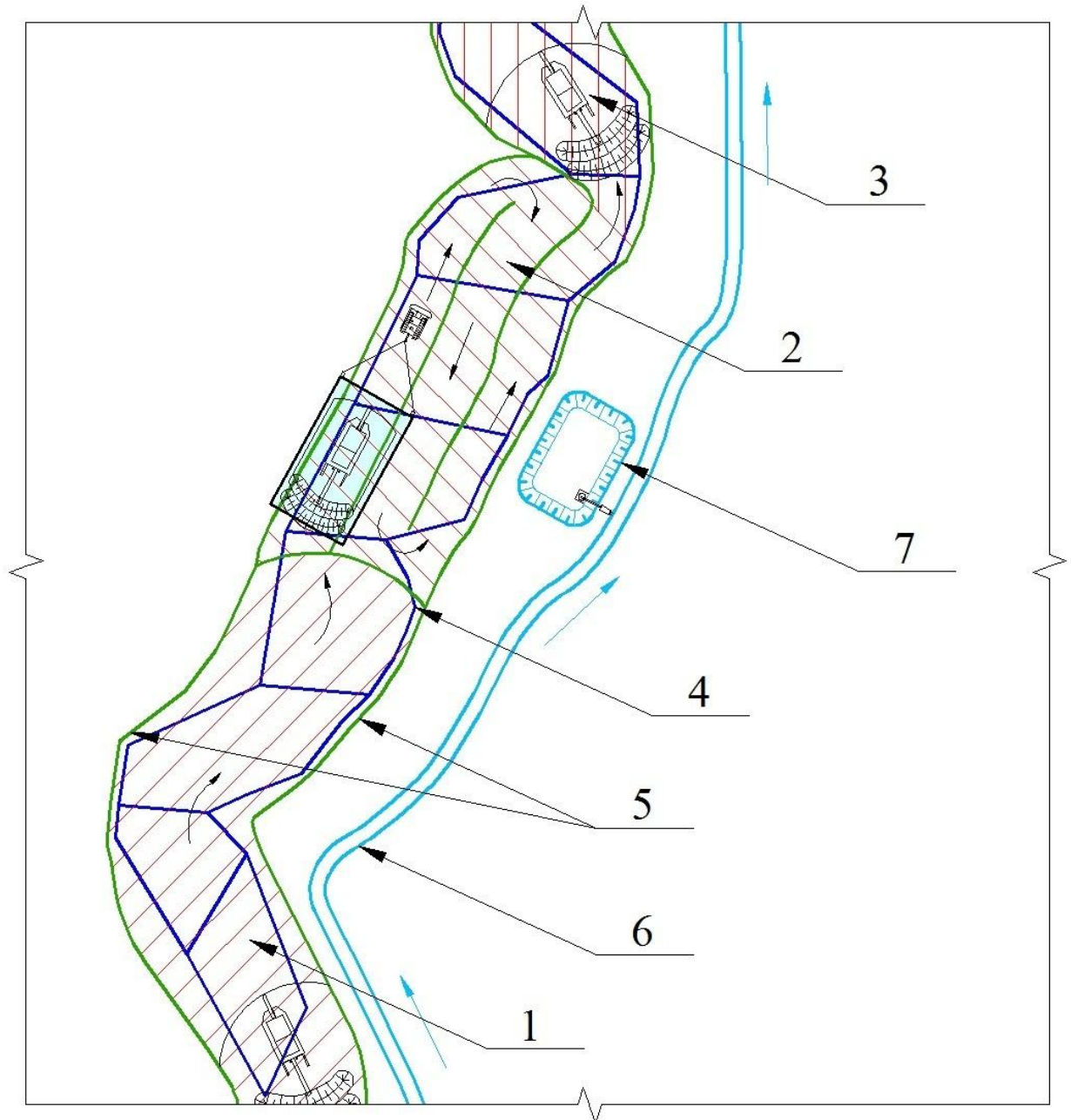


Рисунок 4.11 – Пример календарного планирования разработки месторождения дражным способом при применении предлагаемой технологии:

1, 2 – участки, обрабатываемые в первый год без изолирования и с изолированием разреза дражным ангаром; 3 – участок, обрабатываемый во второй год без изолирования разреза; 4 – балансовые запасы; 5 – контур дражного карьера; 6 – водоприток; 7 – накопительный зумпф

К моменту наступления поздней осени, когда среднесуточная температура окружающего воздуха устанавливается ниже среднесуточной температуры воды в

дражном разрезе, драга должна закончить добычные работы на участке 1. К этому периоду завершают монтаж ангара, причем его торцевую часть следует оставить открытой для оперативного перекрытия драги и разреза. Рационально совмещать ремонтные работы на драге с монтажом ангара. После завершения вспомогательных мероприятий производится разработка подготовленного участка 2, при этом добычные и обогатительные работы, а также отвалообразование в зимний период ведутся внутри ангара.

К началу весны драга должна подойти к участку 3, в этот период ангар частично демонтируют и перемещают на безопасное расстояние до следующей осени.

Далее рассмотрим экономическую эффективность предлагаемой технологии на примере месторождения россыпного золота в долине р. Калами.

4.4 Анализ экономической эффективности предлагаемой технологии

Участок рассматриваемого месторождения россыпного золота расположен в нижнем и среднем течении р. Калами, протекающей в северо-восточной части Енисейского кряжа (рисунок 4.12). На всем протяжении долина реки подвергалась мускульным и дражным разработкам. Рельеф района месторождения относится к низкогорному, характеризующемуся сглаженными формами и плавными контурами, простирающие основных водоразделов северо-западное, совпадающее с направлением основных тектонических структур Енисейского кряжа.

По климатическим условиям территория относится к району Крайнего Севера. Климат резко континентальный с продолжительной (с октября по май) суровой зимой и коротким летом. Общее число в году дней с отрицательной температурой – от 215 до 240. Устойчивый снеговой покров ложится в первой половине октября. Наиболее холодные месяцы – декабрь и январь, среднемесячная температура которых достигает $-26,8$ °С. Полное стаивание снега в тайге происходит в начале июня. Среднегодовая температура воздуха колеблется от $-2,7$ до $-6,5$ °С. Среднегодовое количество атмосферных осадков

составляет 460–470 мм. Глубина сезонного промерзания почвы колеблется от 0,4 до 2,5 м. Многолетняя мерзлота отмечается в долинах большинства рек и имеет, как правило, островной характер. Господствующее направление ветров южное и западное, преобладающая скорость 5 м/с.

Прочный ледяной покров р. Калами устанавливается к середине ноября. Толщина льда в среднем составляет 0,4 м. Вскрытие рек происходит обычно в середине мая – начале июня. Продолжительность весеннего ледохода 2–10 дней.

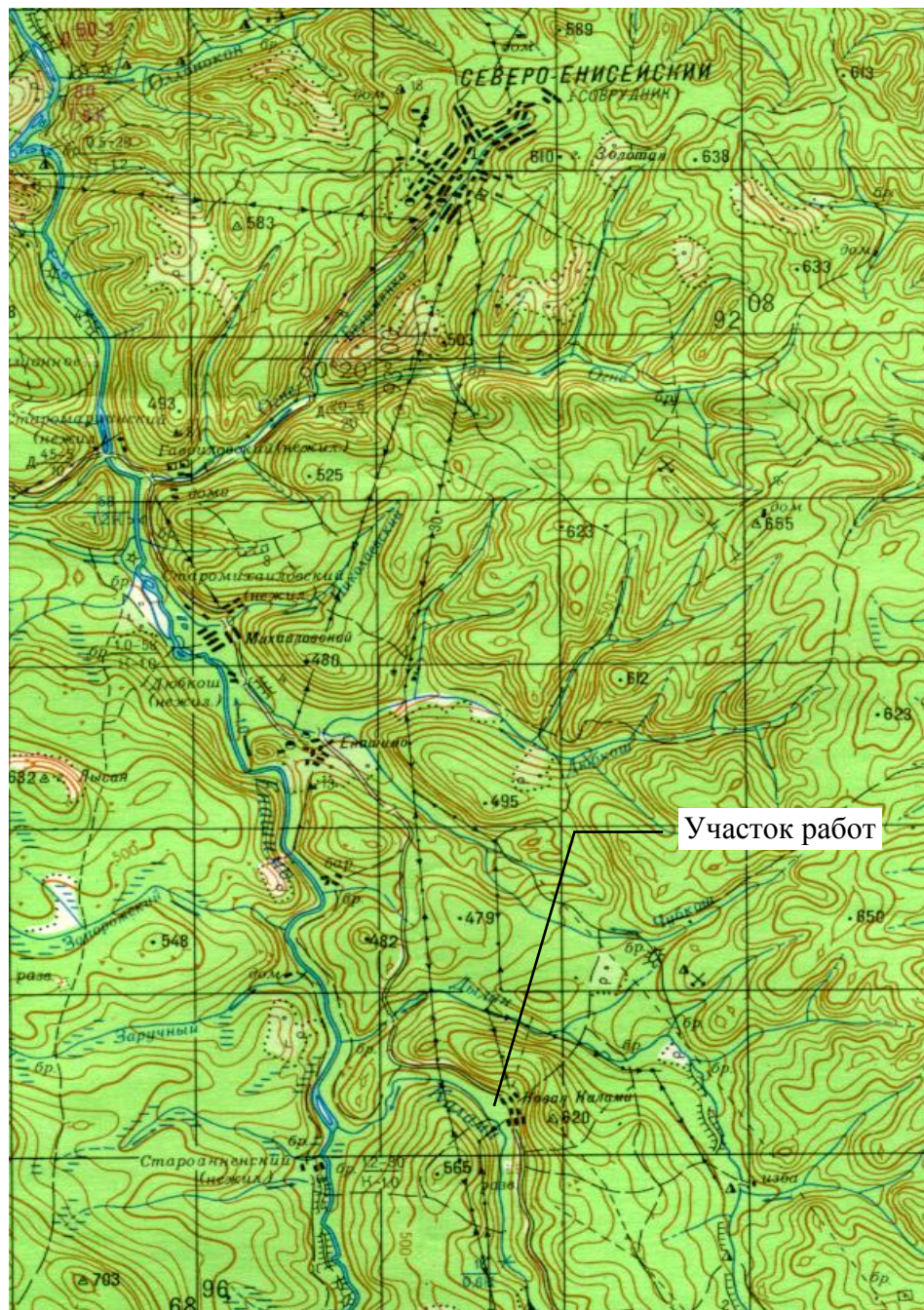


Рисунок 4.12 – Обзорная карта рассматриваемого района

Суровый климат района определяет сроки работы дражного флота. Наиболее ранний пуск драг приходится на начало апреля, окончание работ – на ноябрь-декабрь (в настоящее время в начале ноября).

Характеристика золота рассматриваемого месторождения отражена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Гранулометрический состав золота

№ класса	Размер зерен, мм	Количество золотин данного класса	Вес золота в классе, мг	Процент золота данного класса, %	Средний вес одной золотины, мг	Процент золота меньше данного класса	Крупность по классификации Иргиредмет
1	+2,0	30	27,9	0,14	44,9	99,86	Крупное
2	+1,25	550	199,5	1	9,34	98,86	Крупное
3	+0,9	1729	1765,6	8,85	1,86	90,01	Среднее
4	+0,6	12225	2857	14,32	0,48	75,7	Мелкое
5	+0,45	48644	4816,2	24,14	0,09	51,55	Очень мелкое
6	+0,22	280	6077	30,46	0,01	21,09	
7	-0,22	200	4207,7	21,09	0,08		
	Всего	63658	19951,3	100	0,31		

Сезонная производительность драги 250Д на предприятии составляет 500 тыс. м³. Производительность по месяцам представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Расчет сезонной производительности драги

Период	Коэффициент использования при эксплуатации в различные календарные сезоны	Часы работы в сутки, ч	Суточная производительность, м ³ /сут	Число дней работы в месяц	Объем промывки в месяц, м ³ /мес	Среднее содержание, мг/м ³
Апрель	0,79	18,96	2 977,3	5	14 886	200
Май	0,86	20,64	3 241,2	30	97 234	225
Июнь	0,8	19,2	3 015	29	87 435	244
Июль	0,76	18,24	2 864,3	30	85 928	173
Август	0,73	17,52	2 751,2	30	82 536	152
Сентябрь	0,53	12,72	1 997,5	29	57 926	176
Октябрь	0,55	13,2	2 072,8	30	62 184	288
Ноябрь	0,63	15,12	2 374,3	5	11 871	375
Всего	0,71	16,95	2 659,6	188	500 000	

4.4.1 Расчет капитальных затрат на строительство предприятия

Капитальные затраты определяются как сумма средств, которые необходимы для строительства и оснащения оборудованием карьера, прироста оборотных средств для нормального функционирования предприятия и расходов на подготовку капитального строительства.

Источниками инвестиций могут служить привлеченные средства, выделяемые вышестоящей промышленно-финансовой группой, средства от продажи акций, собственные финансовые средства, а также кредиты иностранных инвесторов (заемный капитал).

Затраты на горно-капитальные работы приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Расчет капитальных затрат на строительство предприятия

Наименование	Объем, тыс. м ³	Стоимость, руб./ед.	Общая стоимость, тыс. руб.	Амортизационные отчисления	
				на 1 м ³ в год, руб.	всего, тыс. руб./год
Добычные работы					
Уборка и складирование ППС	37,5	20,3	761,25	0,39	312
Проходка руслоотводной канавы	16,5	18,7	308,55	0,16	128
Проходка нагорной канавы	19,8	18,7	370,26	0,19	152
Строительство плотин	78	25,3	1973,4	1	800
Прочие работы	21	20	420	0,22	176
Итого			3833,46	1,96	1568
Вскрышные работы					
Рыхление	73	16,5	1204,5	0,61	488
Вскрыша торфов	144	18,7	2692,8	1,36	1088
Прочие работы	93	20	1860	0,94	752
Итого			5757,3	2,91	2328
Всего			9590,76	4,87	3896

Капиталообразующие затраты на производственные здания и сооружения рассчитывают исходя из их объемов и стоимости строительства 1 м³. Также

следует произвести расчет размера амортизационных отчислений по данным фондам. Результаты представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Смета капитальных затрат на здания, сооружения и дороги

Наименование	Количество, шт.	Цена за единицу, тыс. руб.	Общая сумма затрат, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Годовая сумма амортизационных отчислений, тыс. руб.
Здания и сооружения					
АБК	1	44000	44 000	5	2 200
Склад ГСМ	1	930	930	5	46,5
Поликарбонат	2200	4	8 800	10	880
Металлические трубы	4950	0,3	1485	20	297
Салазки	2	150	300	20	60
Грунтовая автодорога, км	2	22	44	50	22
Всего			55 559		3 505,5

Напомним, что для определения нормы амортизации время службы поликарбоната принято равным 10 годам, что соответствует гарантийному сроку его эксплуатации.

Смета капитальных затрат на электромеханическое оборудование приведена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Смета капитальных затрат на электромеханическое оборудование

Наименование	Количество, шт.	Цена за единицу, тыс. руб.	Общая сумма затрат, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Годовая сумма амортизационных отчислений, тыс. руб.
Драга 250Д	1	46000	46000	4	1 840
Бульдозер Т-35	1	12000	12000	5	600
Бульдозер Т-11	1	6500	6500	5	325
Экскаватор Komatsu PC200	1	8000	8000	5	400
Автокран	1	3800	3800	5	190
Автомобиль бензовоз	1	3000	3000	4	120
Вахтовый автобус	1	3600	3600	5	180
Сварочный агрегат	1	240	240	5	12
Всего			83140		3 667

Смета на строительство предприятия приведена в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Сводная смета затрат на строительство предприятия

Наименование затрат	Сумма затрат, тыс. руб.	Затраты на 1 ед. производственной мощности, руб./ед.
Часть 1		
Промышленные здания и сооружения		
Горно-капитальные работы	9590,76	11,99
Здания и сооружения	55559	69,45
Электромеханическое оборудование	83140	103,93
Благоустройство промышленной площадки	1482,9	1,85
Временные объекты на строительные работы	4300,4	5,38
Итого по 1 части сметы	154073,06	192,59
Часть 2		
Проектно-сметные работы		
Подготовка эксплуатационных кадров	478	0,6
Содержание дирекции строящегося предприятия	924,44	1,16
Итого по 2 части сметы	1402,44	1,75
Всего по 1 и 2 частям сметы	155475,5	194,34
Непредвиденные работы	7773,77	9,72
Жилищное, культурно-бытовое строительство	4826,25	6,03
Всего по смете	168075,52	210,09

4.4.2 Организация управления производством и труда

Руководство работой предприятия осуществляет директор, путем использования общих методов организации производства.

Оперативно-техническое руководство закреплены за главным инженером прииска. Под его руководством разрабатывают производственно-технические планы и мероприятия по их выполнению. Главный инженер принимает решения по развитию рационализаторства и изобретательства, внедрению новой техники, а также осуществляет контроль над правильным ведением горных работ и несет полную ответственность за состояние техники безопасности и охраны труда на предприятии. Эти же функции выполняют начальники драг, находящиеся в непосредственном подчинении у главного инженера.

Главный механик и главный энергетик возглавляют энергомеханическую службу, организуют правильную эксплуатацию машин и механизмов, электрических подстанций и силовых линий, а также насосных и компрессорных установок на драгах. Они руководят ремонтом оборудования и контролируют состояние техники.

Отдел труда и заработной платы занимается вопросами организации и нормирования труда и заработной платы.

Главный геолог и главный маркшейдер руководят геолого-маркшейдерской службой, которая осуществляет надзор за правильной эксплуатацией недр, ведет учет объемов добычи и вскрыши.

Начальник драги организует производственный процесс и решает вопросы, непосредственно связанные с технологией горных работ на дражном полигоне.

Вопросами безопасности работ занимается заместитель главного инженера по ТБ.

В соответствии с предлагаемой технологией добычной сезон принят равным 340 дням с непрерывной рабочей неделей и двумя сменами в сутки продолжительностью 11 часов каждая.

Расчет численности рабочих и фонда заработной платы приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Расчет численности рабочих и фонда заработной платы

Наименование профессии	Численность		Всего	Смен к оплате	Оплата трудодня, руб.	КТУ	Надбавка за выслугу лет	Заработная плата, тыс. руб.				
	1 смена	2 смена						по трудодню	с учетом КТУ	с выслугой лет	отпуск (15 %)	Всего
Основной производственный персонал												
Драгер	1	1	2	680	1800	2	1,1	1224	2448	2692,8	403,92	3096,72
Старший машинист	1	1	2	680	1500	1,6	1,1	1020	1632	1795,2	269,28	2064,48
Кормовой машинист	1	1	2	680	1400	1,2	1,1	952	1142,4	1256,64	188,5	1445,14
Шлюзовщик	1	1	2	680	1200	1,3	1,1	816	1060,8	1166,88	175,03	1341,91
Машинист бульдозера Т-35	1	1	2	680	1200	1,4	1,1	816	1142,4	1256,64	188,5	1445,14
Машинист бульдозера Т-11	1	1	2	680	1200	1,2	1,1	816	979,2	1077,12	161,57	1238,69
Машинист экскаватора Komatsu PC200	1	1	2	680	1200	1,4	1,1	816	1142,4	1256,64	188,5	1445,14
Водитель вахтового автобуса	1	1	2	680	1200	1,1	1,1	816	897,6	987,36	148,10	1135,46
Водитель бензовоза	1	-	1	340	1200	1,1	1,1	408	448,8	493,68	74,05	567,73
Водитель крана	1	-	1	340	1200	1,1	1,1	408	448,8	493,68	74,05	567,73
Электрослесарь	1	-	1	340	1200	1,3	1,1	408	530,4	583,44	87,52	670,96
Электрогазосварщик	1	-	1	340	1200	1,3	1,1	408	530,4	583,44	87,52	670,96
Горнорабочий	4	2	6	2040	1200	1,1	1,1	2448	2692,8	2962,08	444,31	3406,39
Итого	16	10	26					11356	15096	16605,6	2490,84	19096,44
Цеховой персонал												
Начальник драги	1	-	1	340	2200	3	1,2	748	2244	2692,8	403,92	3096,72
Участковый геолог	1	-	1	340	1600	2,5	1,1	544	1360	1496	224,4	1720,4
Участковый маркшейдер	2	-	2	680	1500	2,5	1,1	1020	2550	2805	420,75	3225,75
Итого	4	-	4					2312	6154	6993,8	1049,07	8042,87
Всего	20	10	30					13668	21250	23599,4	3539,91	27139,31

Расчет расхода топлива на технологические цели ведут аналогично предыдущему, но выносят в отдельную статью для возможности учета. Данные расчета потребности в ГСМ сведены в таблицу 4.9.

Таблица 4.9 – Расчет расхода ГСМ

Наименование ГСМ	Расход материалов, т				Всего расход, т	Стоимость тонны ГСМ с доставкой, руб.	Всего затраты на ГСМ, тыс. руб.
	Горно-подготовительные работы	Вскрыша	Добыча	Рекультивация			
Дизельное топливо	154,3	1	65,4	34,6	255,3	55890	14 269
Бензин для запуска и работы	1,5	19,09	-	-	20,59	53310	1 098
Моторные масла	10,53	1,12	1,25	2,52	15,42	50100	773
Трансмиссионные масла	1,53	0,21	0,23	0,37	2,34	51500	121
Индустриальные и специальные масла	0,6	0,08	0,07	0,15	0,9	49000	44
Пластичная смазка	0,74	0,09	0,14	0,16	1,13	83530	94
Уголь	-	-	300	-	300	9000	2 700
Всего	169,2	21,59	367,1	37,8	595,68	352330	19097,91

Расчет затрат на электроэнергию представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Количество часов работы, ч	Установленная мощность, кВт/ч	Расчетная потребляемая мощность, кВт/ч	Тариф за 1 кВт/ч, руб.	Затраты на электроэнергию, тыс. руб.
Драга 250Д	7 018	830	664	8,86	41 285
Всего					41 285

Расходы по эксплуатации и содержанию оборудования включают затраты по заработной плате (основной, дополнительной и отчисления на социальное страхование) ремонтных рабочих, а также стоимость материалов, используемых в ремонте. Результаты расчетов по данной статье приведены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Сводная смета затрат по содержанию и эксплуатации оборудования

Статьи затрат	Сумма, тыс. руб.
Эксплуатация оборудования, в том числе смазочные и обтирочные материалы	2494,2
Основная и дополнительная заработная плата вспомогательных рабочих	3509,62
Отчисление на социальные нужды	1172,21
Текущий ремонт оборудования	4988,4
Прочие затраты	748,26
Всего	12912,69

Сумму затрат по статье цеховых расходов определяют сметой по приведенной номенклатуре элементов (таблица 4.12).

Таблица 4.12 – Смета цеховых расходов

Наименование элементов	Сумма, тыс. руб.
Заработная плата цехового персонала	8042,87
Отчисления на социальное страхование	2686,32
Охрана труда и техника безопасности	231,05
Содержание зданий и сооружений	1111,18
Текущий ремонт зданий и сооружений	1666,77
Расходы по изобретению	844,5
Канцелярские и почтово-телеграфные расходы	6
Амортизация зданий и сооружений	7401,5
Всего	21990

Сводные калькуляции себестоимости 1 м³ вскрыши и добычи представлены в таблицах 4.13 и 4.14.

Таблица 4.13 – Сводная калькуляция себестоимости 1 м³ вскрышных пород

Статьи расхода	Сумма, тыс. руб.	Сумма на 1 м ³ вскрыши, тыс. руб.
Основная заработная плата производственных рабочих	3437,36	23,87
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	738,5	5,13
Отчисления на социальные нужды	1394,74	9,69
Амортизация	725	5,03
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	4007,39	27,83
Цеховые расходы	6824,54	47,39
Карьерная себестоимость вскрыши	17127,52	118,94

Таблица 4.14 – Сводная калькуляция себестоимости 1 грамма золота

Статьи расхода	Сумма, тыс. руб.	Сумма на 1 грамм золота
Вспомогательные материалы на технологические цели	8757,52	127,88
Энергия на технологические цели	41284,82	602,87
Основная заработная плата производственных рабочих	15586,82	227,61
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	3348,73	48,9
Отчисления на социальные нужды	6324,48	92,36
Амортизация	2942	42,96
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	8905,30	130,04
Цеховые расходы	15165,65	221,46
Налог на добычу	281,37	4,11
Погашение на вскрышу	6506,21	95,01
Затраты на аффинаж	2829,936	41,325
Карьерная себестоимость добычи	111932,84	1634,53

4.4.4 Эффективность инвестиционного проекта

Общая эффективность инвестиционного проекта характеризуется системой показателей, отражающих соотношение затрат и результатов деятельности. Коммерческую эффективность рассчитывают как соотношение финансовых затрат и результатов, обеспечивающих требуемую норму доходности, и определяют для проекта в целом и для отдельных участков с учетом их вкладов.

При осуществлении проекта выделяют три вида деятельности: инвестиционную, операционную и финансовую, причем в рамках каждого вида происходит приток $\Pi_i(t)$ и отток $O_i(t)$ денежных средств.

Поток реальных денег от инвестиционной деятельности:

$$\Phi_1(t) = \Pi_1(t) - O_1(t). \quad (4.12)$$

Поток реальных денег от операционной деятельности:

$$\Phi_2(t) = \Pi_2(t) - O_2(t). \quad (4.13)$$

Поток реальных денег в каждом периоде осуществления проекта:

$$\Phi(t) = \Phi_1(t) - \Phi_2(t). \quad (4.14)$$

Основные составляющие потока и сальдо реальных денег приведены в таблицах 4.15-4.18.

Таблица 4.16 – Чистая ликвидационная стоимость объекта

Наименование	Земля	Здания, сооружения	Машины, оборудование	Всего
Рыночная стоимость	11508,91	66670,8	99768	177947,71
Затраты	-9590,76	-55559	-83140	-148289,76
Балансовая стоимость на Т-ом шаге	9590,76	55559	83140	148289,76
Затраты по ликвидации	460,36	2666,83	3990,72	7117,91
Доход от прироста стоимости	1918,15	11111,8	16628	29657,95
Операционный доход (убытки)	1457,8	8444,97	12637,28	22540,04
Налоги	349,87	2026,79	3032,95	5409,61
Чистая ликвидационная стоимость	11159,04	64644,01	96735,05	172538,1

Таблица 4.17 – Поток реальных денег от операционной деятельности

Наименование показателей	Значение показателя по шагам										
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Объем продаж, тыс. г	68,48	68,48	68,48	68,48	68,48	68,48	68,48	68,48	68,48	68,48	68,48
Цена, руб./г	2755	2975,4	3213,43	3470,51	3748,15	4048	4371,84	4721,59	5099,31	5507,26	5947,84
Выручка, тыс. руб.	188662,4	203755,39	220055,82	237660,29	256673,11	277206,96	299383,52	323334,2	349200,94	377137,01	407307,97
Внереализационные доходы	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Переменные затраты	65629,17	65629,17	65629,17	65629,17	65629,17	65629,17	65629,17	65629,17	65629,17	65629,17	65629,17
Постоянные затраты	46303,67	46303,67	46303,67	46303,67	46303,67	46303,67	46303,67	46303,67	46303,67	46303,67	46303,67
Амортизация зданий	3505,5	3505,5	3505,5	3505,5	3505,5	3505,5	3505,5	3505,5	3505,5	3505,5	3505,5
Амортизация оборудования	3667	3667	3667	3667	3667	3667	3667	3667	3667	3667	3667
Амортизация нематериальных активов	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Проценты по кредитам	4321,3	2521,85	2521,85	2521,85	2521,85	2521,85	2521,85	2521,85	2521,85	2521,85	2521,85
Прибыль до вычета налогов	65235,75	82128,2	98428,63	116033,09	135045,92	155579,77	177756,32	201707	227573,74	255509,82	285680,78
Налоги и сборы	16820,4	20500,75	24086,84	27959,82	32142,65	36660,09	41538,94	46808,08	52498,77	58644,7	65282,31
Проектируемый чистый доход	48415,36	61627,45	74341,79	88073,27	102903,27	118919,67	136217,39	154898,92	175074,97	196865,11	220398,46
Амортизация	7172,5	7172,5	7172,5	7172,5	7172,5	7172,5	7172,5	7172,5	7172,5	7172,5	7172,5
Чистый приток операционной деятельности	55587,86	68799,95	81514,29	95245,77	110075,77	126092,17	143389,89	162071,42	182247,47	204037,61	227570,96

Таблица 4.18 – Поток реальных денег от финансовой деятельности

Наименование показателей	Значение показателя по шагам											
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Собственный капитал (акции, субсидии и др.)	П	1806,61	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Краткосрочные кредиты	З	14834,4	14834,4	14834,4	14834,4	14834,4	14834,4	14834,4	14834,4	14834,4	14834,4	14834,4
Долгосрочные кредиты	З	10585										
Погашение задолженностей	П	-25419,44	-14834,44	-14834,44	-14834,44	-14834,44	-14834,44	-14834,44	-14834,44	-14834,44	-14834,44	-14834,44
Выплата дивидендов	З	4841,54	6162,74	7434,18	8807,33	10290,33	11891,97	13621,74	15489,89	17507,5	19686,51	22039,85
Сальдо финансовой деятельности	З	30260,98	20997,18	22268,62	23641,77	25124,77	26726,41	28456,18	30324,33	32341,94	34520,95	36874,29
	П	-23612,83	-14834,44	-14834,44	-14834,44	-14834,44	-14834,44	-14834,44	-14834,44	-14834,44	-14834,44	-14834,44
Итоговое сальдо финансовой деятельности		-53873,8	-35831,62	-37103,06	-38476,21	-39959,21	-41560,85	-43290,62	-45158,77	-47176,38	-49355,39	-51708,73

4.4.5 Показатели эффективности инвестиционного проекта

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) рассчитывают как сумму текущих эффектов за весь расчетный период, приведенную к начальному шагу, или как превышение интегральных результатов над интегральными затратами.

Когда в течение расчетного периода не происходит изменения цен в связи с инфляцией или расчет ведут в базовых ценах, величину ЧДД для постоянной нормы дисконта вычисляют следующим образом:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (4.15)$$

где R_t – результаты, достигаемые на t -ом шаге расчета; Z_t – затраты, осуществляемые на том же шаге; T – горизонт расчета (равный номеру шага расчета); E – ставка дисконтирования.

Если величина ЧДД инвестиционного проекта положительная, то проект считают эффективным (при данной норме дисконта) и рассматривают вопрос о его принятии.

На практике часто применяют иной метод определения ЧДД. Для этого из состава Z_t исключают капитальные вложения и обозначают через K_t – капиталовложения на t -ом шаге, K – сумму дисконтированных капиталовложений.

$$K = \sum_{t=0}^T K_t \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (4.16)$$

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t^+) \cdot \frac{1}{(1+E)^t} - K, \quad (4.17)$$

где Z_t^+ – затраты на t -ом шаге при условии, что в них не входят капиталовложения; $R_t - Z_t^+$ – чистый приток от операционной деятельности на t -ом шаге.

Индекс доходности (ИД) рассчитывают как отношение суммы приведенных эффектов к величине приведенных капиталовложений:

$$\text{ИД} = \frac{1}{K} \cdot \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t^+) \cdot \frac{1}{(1+E)^t}. \quad (4.18)$$

Если $\text{ИД} > 1$, то проект эффективен, если $\text{ИД} < 1$ – не эффективен.

Срок окупаемости – это период, измеряемый в месяцах, кварталах или годах, начиная с которого первоначальные вложения и другие затраты, связанные с инвестиционным проектом, покрываются суммарными результатами его деятельности.

Положительное сальдо ЧДД дает срок окупаемости общих капитальных вложений. Результаты расчета эффективности инвестиционного проекта представлены в таблице 4.19.

Таблица 4.19 – Эффективность инвестиционного проекта

Наименование показателя	Значения показателя по годам расчета											Всего
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
Коммерческая эффективность. Общий поток реальных денег от инвестиционного проекта												
Поток реальных денег от инвестиционной деятельности	-163179	-14834	-14834	-14834	-14834	-14834	-14834	-14834	-14834	-14834	-14834	-311523
Чистый приток от операционной деятельности	55588	68800	81514	95246	110076	126092	143390	162071	182247	204038	227571	1456633
Сальдо финансовой деятельности	-53874	-35832	-37103	-38476	-39959	-41561	-43291	-45159	-47176	-49355	-51709	-483495
Текущее сальдо реальных денег	-161465	18134	29577	41935	55282	69697	85265	102078	120237	139848	161028	661615
Сальдо накопленных реальных денег	-161465	-143331	-113754	-71819	-16537	53160	138425	240503	360740	500588	661615	1448125
Окупаемость общих капитальных затрат	Затраты окупились											
Чистый дисконтированный доход												
Коэффициент дисконтирования	1	0,87	0,76	0,66	0,57	0,5	0,43	0,38	0,33	0,28	0,25	
Приведенный поток реальных денег от инвестиционной деятельности	-163179	-12900	-11217	-9754	-8482	-7375	-6413	-5577	-4849	-4217	-3667	-237629
Приведенный чистый поток реальных денег от операционной деятельности	55588	59826	61637	62626	62936	62690	61991	60929	59577	58000	56252	662052
Приведенный поток реальных денег	-107591	46927	50420	52872	54455	55315	55578	55352	54728	53783	52585	424422
Накопленный приведенный поток реальных денег (ЧДД)	-107591	-60664	-10245	42627	97081	152396	207974	263326	318054	371837	424422	
Окупаемость общих капитальных затрат	Затраты окупились											
Индекс доходности												
Индекс доходности	2,79											

4.4.6 Техничко-экономические показатели

Эффективность технологии определяется путем сравнения результатов предлагаемых решений и данных по предприятию-аналогу с использованием системы показателей, включающих в себя объем и рентабельность производства, количество реализованной продукции и т.п. Техничко-экономические показатели сравниваемых вариантов приведены в таблице 4.20.

Таблица 4.20 – Техничко-экономические показатели

Наименование показателей	При существующей технологии на предприятии	При применении предлагаемой технологии
Объем добычи золота за сезон, кг	42,8	68,48
Продолжительность добычного сезона, дней	240	340
Цена за грамм золота, руб.	2755	2755
Объем реализованной продукции, млн руб.	117,91	188,66
Себестоимость добычных работ, руб./м ³	1882,99	1634,53
Себестоимость вскрышных работ, руб./м ³	138,44	118,94
Списочный состав рабочих, чел.	26	26
Средняя заработная плата рабочего за месяц, тыс. руб.	43,2	61,21
Амортизация, всего млн руб.:	5935,5	7172,5
в том числе: здания, сооружения	2268,5	3505,5
машины, оборудование	3667	3667
Прибыль балансовая, тыс. руб.	93305,48	191823,9
Налог на прибыль, руб.	32656,92	67138,36
Чистая прибыль, руб.	60648,56	124685,53
Рентабельность, %	102,24	275,47
Фондоотдача, руб./руб.	0,84	1,22
Срок окупаемости капитальных затрат, лет	0,98	0,36
Чистый дисконтированный доход, млн руб.	144,18	424,42
Индекс доходности	1,66	2,79

4.5 Выводы

В настоящей главе рассмотрена методика определения длины блока, обрабатываемого в период отрицательных температур, а также способы выемки пород в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Представлена методика определения оптимальной ширины одинарного дражного забоя (при применении предлагаемой технологии), величина которой зависит от типа драги и содержания золота в песках.

Проанализировано применение указанной технологии при одинарно-продольной, одинарно-поперечной, смежно-продольной и смежно-поперечной системах разработки россыпных месторождений дражным способом. Выявлено, что смежные системы при этом использовать нецелесообразно в связи со значительными затратами и сложностью монтажа ангара. Показана схема разработки месторождения при использовании предлагаемой технологии.

Представлена полная оценка экономической эффективности данного технологического решения на примере месторождения россыпного золота в долине р. Калами.

Общие затраты на строительство рассматриваемого прииска с учетом непредвиденных расходов составили 168,1 млн руб., при этом на создание ангара из поликарбоната и металлического каркаса потребуется 10,6 млн руб., то есть 6,3% от общих затрат.

Численность промышленно-производственного персонала – 30 человек, из них рабочих – 26, ИТР – 4. Общий годовой фонд заработной платы составил 27,1 млн руб., а средняя заработная плата на одного работника – 75,4 тыс. руб. в месяц.

На вспомогательные материалы затрачено 8,8 млн руб., на ГСМ – 19,1, на электроэнергию – 41,3, на содержание и эксплуатацию оборудования – 12,9, цеховые расходы – 22.

Себестоимость добычных работ равна 1634,53 руб./г, вскрышных – 118,94 руб./м³.

Чистый дисконтированный доход инвестиционного проекта оказался положительным, а индекс доходности больше 1, следовательно, предлагаемую технологию следует считать экономически эффективной.

Внедрение предлагаемого решения позволит увеличить прибыль предприятия на 98,5 млн руб. и сократить срок окупаемости на 0,62 года, что подтверждает экономическую целесообразность его использования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача повышения годовой производственной мощности драг в условиях Крайнего Севера путем продления добычного сезона с обоснованными техническими и технологическими параметрами, что имеет важное значение для развития горнодобывающей отрасли России.

1. Выполнена систематизация способов продления добычного сезона при дражной разработке россыпных месторождений в условиях Крайнего Севера, главными составляющими которой являются майноподдержание и майнообразование. Предложен принципиально новый способ продления добычного сезона, основанный на изолировании дражного разреза от воздействия отрицательных температур.

2. На базе экспериментальных данных разработана математическая модель определения температуры воды в дражном разрезе в зависимости от параметров вынимаемых грунтов. Погрешность модели составила менее 5%.

3. Разработано уравнение теплового баланса, позволяющее спрогнозировать температуру воздуха внутри дражного ангара. Экспериментально подтверждена достоверность теоретических расчетов. Изучено распределение температурных полей в дражном ангаре при различных условиях.

4. С помощью полученной математической модели обоснована продолжительность добычного сезона драги при использовании предлагаемой технологии. Выявлено, что изолирование дражного разреза позволяет осуществлять круглогодичную разработку россыпных месторождений. Произведены расчеты годовой производственной мощности драг разных типоразмеров, результаты которых отражают ее значительный рост.

5. Разработана методика расчета размеров ангаров, позволяющих безопасно осуществлять добычу полезных ископаемых драгами разных типоразмеров. Графоаналитическим способом определены площади изолирующих конструкций. Кроме того, показана возможность передвижки ангаров и рассчитаны

действующие на них нагрузки, суммарное значение которых не превысило предельно допустимых значений.

6. Предложены новые технические решения при применении предлагаемой технологии. Приведена методика определения длины блока, обрабатываемого драгой в зимний период. Рассмотрена возможность использования существующих способов выемки пород и систем дражной разработки россыпных месторождений при изолировании разреза.

7. Для предложенной технологии сформирована методика определения оптимальной ширины одинарного дражного забоя, значение которой зависит от типа драги и содержания золота в песках. При этом учтены производительность драг, затраты на ангар и его передвижку, а также срок окупаемости предприятия с применением предлагаемой технологии разработки россыпных месторождений.

8. Представлена экономическая оценка эффективности предлагаемого технологического решения на примере месторождения россыпного золота в долине р. Калами. Внедрение данного решения позволит увеличить прибыль предприятия на 98,5 млн руб., что подтверждает его экономическую целесообразность.

Результаты исследований могут быть использованы на россыпных месторождениях, расположенных в условиях Крайнего Севера, разработка которых осуществляется дражным способом. Это позволит продлить добычный сезон и значительно повысить годовую производственную мощность дражного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обзор золотодобывающей отрасли России по итогам 2018 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-gold-survey-2019-rus/\\$FILE/ey-gold-survey-2019-rus.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-gold-survey-2019-rus/$FILE/ey-gold-survey-2019-rus.pdf) (дата обращения: 24.05.2018).
2. Лешков, В.Г. Разработка россыпных месторождений : учебник для техникумов. – 2-е изд. / В.Г. Лешков. – М. : Недра, 1985. – 568 с.
3. Нурок, Г.А. Технология и проектирование гидромеханизации горных работ : учеб. пособие для горных вузов / Г.А. Нурок. – М. : Недра, 1965. – 236 с.
4. Шорохов, С.М. Разработка россыпных месторождений и основы проектирования : учебник / С.М. Шорохов. – М. : Госгортехиздат, 1963. – 764 с.
5. Тальгамер, Б.Л. Охрана природных ресурсов при дражной разработке россыпей : учеб. пособие / Б.Л. Тальгамер. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2000. – 102 с.
6. Информационно-аналитический центр «Минерал». Все о минерально-сырьевом комплексе России и мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mineral.ru> (дата обращения: 21.02.2017).
7. Лешков, В.Г. Дражные работы на россыпях глубокого залегания / В.Г. Лешков. – М. : Недра, 1964. – 308 с.
8. Попов, Ю.А. Гидромеханизация земляных работ в зимнее время / Ю.А. Попов, Д.В. Рощупкин. – Л. : Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1979. – 186 с.
9. Попов, Ю.А. Гидромеханизация в Северной строительной-климатической зоне / Ю.А. Попов, Д.В. Рощупкин, Т.П. Пенякин – Л. : Стройиздат, Ленинградское отд-ние, 1982. – 224 с.
10. Егоров, В.К. Научные и практические достижения в области гидромеханизации / В.К. Егоров, В.Л. Каменецкий, С.Л. Харченко, С.М. Штин. – М. : Изд-во МГГУ, 2001. – 499 с.
11. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сб. Е 2. Земляные работы. Вып.2 Гидромеханизированные

земляные работы / Госстрой СССР. – М. : Стройиздат, 1987. – 96 с.

12. Кисляков, В.Е. Гидротехнические сооружения : учеб. пособие / В.Е. Кисляков. – Красноярск : КИЦМ, 1987. – 86 с.

13. Наточинский, В.И. Основное и вспомогательное оборудование для разработки россыпей гидравлическим способом : обзор / В.И. Наточинский, А.В. Кочергина. – М. : ЦНИИ информации и ТЭИ цветной металлургии, 1972. – 116 с.

14. Славутский, С.О. Открытые горные работы гидравлическим способом / С.О. Славутский, В.А. Антонов, П.П. Цвирко. – М. : Недра, 1965. – 227 с.

15. Рашкин, А.В. Тепловая и водная подготовка горных пород при разработке мерзлых россыпей / А.В. Рашкин, П.Б. Авдеев, Ю.В. Субботин. – М. : Горная книга, 2007. – 352 с.

16. Авдеев, П.Б. Перспективные технологии оттаивания мерзлых горных пород при разработке россыпей / А.В. Рашкин, П.Б. Авдеев, Ю.В. Субботин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2005. – № 6. – С. 125-128.

17. Субботин, Ю.В. Повышение эффективности дражной разработки россыпи «Средняя Борзя» путем применения нового способа оттайки горных пород / Ю.В. Субботин, Ю.М. Овешников, С.В. Корешков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 5. – С. 67-73.

18. Rashkin, A.V. Thermophysical and ecologo-economical effectiveness of Hydraulic-Blast and Hydro-Burst Methods of Frozen Soil Thawing / A.V. Rashkin, Yu.V. Subbotin, P.B. Avdeyev // Geocryological problems of construction in Eastern Russia and Northern China. – Yakutsk, 1998. – P. 38-41.

19. Костромин, М.В. Эффективность предохранения дражных полигонов от промерзания путем затопления водой / М.В. Костромин. // Повышение эффективности разработки месторождений полезных ископаемых Восточной Сибири: сб. науч. тр. – Иркутск, 1976. – С. 110-120.

20. Бессонов, Е.А. Классификация обводненных песчаных и песчано-гравийных месторождений, разрабатываемых земснарядами / Е.А. Бессонов //

Гидромеханизация – 2000. По материалам 2-го съезда гидромеханизаторов России. – М. : Изд-во МГГУ, 2000. – С. 30-35.

21. Бессонов, Е.А. Теоретические основы интенсификации гидромеханизированной добычи строительных песков из озерных месторождений Заполярья / Е.А. Бессонов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – № 1. – С. 344-347.

22. Бессонов, Е.А. Процессы разработки песчаных месторождений земснарядами в условиях Крайнего Севера / Е.А. Бессонов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2003. – № 6. – С. 14-19.

23. Бессонов, Е.А. Результаты научно-технического обоснования интенсификации гидромеханизированной добычи строительных песков из озерных месторождений Заполярья / Е.А. Бессонов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – № 1. – С. 48-51.

24. Бессонов, Е.А. Опыт механизации вспомогательных работ при добыче строительного песка земснарядами в условиях Крайнего Севера / Е.А. Бессонов // Горный журнал. – 2007. – № 4. – С. 65-67.

25. Бессонов, Е.А. Энциклопедия гидромеханизированных работ : словарь-справочник / Е.А. Бессонов. – М. : 1989.ру., 2005. – 520 с.

26. Волнин, Б.А. Технология гидромеханизации в гидротехническом строительстве / Б.А. Волнин. – М. : Энергия, 1965. – 200 с.

27. Залепукин, Н.П. Справочник гидромеханизатора текст / Н.П. Залепукин. – Киев : Будівельник, 1969. – 225 с.

28. Кисляков, В.Е. Расчет параметров укладки теплоизолирующего материала, используемого при майнообразовании / В.Е. Кисляков, О.А. Корзун // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2011. – 4(3). – С. 275-282.

29. Kyslyakov, V.E. Shelf placer deposits: a new technology for winter mining / V.E. Kyslyakov, O.A. Korzun, D.A. Lakin // Russian Geology and Geophysics, special Issue Problems of geology and development of hydrocarbon and mineral resources in the Russian arctic. – 2010. – 51. – P. 143-145.

30. Кисляков, В.Е. Технологии гидравлической укладки грунтов в зимний период / В.Е. Кисляков, Д.А. Лакин // Современные технологии освоения минеральных ресурсов: сб. материалов 8-й Междунар. науч.-техн. конф. – Красноярск : ИПК СФУ, 2010. – С. 163-166.

31. Нафиков, Р.З. Продление рабочего сезона драги / Р.З. Нафиков, В.Е. Кисляков // Горный информационно-технический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – Т. 2. – № 12. – С. 393-399.

32. Кисляков, В.Е. Повышение производительности драг в условиях отрицательной температуры / В.Е. Кисляков, Р.З. Нафиков, П.В. Катышев // Вестник Магнитогор. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. – 2017. – Т. 15. – № 4. – С. 4-9.

33. Кисляков, В.Е. Параметры изолирующей конструкции при дражной разработке в условиях отрицательных температур / В.Е. Кисляков, Р.З. Нафиков // Известия Тульск. гос. ун-та. Науки о Земле. – 2016. – Вып. 2. – С. 95-101.

34. Патент 2614175 РФ, МПК E21C 41/30, E04H 9/16. Устройство для дражной разработки месторождений в зимний период / В.Е. Кисляков, Р.З. Нафиков, А.А. Шершнев; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». – № 2016106463; заявл. 24.02.2016; опубл. 23.03.2017, Бюл. № 9. – 3 с.

35. Патент 2598100 РФ, МПК E21C 41/30. Способ разработки обводненных россыпных месторождений полезных ископаемых / В.Е. Кисляков, Р.З. Нафиков, Х.У. Севик; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». – № 2015134081; заявл. 13.08.2015; опубл. 20.09.2016, Бюл. № 26. – 3 с.

36. Патент 2655331 РФ, МПК E21C 41/30, E04H 9/16. Способ дражной разработки обводненных россыпных месторождений полезных ископаемых / В.Е. Кисляков, Р.З. Нафиков, А.А. Бахтигузин; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». – № 2017124825; заявл. 11.07.2017; опубл. 25.05.2018, Бюл. № 15. – 3 с.

37. Патент 2598099 РФ, МПК E21C 41/30. Способ разработки обводненных россыпей драгами / В.Е. Кисляков, Р.З. Нафиков, Х.У. Севик; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». – № 2015134080; заявл. 13.08.2015; опубл. 20.09.2016, Бюл. № 26. – 3 с.

38. Корзун, О.А. Обоснование технологии разработки месторождений нерудных строительных материалов земснарядами в зимний период : дис. ... канд. техн. наук : 25.00.22 / Корзун Ольга Александровна. – Красноярск, 2011. – 149 с.

39. Лешков, В.Г. Разработка россыпных месторождений / В.Г. Лешков // М. : Горная книга, 2007. – 906 с.

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

41. Лешков, В.Г. Современная техника и технология дражных работ / В.Г. Лешков. – М. : Мир горной книги, 1971. – 288 с.

42. Мелентьев, В.А. Намывные гидротехнические сооружения / В.А. Мелентьев, Н.П. Колашников, Б.А. Волнин. – М. : Энергия, 1973. – 248 с.

43. Мельников, Н.В. Предисловие // Совершенствование гидромеханизации открытых горных работ / Н.В. Мельников. – М. : Недра, 1966. – С. 3-6.

44. Мельников, Н.В. Задачи развития теории и технологии гидромеханизации открытых горных разработок / Н.В. Мельников, Г.А. Нурок // Совершенствование гидромеханизации открытых горных работ. – М. : Недра, 1966. – С. 7-13.

45. Нурок, Г.А. Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ : учебник для вузов. – 2-е изд. перераб. и доп. / Г.А. Нурок. – М. : Недра, 1979. – 549 с.

46. Нурок, Г.А. Гидромеханизация горных работ / Г.А. Нурок. – М. : Госгортехиздат, 1959. – 392 с.

47. Нурок, Г.А. Гидромеханизация открытых разработок : учебник для вузов / Г.А. Нурок. – М. : Недра, 1970. – 584 с.

48. Патент 2445422 РФ, МПК E02F 3/88. Устройство для поддержания майны вокруг земснаряда / В.Е. Кисляков, О.А. Корзун, А.А. Дидиянц; заявитель

и патентообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». – № 2010137766/03; заявл. 10.09.2010; опубл. 20.03.2012, Бюл. № 8. – 3 с.

49. Патент 93007457 РФ, МПК E02B 15/02. Способ уборки льда с дражного разреза / Л.Р. Тимошин; заявитель и патентообладатель Уральский горный институт им. В.В. Вахрушева. – № 93007457/15; заявл. 05.02.1993; опубл. 27.10.1995.

50. Потемкин, С.В. Оттайка мерзлых пород / С.В. Потемкин. – М. : Недра, 1991. – 160 с.

51. Упоров, В.Г. Гидромеханизация земляных работ / В.Г. Упоров, С.Б. Экарев. – М. : Госстройиздат, 1979. – 200 с.

52. Харин, А.И. Гидромеханизация земляных работ в строительстве / А.И. Харин, М.Ф. Новиков. – М. : Стройиздат, 1989. – 102 с.

53. Шкундин, Б.М. Машины для гидромеханизации земляных работ / Б.М. Шкундин; под общ. ред. М.Д. Полосина. В.И. Полякова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1995. – 224 с.

54. Шорохов, С.М. Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений / С.М. Шорохов. – М. : Недра, 1973. – 766 с.

55. Юфин, А.П. Гидромеханизация / А.П. Юфин. – М. : Стройиздат, 1974. – 223 с.

56. Ялтанец, И.М. Технология и комплексная механизация открытых горных работ : учебник для вузов. – Ч. 3. Гидромеханизированные и подводные работы / И.М. Ялтанец. – М. : Мир горной книги, 2006. – 516 с.

57. Ялтанец, И.М. Выбор параметров гидромеханизации на карьерах / И.М. Ялтанец. – М. : Недра, 1980. – 391 с.

58. Ялтанец, И.М. Гидромеханизация : справочный материал / И.М. Ялтанец, В.К. Егоров. – М. : Изд-во МГГУ, 1999. – 335 с.

59. Ball, D.G. Sanitary and Hydraulic Engineering Practice in Greenland / D.G. Ball, I.H. Call // International Conference on Permafrost. Section – Water Supply. – New-York, 1963.

60. Rice, H.R. Tailings Dredge on Great Bear Lake // Canadian Mining Journal. – 1953. – No. 7.
61. Hans, J.B. Use of salt in clay core aids winter dam building / J.B. Hans // Engineering New-Record. – 1953. – No. 6.
62. Schuman, H. Mabnahmen in Tegebauvorfeld und an den Baggerborschungen zur Verbesserung der Winterarbeit im Braunkohlenbergban / Horst Schuman // Neue Bergbautechnik. – 1973. – No. 11. – P. 801-807.
63. Stokes, R.B. Placer mining fields gold and other treasures in the North / R.B. Stokes // Western Mines. – 1981. – Vol. 54. – No. 12. – P. 31-32.
64. Krautblatter, M. Why permafrost rocks become unstable: a rock-icemechanical model in time and space / M.Krautblatter, D.Funk, F.K.Gunzel // Earth Surface Processes and Land-forms. – 2013. – Vol. 38. – No. 8. – Pp. 876-887.
65. Kodama, J. et al. The effects of water content, temperature and loading rate on strength and failure process of frozen rocks // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2013. – Vol. 62. – Pp. 1-13.
66. Годес, Э.Г. Строительные подводно-технические работы / Э.Г. Годес. – Л. : Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1974. – 159 с.
67. Кисляков, В.Е. Систематизация способов разработки обводненных, прибрежных и акваториальных месторождений Арктической зоны / В.Е. Кисляков, О.А. Корзун // Маркшейдерия и недропользование. – 2009. – № 1 (39) – С. 24-26.
68. Патент 2414561 РФ, МПК E02B 15/02, E21C 41/30. Способ образования майны в зимний период / В.Е. Кисляков, О.А. Корзун; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». – № 2009141748/03; заявл. 11.11.2009; опубл. 20.03.2011, Бюл. № 3. – 3 с.
69. Скуба, В.А. Условия эксплуатации месторождений полезных ископаемых Крайнего Севера / В.А. Скуба, И.В. Авксентьев, М.А. Викулов. – Новосибирск : Наука, 1982. – 146 с.
70. Кисляков, В.Е. Майнообразование на обводненных месторождениях россыпного золота и нерудных строительных материалов / В.Е. Кисляков,

О.А. Корзун, А.А. Гузеев // Современные технологии освоения минеральных ресурсов: сб. материалов 8-й Междунар. науч.-техн. конф. – Красноярск : ИПК СФУ, 2010. – С. 163-166.

71. Мельников, Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам / Н.В. Мельников. – М. : Недра, 1982. – 414 с.

72. Ржевский, В.В. Открытые горные работы : учеб. пособие / В.В. Ржевский // – М. : Недра, 1985. – Ч.2. – 549 с.

73. Лобанов, Д.П. Гидромеханизация геологоразведочных и горных работ / Д.П. Лобанов, А.Е. Смолдырев. – М. : Недра, 1982. – 495 с.

74. Молочников, Л.Н. Эксплуатация и ремонт оборудования гидромеханизации / Л.Н. Молочников, В.В. Ляшевич. – М. : Недра, 1982. – 198 с.

75. Ялтанец, И.М. Гидромеханизация открытых горных работ / И.М. Ялтанец, В.И. Кулигин. – М. : Изд-во МГГУ, 1996. – 739 с.

76. Патент 341906 РФ, МПК E02B 15/02. Способ предотвращения образования льда на поверхности водоема / Д.И. Зиневич, В.М. Тендлер, А.З. Абрамзон, Л.В. Иванов; заявитель и патентообладатель Ленинградский институт водного транспорта. – № 1380069; заявл. 21.11.1969; опубл. 14.06.1972, Бюл. № 19. – 2 с.

77. Лешков, В.Г. Справочник дражника / В.Г. Лешков. – М. : Недра, 1967. – 495 с.

78. Патент 41451 РФ, МПК E02B 15/02. Способ предохранения от замерзания гавани во льду и устройства гавани / А.А. Пороховщиков; заявитель и патентообладатель Пороховщиков А.А. – № 141897; заявл. 08.02.1934; опубл. 31.01.1935, 2 с.

79. Патент 1724807 РФ, МПК E02B 15/02. Устройство для защиты водной поверхности от промерзания / И.Г. Камышников, В.И. Пакулов, П.В. Черепанов; заявитель и патентообладатель Московский горный институт. – № 4815018; заявл. 18.04.1990; опубл. 07.04.1992, 2 с.

80. Патент 2421571 РФ, МПК E02B 15/02. Устройство для защиты майны драг и земснарядов от замерзания / В.Е. Кисляков, О.А. Корзун,

А.А. Гузеев; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». – № 2009149498/21; заявл. 29.12.2009; опубл. 20.06.2011, Бюл. № 17. – 4 с.

81. Патент 2424399 РФ, МПК E02B 15/02. Устройство для защиты майны драг и земснарядов от замерзания / В.Е. Кисляков, О.А. Корзун; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». – № 2010110184/21; заявл. 17.03.2010; опубл. 20.07.2011, Бюл. № 20. – 4 с.

82. Патент 2493321 РФ, МПК E02B 15/02. Способ образования майны в зимний период / В.Е. Кисляков, А.А. Гузеев, О.А. Корзун, С.Е. Гавришев; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». – № 2012106286/13; заявл. 21.02.2012; опубл. 20.09.2013, Бюл. № 26. – 3 с.

83. Патент 2233984 РФ, МПК E21C 41/30. Способ разработки россыпных месторождений и техногенных накоплений минерального сырья / В.Е. Кисляков; заявитель и патентообладатель Красноярская государственная академия цветных металлов и золота. – № 2002134875/03; заявл. 23.12.2002; опубл. 10.08.2004, Бюл. № 22. – 4 с.

84. Кузнецов, А.Н. Технология дражной разработки обводненных месторождений и техногенных накоплений минерального сырья в условиях отрицательных температур / А.Н. Кузнецов, В.Е. Кисляков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № 1. – С. 249-255.

85. Ржевский, В.В. Открытые горные работы : учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. Ч.1. Производственные процессы / В.В. Ржевский. – М. : Недра, 1985. – 509 с.

86. Ржевский, В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ / В.В. Ржевский. – М. : Недра, 1985. – 549 с.

87. Рожновский, А.А. Разработка россыпных месторождений / А.А. Рожновский. – Свердловск: Гос. науч.-техн. изд-во литературы по черной и цветной металлургии. Свердлов. отд-ние, 1959. – 336 с.

88. Johnston, Ch. Dredge and dragline operations at Goodnews Bay // Platinum mining in Alaska. – 1962. – 6, (2). – P. 68-74.

89. Бессонов, Е.А. Особенности производства гидромеханизированных работ в условиях Крайнего Севера / Е.А. Бессонов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 2. – С. 41-44.

90. Bill, M. Protecting Manic 3 Against Frost. Using Snowmaking Machines to Cover the Till // Engineering und Contrast. Rec. – 1975. – № 2.

91. Аршеневский, Ю.А. Ледоколы / Ю.А. Аршеневский. – М. : Знание, 1970. – 32 с.

92. Патент 2250856 РФ, МПК В63В 35/12. Устройство для разрушения ледяного покрова / В.М. Козин, Э.С. Горкунов, В.Л. Колмгоров, М.В. Козин; заявитель и патентообладатель Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН. – № 2004114075/11; заявл. 07.05.2004; опубл. 27.04.2005, Бюл. № 12. – 5 с.

93. Шорохов, С.М. Дrajные добычные работы / С.М. Шорохов. – М. : отдел технической информации. – 1958. – 120 с.

94. Кисляков, В.Е. Систематизация способов продления дражного сезона / В.Е. Кисляков, Р.З. Нафиков // Маркшейдерия и недропользование. – 2017. – № 4. – С. 13-16.

95. Погода в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://russia.pogoda360.ru/> (дата обращения: 14.11.2016).

96. Geometrica [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geometrica.com/ru> (дата обращения: 13.10.2017).

97. Яворский, Б.М. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. – 5-е изд., стереотип. / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф. – М. : Наука, 1971. – 940 с.

98. Яворский, Б.М. Справочник по физике. – 3-е изд., испр. / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф. – М. : Наука, 1990. – 624 с.

99. Геворкян, Р.Г. Курс физики : учеб. пособие / Р.Г. Геворкян. – М. : Высш. шк., 1979. – 656 с.

100. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Т. 17. Лено-Индигирский район / под ред. М.С. Протасьева. – Л. : Гидрометеиздат, 1972. – 651 с.

101. Гавич, И.К. Основы гидрогеологии. Гидрогеодинамика / И.К. Гавич, В.С. Ковалевский, Л.С. Язвин и др. – Новосибирск : Наука, 1983. – 241 с.
102. Телегин, А.С. Тепло-массоперенос. – 2-е изд., перераб. и доп. / А.С. Телегин, В.С. Швыдкий, Ю.Г. Ярошенко. – М. : Академкнига, 2002. – С. 153-154.
103. Прибытков, И.А. Теоретические основы теплотехники : учебник / И.А. Прибытков, И.А. Левицкий. – М. : Академия, 2004. – С. 236-238.
104. Винников, С.Д. Физика вод суши : учебник. – 2-е изд., испр. и доп. / С.Д. Винников, Н.В. Викторова. – СПб. : Изд-во РГГМУ, 2009. – 430 с.
105. Кисляков, В.Е. Температурный режим воды в дражном разрезе при разработке мерзлых грунтов / В.Е. Кисляков, Р.З. Нафиков, В.Н. Вокин, Т.А. Веретенова, А.А. Бахтигузин // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 12 (часть 2). – С. 353-357.
106. Нафиков, Р.З. Влияние обнажаемых грунтов на температуру воды дражного разреза / Р.З. Нафиков, В.Е. Кисляков, О.Д. Аксютенко // Colloquium-journal. – Варшава: Голопристанский районный центр занятости, 2019. – № 6 (30) – С. 41-44.
107. Гухман, А.А. Введение в теорию подобия: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., доп. и перераб. – М. : Высш. шк., 1973. – 295 с.
108. Кутателадзе, С.С. Анализ подобия в теплофизике / С.С. Кутателадзе; отв. ред. Н.И. Ярыгина. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1982. – 280 с.
109. Геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения и эффективность их применения в климатических условиях России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3685 (дата обращения: 25.10.2017).
110. Шульгин, А.М. Климат почвы и его регулирование / А.М. Шульгин. Л. : Гидрометеиздат, 1967. – 300 с.
111. Солнечная постоянная [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D1%EE%EB%ED%E5%F7%ED%E0%FF_%EF%EE%F1%F2%EE%FF%ED%ED%E0%FF (дата обращения: 17.03.2017).

112. Поликарбонат. – Режим доступа: https://plastics.ua/assets/files/catalogs/building/Plastics_Tech-Reference.pdf (дата обращения: 17.03.2017).

113. Пособие 2.91 к СНиП 2.04.05-91. Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещения. Ч. 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vashdom.ru/snip/p2_91-20405-91/index-6.htm (дата обращения: 11.05.2017).

114. Кисляков, В.Е. Исследование теплообмена в изолированном пространстве дражного разреза / В.Е. Кисляков, Р.З. Нафиков, В.Н. Вокин, А.А. Бахтигузин // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 8. – С. 89-93.

115. Nafikov, R.Z. Substantiation of dredging technology of water-bearing deposits at subzero air temperatures / V.E. Kislyakov, R.Z. Nafikov, A.K. Kirsanov, P.V. Katyshev, N.A. Shkaruba, E.V. Zaitseva // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2019. – Vol. 14. – No. 19. – P. 3417-3424.

116. Нафиков, Р.З. Способ дражной разработки месторождений в условиях Крайнего Севера / В.Е. Кисляков, Р.З. Нафиков // Известия Тульск. гос. ун-та. Науки о Земле. – 2020. – Вып. 3. – С. 171-179.

117. Патент 2614337 РФ, МПК E21C 41/30, E04H 9/16. Способ дражной разработки обводненных россыпных месторождений полезных ископаемых / В.Е. Кисляков, Р.З. Нафиков; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». – № 2016106843; заявл. 25.02.2016; опубл. 24.03.2017, Бюл. № 9. – 4 с.

118. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85. утв. Минрегион России 27.12.2010: дата введения 20.05.2011. – М. : ООО ЦПП, 2011. – 80 с.

119. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов / Н.М. Беляев. – М. : Наука (Главная ред. физ.-матем. лит.), 1976. – 608 с.

120. Расчеты транспортных машин открытых горных разработок. Версия 1.0: учеб. пособие для практических занятий [Электронный ресурс] /

Ю.А. Плютов, В.А. Карепов, П.В. Щелконогов. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. –
Режим доступа: http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/310/u_course.pdf (дата
обращения: 13.08.2019).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Акт внедрения результатов диссертационной работы



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
РЕСПУБЛИКА САХА (ЯКУТИЯ)
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
АРТЕЛЬ СТАРАТЕЛЕЙ

«ДРАЖНИК»

ОКПО 13127794 ОГРН 1021400893535 ИНН/КПП 1428002653/142801001
ул. Дразников, 4, п. Звёздочка, Республика Саха (Якутия), 678627



УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор
ООО «Артель старателей Дразник»
М.В. Степанов

2019 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ
Результатов диссертационной работы
Нафикова Равиля Зиннуровича

Настоящий акт составлен как свидетельство того, что следующие результаты диссертационной работы Нафикова Равиля Зиннуровича приняты к внедрению для разработки проектной документации:

- технологическое решение при дражной разработке месторождений в условиях отрицательных температур;
- математическая модель расчета продолжительности добычного сезона;
- методика определения оптимальной ширины одинарной дражной заходки.

Предлагаемая технология дражной разработки позволяет продлить добычный сезон путем изолирования дражного разреза от воздействия окружающей среды. Представленная математическая модель позволяет определить продолжительность добычных работ при применении предлагаемой технологии, а также скорректировать ежемесячную производительность драги исходя из климатических условий региона. Использование разработанной методики определения оптимальной ширины дражной заходки позволяет повысить эффективность разработки россыпных месторождений.

Главный инженер
канд. техн. наук

К.Е. Ананенко