

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Кафедра проектирования и эксплуатации газонефтепроводов

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ /А. Н. Сокольников

«    »            2021 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Изменение конструкции кровли резервуара с плавающей крышей

Руководитель

канд. техн. наук, доцент О. Н. Петров

Выпускник

Л. А. Королев

Красноярск 2021

Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме:  
«Изменение конструкции кровли резервуара с плавающей крышей»

Консультанты по  
разделам:

Экономическая часть

И. В. Шадрина

Безопасность жизнедеятельности

Е. В. Мусияченко

Нормоконтролер

О. Н. Петров

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Изменение конструкции кровли резервуара с плавающей крышей» содержит 68 страниц текстового документа, 18 иллюстраций, 6 таблиц, 24 формулы, 46 использованных источников, 6 листов графического материала.

**ПЕРЕЧЕНЬ КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ:** СНЕГОВАЯ НАГРУЗКА, РЕЗЕРВУАР С ПЛАВАЮЩЕЙ КРЫШЕЙ, РЕЗЕРВУАР, РВСПК, ЗИМНИЙ ПЕРИОД.

Объект работы – резервуар с плавающей крышей типа РВСПК-100000.

Цель работы: разработать конструкцию кровли резервуара, позволяющую снизить/исключить снеговую нагрузку на резервуар в зимний период времени.

Задачи работы:

- 1) ознакомиться с конструкцией резервуара типа РВСПК-100000;
- 2) изучить особенности эксплуатации резервуара типа РВСПК-100000 в зимний период;
- 3) провести патентно-информационный поиск методов, позволяющих снизить/исключить снеговую нагрузку на резервуар в зимний период времени;
- 4) разработать собственную конструкцию кровли резервуара, позволяющую снизить/исключить снеговую нагрузку на резервуар в зимний период времени.

В ходе выполнения работы были рассчитаны экономические затраты на устранение снеговой нагрузки на крышу резервуара с плавающей крышей различными методами.

На основе исходных данных был произведён расчет конструкций и составляющих изобретений, подобрано оборудования для их нормальной работы, определены нагрузки, приходящиеся на каркас конструкции, составлены графики экономической целесообразности использования предложенного изобретения.

При практической реализации рекомендуется сделать перерасчет веса и габаритов конструкции, предусмотреть иные виды оборудования в зависимости

от габаритов резервуара и климатических условий района проектирования, пересчитать экономическую эффективность в сравнении с иными способами уменьшения или исключения снеговой нагрузки.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	7
Основная часть .....	8
1 Термины и определения.....	8
2 Типы резервуаров.....	9
3 Резервуар типа РВСПК, как объект исследования.....	11
3.1 Тип крыши и область применения .....	11
3.2 Конструкция крыши.....	11
3.3 Оборудование резервуара .....	11
3.3.1 Электроустановки .....	12
3.3.2 Молниезащита .....	12
3.3.3 Заземление резервуара .....	13
3.3.4 Оборудование для тушения пожара в резервуаре .....	13
3.3.5 Окраска резервуаров и резервуарного оборудования .....	14
3.3.6 Технологическое оборудование.....	14
4 Особенности эксплуатации резервуара типа РВСПК в зимний период .....	16
5 Патентно-информационный поиск.....	18
6 Техническое решение.....	22
7 Расчеты .....	24
7.1 Исходные данные для проектирования.....	24
7.2 Подбор оборудования .....	24
7.3 Проект настила .....	24
7.4 Расчет веса оборудования на настиле .....	26
7.5 Сравнение веса оборудования с весом снега .....	30
8 Безопасность и экологичность.....	32
8.1 Анализ потенциальных опасных и вредных производственных факторов при проведении работ.....	32
8.2 Инженерные и организационные решения по обеспечению безопасности работ.....	34

8.3 Санитарные требования к помещению и размещению используемого оборудования.....	35
8.4 Обеспечение безопасности технологического процесса.....	37
8.5 Обеспечение взрывопожарной и пожарной безопасности.....	39
8.6 Обеспечение безопасности в аварийных и чрезвычайных ситуациях .....	41
8.7 Экологичность проекта.....	42
9 Экономическая часть .....	44
9.1 Расчет затрат на снижение снеговых нагрузок по уборке плавающей крыши ручным способом.....	44
9.2 Расчет затрат на снижение снеговых нагрузок плавающей крыши резервуара методом установки ленточных конвейеров поверх резервуара.....	46
9.3 Расчет затрат на снижение снеговых нагрузок плавающей крыши резервуара с применением предлагаемой конструкции.....	50
9.4 Сравнение существующих и альтернативных вариантов снижения снеговых нагрузок плавающей крыши резервуара .....	52
Заключение .....	61
Список сокращений .....	62
Список использованных источников .....	63

## ВВЕДЕНИЕ

Резервуары служат для приема, хранения и отпуска нефти и нефтепродуктов на предприятиях нефтяной промышленности. Во время эксплуатации резервуар выдерживает различные типы нагрузок: нагрузки от собственного веса и оборудования на нём, ветровые и снеговые нагрузки, воздействие избыточного вакуумметрического давления, а также нагрузки от изменения внешней температуры.

Нагрузки учитываются на стадии проектирования, так как известен и вид продукта, и место расположения резервуара, следовательно, известны и ветровая нагрузка и перепады температур. Однако, в случае снеговой нагрузки, все усложняется в областях, где продолжительность зимнего периода наибольшая. В этих местах аномально продолжительные зимы с большим количеством осадков. Самое негативное воздействие снега приходится на резервуары с плавающей крышей, так как снежные нагрузки приводят к заклиниванию механизмов плавающей крыши и нарушению эксплуатации резервуара из-за неравномерного распределения нагрузки осадков и обледенения [1].

Цель работы: разработать конструкцию кровли резервуара, позволяющую снизить/исключить снеговую нагрузку на резервуар в зимний период времени.

Задачи работы:

- 1) ознакомиться с конструкцией резервуара типа РВСПК-100000;
- 2) изучить особенности эксплуатации резервуара типа РВСПК-100000 в зимний период;
- 3) провести патентно-информационный поиск методов, позволяющих снизить/исключить снеговую нагрузку на резервуар в зимний период времени;
- 4) разработать собственную конструкцию кровли резервуара, позволяющую снизить/исключить снеговую нагрузку на резервуар в зимний период времени.

# ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

## 1 Термины и определения

Резервуар вертикальный стальной цилиндрический – наземное строительное сооружение, предназначенное для приема, хранения, измерения объема и выдачи жидкости [2].

Корпус резервуара – стенка, днище и крыша резервуара, соединенные между собой, образующие открытый или закрытый сверху сосуд.

Плавающая крыша – конструкция, служащая для предотвращения испарения продукта в резервуаре, не имеющем стационарной крыши (РВСПК), плавающая на поверхности хранимого продукта и закрывающая поверхность продукта по всей площади поперечного сечения резервуара.

Пояс стенки резервуара – цилиндрический участок стенки, состоящий из листов одной толщины; при этом высота пояса равна ширине одного листа.

Номинальный объем резервуара – условная величина, принятая для идентификации резервуаров при различных расчетах, включающих в себя сортамент объемов (типоразмеров) резервуаров, установок, используемых для пожаротушения и орошения стенок резервуаров, а также компоновки резервуарных парков и различных складов нефти и нефтепродуктов.

Класс опасности резервуара – степень опасности, возникающая при достижении предельного состояния резервуара, для здоровья и жизни граждан, имущества физических или юридических лиц, экологической безопасности окружающей среды.

## 2 Типы резервуаров

По конструктивным особенностям вертикальные цилиндрические резервуары делят на следующие типы, изображенные на рисунке 1 [2]:

- резервуар со стационарной крышей без понтона (РВС);
- резервуар со стационарной крышей с понтоном (РВСП);
- резервуар с плавающей крышей (РВСПК).

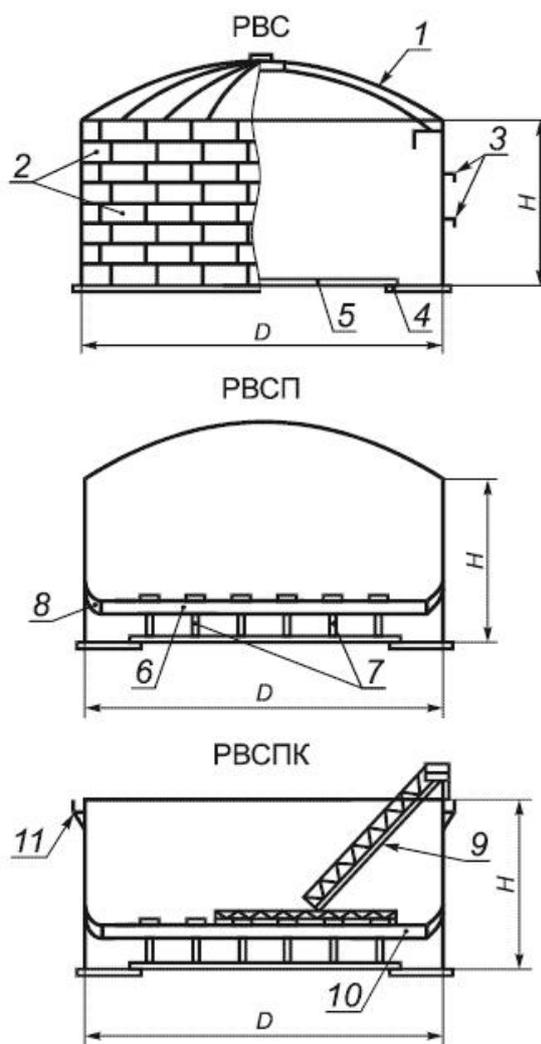


Рисунок 1 – Типы резервуаров: 1 – каркас крыши; 2 – пояса стенки; 3 – промежуточные кольца жесткости; 4 – кольцо окраек; 5 – центральная часть днища; 6 – понтон; 7 – опорные стойки; 8 – уплотняющий затвор; 9 – катучая лестница; 10 – плавающая крыша; 11 – верхнее кольцо жесткости (площадка обслуживания)

Выбор типа резервуара проводят в зависимости от свойств хранимого продукта – температуры вспышки и давления насыщенных паров при температуре хранения, указанной в техническом задании.

а) для продуктов с температурой вспышки в закрытом тигле не выше 55 °С (нефть, бензин, дизельное топливо для дизелей общего назначения и стабильный газовый конденсат) и давлением насыщенных паров (при температуре хранения продукта) от 26,6 кПа (200 мм рт. ст.) до 93,3 кПа (700 мм рт. ст.) применяют:

– резервуары со стационарной крышей и понтоном или резервуары с плавающей крышей;

– резервуары со стационарной крышей без понтона, оборудованные ГО и УЛФ.

Выбор типа резервуара для хранения авиационных топлив производят в соответствии с ГОСТ 1510 – 84 [3] и отраслевыми стандартами организаций, эксплуатирующих резервуары;

б) для продуктов с температурой вспышки свыше 55 °С (отдельные виды нефти, дизельное топливо для тепловозных и судовых дизелей и газовых турбин, мазуты, масла, гудроны, битумы, пластовая вода) и давлением насыщенных паров менее 26,6 кПа применяют резервуары со стационарной крышей без понтона, ГО и УЛФ;

в) для аварийного сброса нефти применяют резервуары, оборудованные дыхательными и предохранительными клапанами без понтона, ГО и УЛФ.

Для выбора типа основания и фундамента заказчиком должны быть представлены данные инженерно-геологических изысканий.

## **3 Резервуар типа РВСПК, как объект исследования**

### **3.1 Тип крыши и область применения**

Тип крыши – плавающая крыша, это конструкция, служащая для предотвращения испарения продукта в резервуаре, не имеющем стационарной крыши, плавающая на поверхности хранимого продукта и закрывающая поверхность продукта по всей площади поперечного сечения резервуара.

### **3.2 Конструкция крыши**

Отличительной чертой конструкции крыши такого типа является отсутствие жесткого соединения со стенками. Крыша представляет собой плавающую конструкцию с гидрозатворами по периметру. Гидрозатворы обеспечивают герметичность в соединении крыши со стенками резервуара.

Плавающая крыша может быть цельной или сборной. Для больших резервуаров используют сборные крыши, состоящие из отдельных понтонов, которые жестко соединяются между собой и образуют по периметру круг, обрамленный гидрозатворами из эластичных материалов. Размер отдельных частей крыши устанавливается исходя из удобства транспортировки и монтажа. Процесс монтажа плавающей крыши происходит на месте. В зависимости от конструкции крыша может быть собрана непосредственно в резервуаре или на отдельной площадке с последующей установкой в ёмкость.

### **3.3 Оборудование резервуара**

Резервуары оснащены следующим набором оборудования, обеспечивающим их безопасную эксплуатацию:

- контрольно-измерительные приборы;
- заземление;

- молниезащита;
- защита электроустановок;
- оборудование для аварийной вентиляции при взрыве и пожаре;
- оборудование для охлаждения резервуара при пожаре;
- оборудование для тушения пожара в резервуаре;
- защита от выброса горячей жидкости из резервуара [4].

Комплект оборудования может меняться в зависимости от конструкции, назначения, технологического процесса хранения продукта.

Марки и типы оборудования и аппаратуры должны соответствовать требованиям проектной документации на конкретный резервуар, вид хранимого продукта и технологическую операцию.

Оборудование, устанавливаемое на резервуаре, по исполнению и категории условий эксплуатации в зависимости от воздействия климатических факторов внешней среды должно по своему исполнению и категории соответствовать требованиям ГОСТ 15150 – 69 [5].

### **3.3.1 Электроустановки**

Электроустановки (оборудование, электропроводку) на резервуарах необходимо проектировать для взрывоопасных и пожароопасных зон в соответствии с действующими нормативными документами.

### **3.3.2 Молниезащита**

Надежность защиты от прямых ударов молнии (ПУМ) устанавливается в пределах 0,9...0,99 в зависимости от категории склада нефтепродуктов.

Защиту от ПУМ уровня защиты I или II необходимо обеспечивать отдельно стоящими молниеотводами, токоотводы которых не должны иметь контакта с резервуаром.

При уровне защиты III молниеприемник допускается устанавливать на резервуаре, сечение которого должно быть не менее 50 мм.

В зону защиты молниеотводов должны входить резервуар и оборудование на крыше, а также для РВСПК – пространство высотой 5 м от уровня ЛВЖ в кольцевом зазоре;

Защита от вторичных проявлений молнии обеспечивается заземлением резервуара [6].

### **3.3.3 Заземление резервуара**

Заземление используется для предотвращения опасного накопления статического электричества резервуаром.

Между плавающей крышей, понтоном и корпусом резервуара устанавливается не менее двух гибких токопроводящих перемычек.

Токоотводы для соединения нижнего пояса стенки резервуара с заземлителями в зависимости от требуемого уровня защиты должны равномерно располагаться по периметру резервуара на расстоянии не менее 10 м для первого уровня, 15 м для второго уровня и 20 м – для третьего.

Соединение токоотвода и заземлителя выполняется на сварке или на латунных болтах. Импульсное сопротивление каждого соединения (стенка-токоотвод-заземлитель) составляет не более 50 Ом.

### **3.3.4 Оборудование для тушения пожара в резервуаре**

Противопожарная защита резервуарного парка для нефти и нефтепродуктов должна обосновываться и разрабатываться генпроектировщиком и утверждаться заказчиком резервуара.

Необходимость установки стационарного пожаротушащего оборудования должна быть обоснована оценкой взрывопожароопасности резервуара, включая предварительное планирование тушения возможного пожара, или принята в

соответствии с нормами проектирования резервуарных парков на складах нефти и нефтепродуктов.

Любая система пожаротушения (стационарный, полустационарный) рассчитывается с учетом установки пеногенераторов и пенокамер. Пена средней и низкой кратности подается на или под слой продукта.

Также в зависимости от типа хранимого нефтепродукта, типа и объема резервуара, категории склада и других характеристик, комбинации технологий пожаротушения могут различаться

### **3.3.5 Окраска резервуаров и резервуарного оборудования**

Резервуары, стационарные пеногенераторы и пенокамеры и другие системы работы РВСПК должны иметь солнцезащитную окраску, обеспечивающую замедление прогрева резервуара от лучистого теплового воздействия соседнего очага пожара.

Запрещается окрашивать:

– дыхательные и предохранительные клапаны – в синий или голубой цвет;

– стационарные пеногенераторы и пенокамеры – в красный цвет.

Черные и цветные маркировочные и информационные надписи на резервуарах следует размещать с наружной стороны группы резервуаров.

### **3.3.6 Технологическое оборудование**

Резервуары в зависимости от их назначения должны быть оснащены следующим штатным технологическим оборудованием:

- приемо-раздаточными устройствами;
- устройствами отбора проб;
- устройствами для удаления подтоварной воды;
- устройствами для подогрева вязких нефтей и нефтепродуктов;

- устройствами для предотвращения накопления отложений в резервуаре;
- устройствами для зачистки;
- приборами контроля и сигнализации (уровнемеры, сигнализаторы уровня и температуры хранимого продукта, манометры контроля давления);
- световыми и монтажными люками, люками-лазами, замерными люками, патрубками для установки оборудования.

#### **4 Особенности эксплуатации резервуара типа РВСПК в зимний период**

До прихода морозов для нормальной работы резервуара необходимо произвести работы по дренированию подтоварной воды из резервуаров.

В зимний период ежемесячно проводить проверки тупиковых участков коллекторов, состояние изоляции и электрообогрева, фланцевых соединений арматуры (выдавливание прокладок).

Технологические задвижки необходимо открывать аккуратно во избежание их поломки или приведения к неисправному виду; в случае замерзания продукта в задвижке, ее необходимо отогреть паром или горячей водой, а затем медленно открыть. Применение грубой физической силы, а также массивных подручных средств, для открытия замерзших задвижек, вентилях и других запорных приспособлений запрещено.

При обнаружении замерзшего участка трубопровода производится отключение данного участка. Обогрев замёрзших трубопроводов производится только паром или горячей водой, при этом обогреваемый участок должен быть отключён от работающей системы. Прогрев ведется с конца течения потока на открытый незамерзший дренаж. Отогрев трубопроводов открытым огнём запрещается.

Устойчивость металлоконструкций стенки и крыши не должна ослабляться нахождением на них снегового покрова больше допустимой нормы.

Для обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров в зимний период должна быть разработана инструкция по эксплуатации резервуаров в зимний период, которая должна включать:

– расчёт допустимой нормативной высоты снегового покрова для каждого резервуара в соответствии с предельной расчётной снеговой нагрузкой, указанной в рабочем проекте на резервуар и снеговой нагрузкой в соответствии со снеговым районом, в котором расположен резервуар согласно СП

20.13330.2016 [7], а также результатов технической диагностики резервуара, в котором указана расчётная нагрузка, с учётом фактического состояния металлоконструкций резервуара;

– требования охраны труда и пожарной безопасности при проведении указанных работ.

Инструкция должна утверждаться главным инженером отдела отраслевых стандартов (далее – ОСТ) и согласовываться начальниками отделов ОСТ:

- отдела эксплуатации;
- отдела промышленной безопасности;
- отдела охраны труда;
- службы пожарной безопасности.

## 5 Патентно-информационный поиск

В результате патентно-информационный поиска было найдено устройство для защиты вертикального резервуара с плавающей крышей для хранения жидких углеводородов от ледовых и снеговых нагрузок.

Это устройство содержит ленточные конвейеры, установленные в верхней части резервуара над плавающей крышей и размещенные в вертикальной плоскости ступенчато от краев резервуара к его середине с захлестом каждого нижерасположенного соседнего ленточного конвейера, в количестве, необходимом для перекрытия всей площади горизонтального сечения резервуара, приводные барабаны, установленные с внешней стороны стенки резервуара и размещенные относительно друг друга в вертикальной плоскости в шахматном порядке, движитель, подвижно соединенный с приводными валами, на которых закреплены приводные барабаны, транспортерные ленты, усиленные гибкими стальными армирующими элементами, натяжные и оконечные барабаны, установленные в верхней части резервуара, ролики, размещенные над плавающей крышей между верхними и нижними частями транспортерных лент и соединенные несущими тросами с осями соответствующих натяжных и оконечных барабанов.

Недостатком данного решения является непрактичность в плане использования с различными резервуарами: для его проектирования необходимо рассчитывать дополнительную прочность и устойчивость стенок каждого резервуара, что существенно усложняет задачу его монтажа на уже эксплуатируемые резервуары.

Если же устанавливать устройство на отдельный от резервуара каркас, то систему надо устанавливать на ферму, так как верхняя часть его должна быть горизонтальна. Такая конструкция металлоёмка и дорога в приобретении и монтаже.

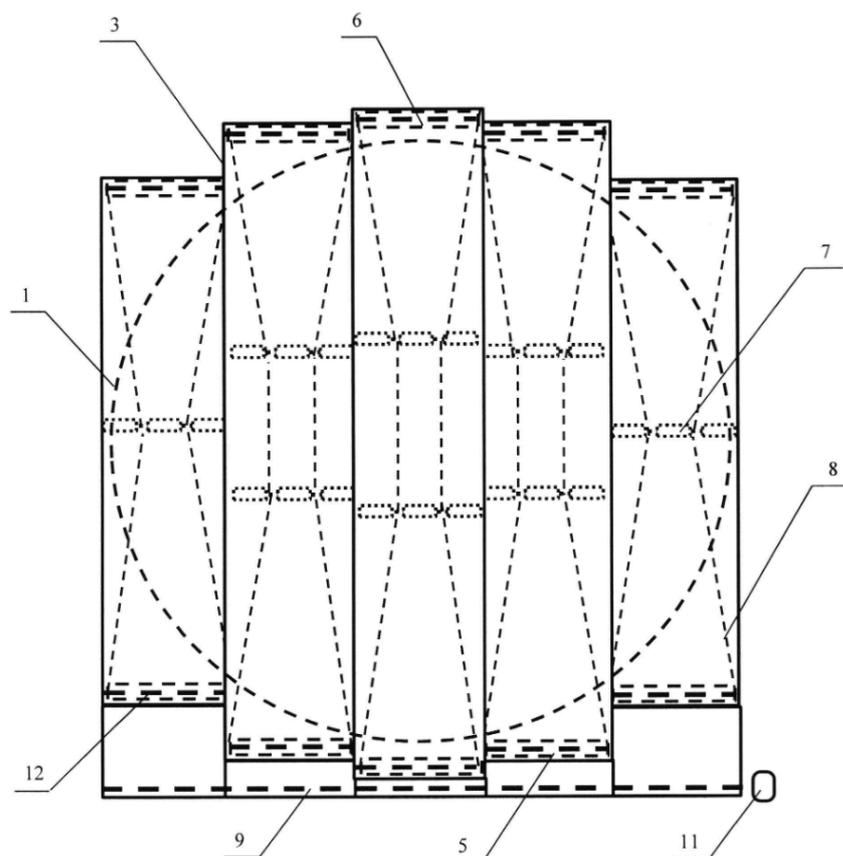


Рисунок 2 – Вид устройства сверху: 1 – корпус резервуара; 2 – плавающая крыша; 3 – транспортерная лента; 4 – приводной барабан; 5 – натяжной барабан; 6 – оконечный барабан; 7 – ролики; 8 – несущий трос; 9 – верхний приводной вал; 10 – нижний приводной вал; 11 – движитель; 12 – ось; 13 – гибкий стальной армирующий элемент

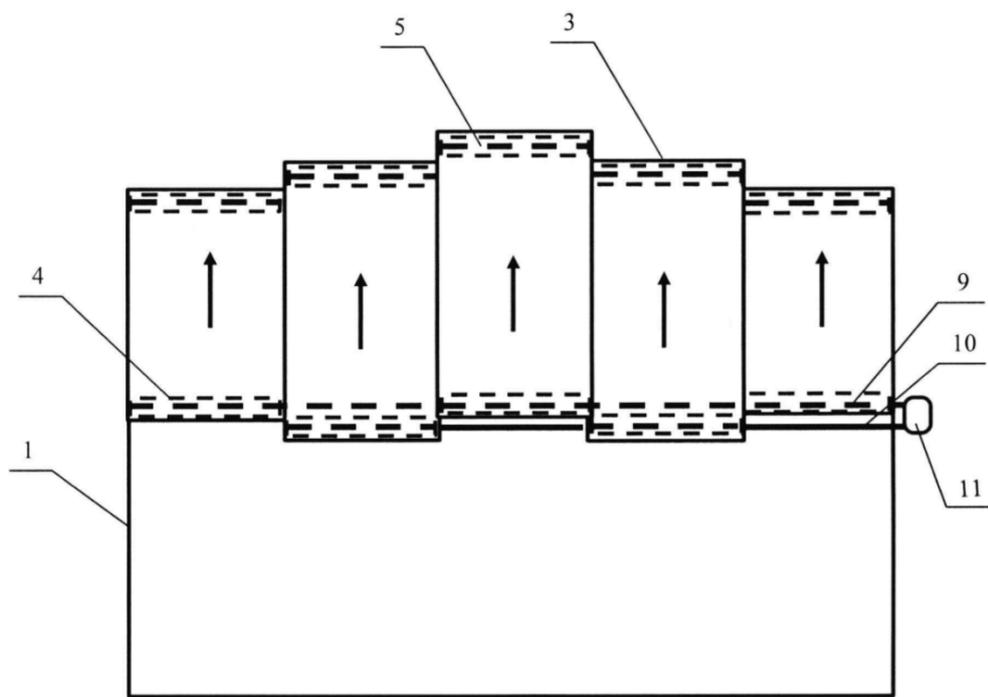


Рисунок 3 – Вид сбоку

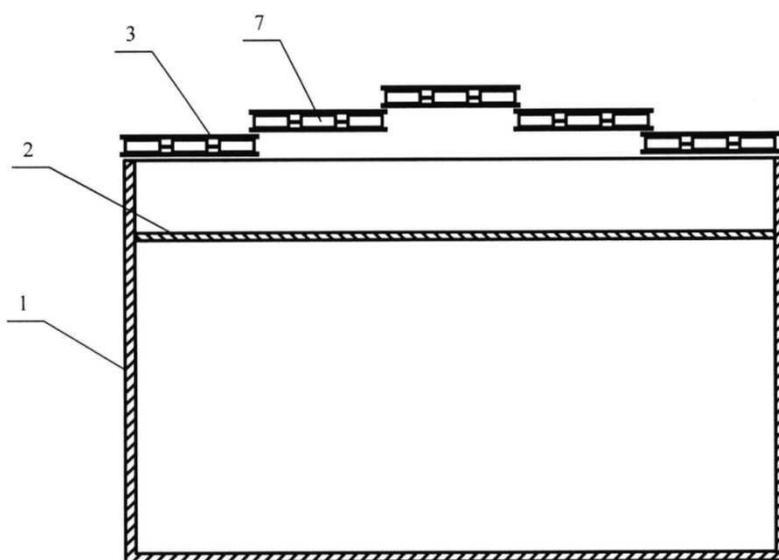


Рисунок 4 – Вид сбоку

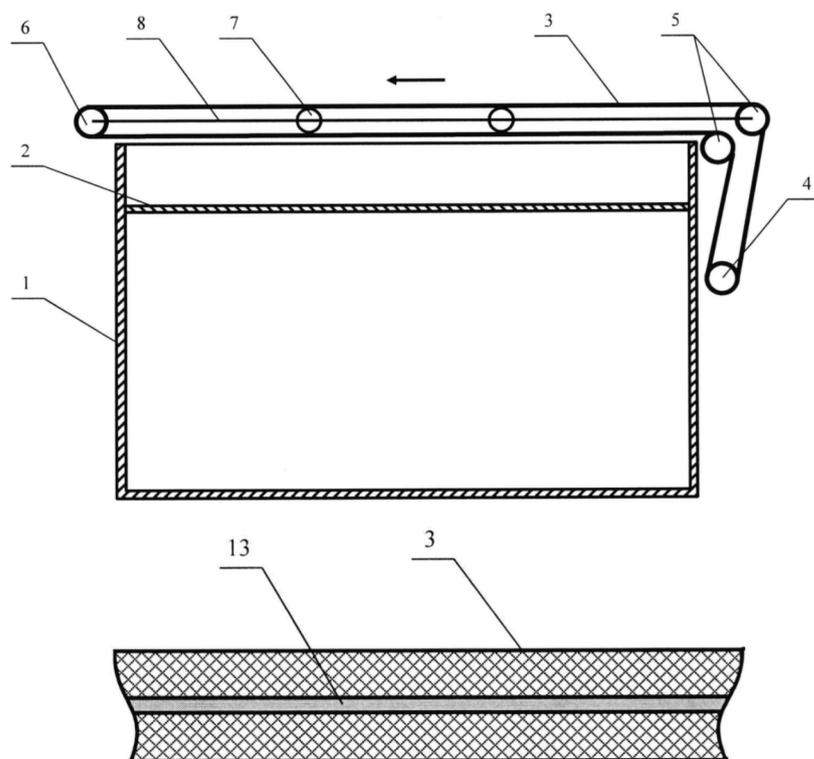


Рисунок 5 – Вид в разрезе

Изобретение относится к области строительства, а именно к вертикальным резервуарам с плавающими крышами для хранения жидких углеводородов.

## 6 Техническое решение

В основе собственного изобретения лежит конструкция, содержащая настил, каркас которого сделан из металла, а поверхность накрыта оргстеклом для прохождения внутрь солнечного света.

Настил имеет форму ребристо-кольцевого купола, дабы сдерживать собственный вес и вес оборудования, расположенного на нем (см. рисунок 6).



Рисунок 6 – Пример ребристо-кольцевого купола

Также на настиле располагается коромысло из швеллеров, собранных «в коробку». На нем будут оборудованы секции из резиновых пластин, которые и выполняют очистку снега с крыши.

Система приводится во вращательное движение электродвигателем, расположенным сбоку на неподвижной части. Привод осуществляется через шестерню и стальной круг по типу венца с прокатными цилиндрическими вставками. Такая система использовалась на некоторых механических

аттракционах типа «Колесо обозрения» (см. рисунок 7). Сам же стальной круг будет держать коромысло.



Рисунок 7 – Шестерня и венец на колесе обозрения в парке Измайлово

Двигатель и редуктор будут размещены в оборудованной для них будке, защищающей их от морозов и снега. Для поддержания рабочей температуры устанавливается электроподогрев двигателя. Во избежание износа, трущиеся детали необходимо смазывать маслом, предназначенным для использования при низких температурах.

## **7 Расчеты**

### **7.1 Исходные данные для проектирования**

Для расчета различных вариантов борьбы со снеговой нагрузкой примем самый заснеженный снеговой район по СП 131.13330.2018 [8]. Таковым является Петропавловск-Камчатский.

Теоретически взятый резервуар РВСПК-100000. Его параметры [9]:

– высота  $H = 17,9$  м;

– радиус  $R = 95,4$  м.

### **7.2 Подбор оборудования**

Для работы конструкции согласно техническому предложению потребуется следующее оборудование: мотор-редуктор в сборе с электродвигателем асинхронным мощностью 3 кВт в количестве двух штук; один из которых будет резервным, устройство плавного пуска для переключения отказавшего двигателя на резервный, коромысло из стальной балки с сечением из двух швеллеров, собранных «в коробку»; секции пластин из хладостойкой резины; стальной круг, выполняющий роль венца с цилиндрическими прокатными балками и шестерню; колесо полиуретановое сдвоенное поворотное для поддержания балки и подшипник, способный выдержать нагрузку веса всего оборудования на коромысле.

### **7.3 Проект настила**

В основе изобретения лежит настил, каркас которого сделан из металла, а поверхность накрыта монолитным поликарбонатом для прохождения внутрь солнечного света.

Настил имеет форму ребристо-кольцевого купола, дабы сдержать собственный вес и вес оборудования, расположенного на нем (см. рисунок 8).

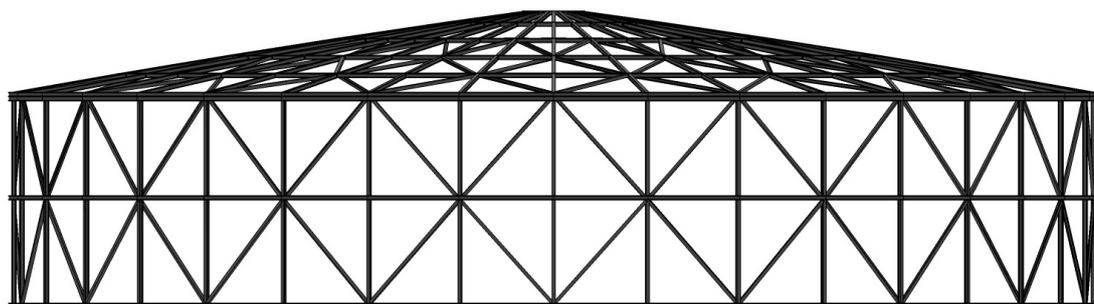


Рисунок 8 – Вид каркаса сбоку

Каркас собран из двутавров 40К1 и швеллеров 30У. Уклон по куполу 0,5 градусов на каждый сегмент (Рисунок 9).

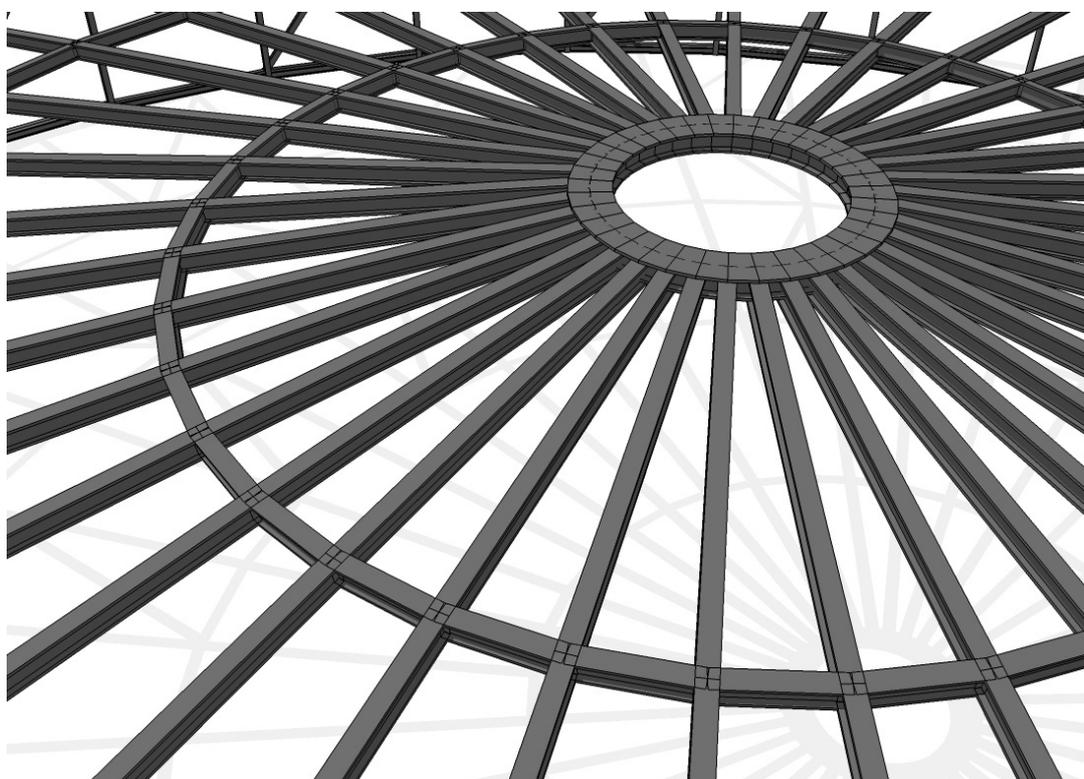


Рисунок 9 – Центральное распорное кольцо

Данный каркас ребристо-кольцевого купола спроектирован по заказу автора ВКР компанией OGDS [10]. Все консультации по надежности конструкции проводились с работниками данной компании.

Высота данного каркаса составляет 20 м до нижнего кольца настила, радиус равен 100 м. В высоту остался запас, равный 2,1 м. В радиусе каркас шире резервуара на 4,6 м. Сделано это для того, чтобы каркас не пересекался с площадками обслуживания и прочим оборудованием резервуара.

В центре расположено отверстие, собирающее нагрузки. В него будет оборудован подшипник и вал, на которых будет вращаться коромысло (рисунок 10).

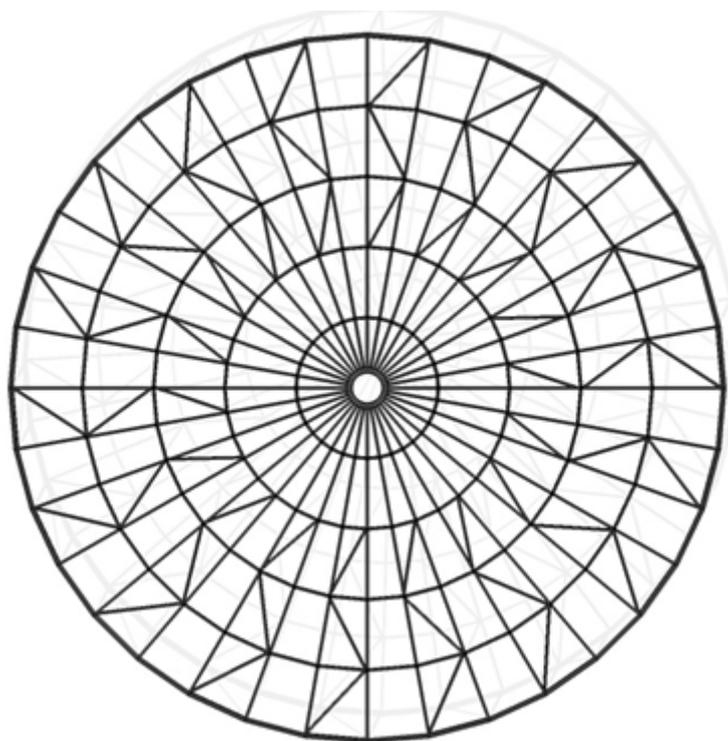


Рисунок 10 – Вид каркаса сверху

Такая форма крыши способна выдерживать тяжелые ветровые условия, а механизм очистки – снижать/исключать снеговую нагрузку.

#### **7.4 Расчет веса оборудования на настиле**

Оборудование на настиле изобретения включает в себя 2: электродвигателя асинхронных мощностью 3 кВт; секции пластин из хладостойкой резины АМС-М1; стальной круг по типу венца с прокатными

цилиндрообразными вставками и шестерня. Также в оборудование входит колесо полиуретановое сдвоенное поворотное для поддержания балки, подшипник для удержания коромысла.

Из дополнительных материалов на каркасе будут установлены удерживающие перегородки и листы из монолитного поликарбоната общий вес которых составляет 8100 кг.

Вес мотор-редуктора 200 кг, вес 2 штук – 400 кг, резиновых пластин 10мм на 96 м 1344 кг, венца – около 1 тонны, вес шестерни 80 кг, подшипника – 31,7 кг, вес колеса равен 42 кг.

Чтобы подобрать швеллера на балку коромысла, нужно произвести расчет веса оборудования, которым она оснащена.

В него входят: колесо, секции из резиновых пластин и венец. Их общий вес равен:

$$P_{об} = 1344 + 1000 + 42 = 2428 \text{ кг.}$$

Так как конца у коромысла будет два, нагрузка равномерно распределится между ними.

По длине балки на расстоянии 4 метра от края швеллеров будет оборудовано колесо, поддерживающее конструкцию.

Прогиб считается по расчетной нагрузке. Сталь примем С235 с расчетным сопротивлением  $R_y=2100 \text{ кг/см}^2$ . Коэффициент условий работы примем  $\gamma_c=1$ .

Находим максимальны момент  $M_{MAX}$  и максимальную поперечную силу  $Q_{MAX}$

$$M_{MAX} = F \cdot L, \tag{7.4.1}$$

где  $F = P_{об} = 2428 \text{ кг}$  – вес оборудования на швеллере, кг.

Длину примем равной  $L=4$  м, так как колесо от края балки находится именно на таком расстоянии

$$M_{\text{MAX}} = 2428 \cdot 4 = 9712 \text{ кг} \approx 9,71 \text{ т.}$$

Находим требуемый момент сопротивления  $W_{\text{тр}}$

$$W_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{MAX}}}{1,12 \cdot R}, \quad (7.4.2)$$

где  $M_{\text{MAX}}$  – максимальный момент;

$R$  – расчетное сопротивление.

$$W_{\text{тр}} = \frac{9,71 \cdot 100}{1,12 \cdot 2,1} = 412,84 \text{ см}^3.$$

Находим требуемый момент инерции  $I_{\text{тр}}$ :

$$I_{\text{тр}} = \frac{F \cdot L^2 \cdot 100^2 \cdot f_{\text{ult}}}{3 \cdot E}, \quad (7.4.3)$$

где  $E$  – модуль упругости первого рода (модуль Юнга),  $E = 2,1 \cdot 10^4$  Па;

$f_{\text{ult}}$  – вертикальный предельный прогиб, который мы примем как 150.

$$I_{\text{тр}} = \frac{2428 \cdot 4^2 \cdot 100^2 \cdot 150}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^6} = 9249 \text{ см}^4.$$

По  $W_{\text{тр}}$  и  $I_{\text{тр}}$ , а также с припуском на дополнительные нагрузки из таблицы сортамента металлопроката подбираем металлическую балку: швеллер ГОСТ 8240-97 (2 шт) №36У [11].

Вес балок №36У равен 83,8 кг/м. Общий вес при этом составит:

$$P = 83,8 \cdot 100 = 8380 \text{ кг} = 8,3 \text{ т.}$$

Так вес всего оборудования и материалов на настиле составит

$$P = 2428 + 400 + 8380 + 1344 + 1000 + 80 + 31,7 + 84 = 19419,7 \text{ кг.}$$

Опираясь на уже существующие конструкции можно сделать вывод о том, что нагрузку, равную 19,4 тоннам каркас выдержит.

Примером такой конструкции является стадион Супердоум в Луизиане [12]. На данном каркасе помимо всех присутствующих в предлагаемом проекте конструкций оборудовано освещение, утепление, узлы вентиляции и прочее. В прочности и надежности ребристо-кольцевого купола сомнений нет.

После всех расчетов на прочность и устойчивость была спроектирована конструкция, состоящая из 36 ребер, расположенных под углом  $10^\circ$  друг относительно друга и 6 колец по куполу. Каркас изготавливается из двутавров типа 40К1 и швеллеров типа 30У. Уклон по куполу  $0,5^\circ$  на каждый сегмент (см. рисунок 11).

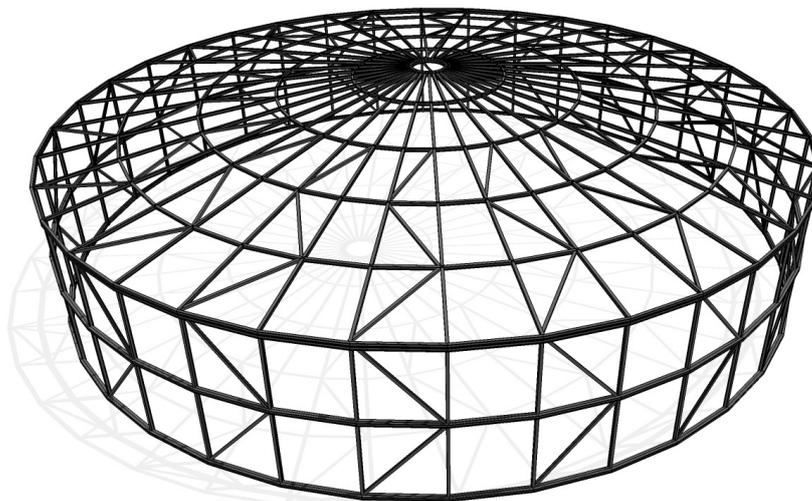


Рисунок 11 – Каркас требуемого ребристо-кольцевого купола

Высота данного каркаса составляет 20 м до нижнего кольца настила, радиус – 100 м. Между верхней точкой резервуара и нижней точкой купола для обеспечения возможности прохода человека при обслуживании резервуара заложен зазор величиной 2,1 м. Каркас шире резервуара на 4,6 м в радиусе, это сделано для того, чтобы каркас не пересекался с площадками обслуживания и прочим оборудованием резервуара.

Настил над крышей резервуара монтируется так же, как и сама плавающая крыша: отдельные его части изготавливаются в размерах, удобных для транспортировки и монтажа. Монтаж элементов выполняется на месте.

Дополнительную ремонтпригодность обеспечивает сегментная щетка из хладостойкой резины АМС-М1 с заменяемыми секциями. Также все элементы изобретения находятся на внешней стороне конструкции, следовательно, обеспечивается технический осмотр, ремонт и замена элементов.

Теоретический (сборочный) чертеж приведен на чертеже 3 графического материала.

### **7.5 Сравнение веса оборудования с весом снега**

Примем для расчетов толщину снега, равную 20 см. Переведем площадь ( $\text{м}^2$ ) в  $\text{м}^3$  с учетом выбранной толщины.

Формула для преобразования площади в объем ( $\text{м}^2$  в  $\text{м}^3$ ):

$$V = \frac{S \cdot t}{100}, \quad (7.5.1)$$

где  $S$  – площадь в  $\text{м}^2$  равная 7854  $\text{м}^2$ ;

$t$  – толщина в см.

$$V = \frac{7854 \cdot 20}{100} = 1570,8 \text{ м}^3.$$

Рассчитаем вес снега на настиле, учитывая, что вес 1 м<sup>3</sup> снега варьируется от 30 до 960 кг [13]:

$$P = 1570,8 \cdot (30 \div 960) = 47124 \div 1507968 \text{ кг.}$$

Отсюда следует, что вес даже свежесыпавшего пушистого снега толщиной 20 см практически в 2,5 раза больше веса оборудования (47,1 т). А если снег будет мокрым, то вес его на всей площади настила будет составлять 1 507 т.

## **8 Безопасность и экологичность**

Нефтегазовый комплекс – один из самых крупных отраслей промышленности страны. Данная отрасль характеризуется высокой вероятностью возникновения экологических, производственных и техногенных катастроф ввиду использования различного оборудования.

Резервуар в этом комплексе является не менее опасным объектом. Резервуары являются взрыво- и пожароопасными сооружениями, также при их эксплуатации существует риск утечек нефтепродукта. Помимо этого, при неправильном хранении, нефтепродукт подвергается испарению, что влечет за собой пагубное воздействие на экологию.

Для снижения различных аварий и чрезвычайных ситуаций на объектах и предприятиях нефтегазового сектора необходимо соблюдать требования, нормы и правила безопасности, обеспечивающие безопасность жизни людей и сохранения природной среды. Выполнение различных правил достигается не только охраной труда, но и различными техническими и экономическими мерами.

### **8.1 Анализ потенциальных опасных и вредных производственных факторов при проведении работ**

Монтаж дополнительной крыши резервуара происходит непосредственно вблизи РВСПК для хранения нефтепродуктов. Во время работ под постоянной нагрузкой в грунт помещаются стальные сваи по всему периметру резервуара. После чего при помощи крана происходит монтаж конического покрытия поверх резервуара. Рабочее место представляет собой открытую местность внутри обвалования резервуарной группы.

На строительно-монтажных работах при техническом перевооружении заняты следующие рабочие: машинист автокрана (для перемещения различного оборудования), мастер (осуществление контроля работ), монтажник

металлоконструкций (монтаж свай и листов крыши), слесарь по ремонту технологических установок (проведение ремонта, разборки и сборки установок, машин, агрегатов), сварщик (соединение металлических конструкций и отдельных элементов различного оборудования).

Анализ опасных и вредных производственных факторов представлен в таблице 1 [14].

Таблица 1 – Опасные и вредные производственные факторы при проведении строительно-монтажных работ

№	Тип работ	Производственные факторы	
		Опасные	Вредные
1	Огневые работы	Высокая температура	Повышенный уровень теплового излучения, ожоги
2	Сварочные работы	Движущиеся электроды, высокая температура, искры и брызги шлака	Поражение электрическим током, отравление сварочными аэрозолями, повышенный уровень теплового излучения
3	Сборка и монтаж оборудования	Движущиеся механизмы, воздействие электрического тока	Повышенный уровень теплового излучения, обрушение оборудования и его опор
4	Погрузочно-разгрузочные работы	Движущиеся механизмы, острые кромки оборудования	Повышенный уровень шума и вибрации, опрокидывание и обрушение различных конструкций

По основному виду экономической деятельности установлен II класс профессионального риска, который характеризует уровень производственного травматизма, профзаболеваемости и расходов по обеспечению по обязательному социальному страхованию.

Страховые тарифы на обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний составляют 0,3 % к начисленной оплате труда [15].

К возможным аварийным ситуациям при техническом перевооружении УПН относятся возможные поломки, остановки, отказы, перерывы в работе оборудования, обрушение строительных конструкций и оборудования.

## **8.2 Инженерные и организационные решения по обеспечению безопасности работ**

Петропавловск-Камчатский расположен крайнем северо-востоке Азии.

Климат региона – субарктический, климатический регион – Ib (IV). Данная территория характеризуется продолжительной зимой и коротким летом. Минимальная температура воздуха – минус 32 °С, максимальная – 30 °С. Преобладающее направление ветра – северное, максимальная средняя скорость ветра за январь – 5,0 м/с [8].

Работы, в основном, проводятся на открытом пространстве, в светлое время суток. В связи с этим, применяют следующие действия:

- рядом с рабочей зоной располагаются проветриваемые помещения для персонала с питьевой водой и комнатой отдыха и приема пищи с температурой воздуха до 25 °С;

- на месте проведения работ устанавливаются местные навесы, защищающие от прямых солнечных лучей и атмосферных осадков.

Для работников необходимо наличие теплой одежды и обуви, головного убора для предупреждения обморожения.

На период проведения мероприятий по установке системы, работающий персонал для проживания располагают в административно-бытовом комплексе, в отапливаемом жилом здании с горячей и холодной водой.

### **8.3 Санитарные требования к помещению и размещению используемого оборудования**

Резервуарный парк установки подготовки нефти можно относится к территории нефтебазы, которую необходимо спланировать в соответствии с нормативными требованиями, иметь автомобильные дороги, пожарные проезды и выезды на дороги общего пользования.

Для пешеходного движения должны быть устроены асфальтированные и мощеные тротуары шириной не менее 0,75 м.

В целях безопасности пешеходов при переходе рельсовых путей в местах их пересечения с дорогами необходимо устраивать сплошные настилы вровень с головками рельсов, а также защитные барьеры, сигнализацию для предупреждения об опасности.

Помещение для отдыха персонала имеет площадь из расчета 0,2 м<sup>2</sup> на одного человека, но не менее 18 м<sup>2</sup> [16].

К показателям, характеризующим микроклимат в производственных помещениях, относят температуру воздуха, относительную влажность воздуха, скорость движения воздуха. Оптимальные условия устанавливаются из расчета комфортного пребывания персонала в помещении в течение рабочего дня.

Устройства питьевого водоснабжения размещаются в основных проходах производственных помещений, в помещениях для отдыха, при необходимости на производственных площадках.

Умывальные размещаются смежно с гардеробными или на их площади. Гардеробные предназначаются для хранения уличной домашней и специальной одежды.

Во время работ каждый сотрудник снабжается специальной рабочей одеждой, выполненной из искробезопасного материала, получает комплект индивидуальной защиты, состоящий из каски, очков, противогаза, защитного крема для рук, наушников; получает переносную радиостанцию для связи с начальством и между собой.

Некоторые факторы санитарно-гигиенических условий труда оказывают неблагоприятное влияние на работника, что снижает работоспособность, ухудшает состояние здоровья и иногда приводит к профессиональным заболеваниям. Особое внимание целесообразно уделять влиянию адаптируемых факторов внешней среды (метеорологическим условиям, шуму, вибрации, освещенности), отрицательное воздействие которых можно в значительной степени уменьшить за счет применения активных средств совершенствования трудового процесса.

Основным негативным фактором при выполнении работ является вибрация и шум работающих агрегатов. В качестве обеспечения благоприятных условий труда и защиты от воздействия работниками применяются индивидуальные средства защиты от шума, а оборудование снабжено системой виброгашения.

Источниками шума являются сварочные и ручные инструменты, краны, передвижная техника. При проведении работ уровень шума не должен превышать 80 дБ [17], фактически на площадке уровень шума достигает 76 дБ.

Источниками вибрации являются силовое энергетическое оборудование и машины, нормированное значение уровня вибрации – 81 дБ, по факту имеем 80 дБ [18].

Система вентиляции в производственных и бытовых помещениях (столовая, санузел) – естественная и механическая через вентиляционные камеры. Воздух при естественной вентиляции может поступать с пространства месторождения, в случае же наличия вредных концентраций веществ, в зонах непосредственного контакта с ними рекомендована принудительная вентиляция.

При обустройстве месторождений необходимо применять оборудование и машины с минимальными шумовыми и вибрационными характеристиками, пользоваться необходимыми средствами коллективной и индивидуальной защиты – касками, наушниками, виброгасителями.

Температура воздуха контролируется термометрами, влажность – психрометрами, интенсивность воздухообмена замеряется анемометрами.

#### **8.4 Обеспечение безопасности технологического процесса**

Основными источниками выделения загрязняющих веществ в атмосферу на установке подготовки нефти являются:

- резервуары с нефтью;
- пары нефтепродуктов, образующиеся вследствие испарения во время приема, хранения и отпуска нефти;
- автоматизированные системы налива нефти в автомобильные цистерны;
- вентиляционные устройства производственных зданий;
- объекты очистных сооружений;
- котельные;
- неплотности технологического оборудования и коммуникаций [19].

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, их класс опасности, химический состав, их влияние на организм человека представлены в таблице 2 [20].

При возможном поступлении в воздух рабочей зоны вредных веществ с остронаправленным механизмом действия должен быть обеспечен непрерывный контроль с сигнализацией о превышении ПДК.

При повышенной загазованности воздуха рабочей зоны следует применять соответствующие противогазы. До начала работ необходимо проверить исправность противогаза и шлангов.

Грузоподъемность подъемного агрегата, вышки, мачты, допустимая ветровая нагрузка должны соответствовать максимальным нагрузкам, ожидаемым в процессе ремонта.

Таблица 2 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ

Вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Химический состав	Действие на организм
Нефть	10	III		
Оксид углерода	20	IV	СО	Удушение
Пары нефти	300	IV	Углерод, водород, сера, кислород, азот и прочее	Наркотическое удушение
Диоксид серы	6	I	SO <sub>2</sub>	Фиброгенное действие
Диоксид азота	2	III	NO <sub>2</sub>	Удушение, раздражение
Пыль	3	III	Гранит, шамот, слюда-сырец углеродная пыль и др	Фиброгенное действие

Основным источником внешнего электроснабжения служит электростанция и электрические сети энергосистем, в качестве приемных пунктов электроэнергии используется одна из трансформаторных подстанций, совмещенная с распределительной подстанцией.

К основным потребителям электроэнергии на объекте можно отнести электродвигатели насосов перекачки нефти и НП, электродвигатели задвижек, ремонтно-механических мастерских, складов, электронагреватели, сливно-наливные устройства.

Для обеспечения безопасности людей и сохранности зданий и других сооружений, а также оборудования и материалов, находящихся в них, от разрушения, загорания и взрывов при прямых ударах молнии должна устраиваться молниезащита [21].

Для борьбы с проявлениями вторичных молний, а также статического электричества, технологическая аппаратура и трубопроводы, содержащие

горючие пары и газы, должны заземляться. Допускается использование заземляющих устройств электроустановок.

При установке электродвигателя на заземленной раме станка-качалки и обеспечении надежного контакта между ними дополнительного заземления не требуется.

## **8.5 Обеспечение взрывопожарной и пожарной безопасности**

Резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей объемом 100000 м<sup>3</sup> для приема, хранения и транспортировки нефти относится к 1 классу опасности.

Источниками возникновения пожара являются:

- возгорание нефти и нефтяных паров от поверхностей, нагретых до высокой температуры;
- молнии;
- скопившееся статическое электричество;
- искры, возникшие при ударе металлических инструментов или частей оборудования;
- открытые огневые работы (сварка, резка, шлифовка, припайка);
- незащищенное технологическое оборудование;
- человеческий фактор (курение, разведение огня, нарушение техники безопасности и т.п.)

Нефть является легковоспламеняющейся жидкостью (ЛВЖ) 3 класса опасности. Пары нефти относятся к группе взрывоопасной смеси Т2 и к категории взрывоопасности смеси IIА. Температура вспышки нефти составляет 170 °С. Концентрационные пределы распространения пламени: 2 % (нижний) и 10 % (верхний). Предельно допустимая взрывоопасная концентрация составляет 2,1 г/м<sup>3</sup> [22].

Запрещается выполнять производственные операции на оборудовании, установках и станках с неисправностями, что может привести к загораниям и

пожарам, а также при отключении контрольно-измерительных приборов (далее – КИП), по которым определяются заданные режимы температуры, давления, концентрации горючих газов, паров и другие технологические параметры.

В зоне проведения работ имеются установленные стационарные газоанализаторы, передающие показания на монитор в операторную. В случае превышения допустимой загазованности возникает звуковой и световой сигналы, информирующие о том, что необходимо надеть противогазы и покинуть зону проведения работ. Помимо стационарных газоанализаторов, предусмотренных месторождением, работники должны производить изменение концентраций в воздушной среде с помощью переносного газоанализатора.

На месте проведения монтажных работ должны быть следующие первичные средства пожаротушения:

- огнетушители порошковые или углекислотные – 10 штук;
- кошма войлочная или асбестовое полотно размером 2х2 м – 2 штуки;
- ведра, лопаты, топоры, ломы.

Каждая единица техники, сварочные агрегаты, насосы, задействованные в производстве ремонтных работ, должны быть обеспечены заземлением, не менее чем двумя порошковыми или углекислотными огнетушителями.

Не допускается замазученность производственной территории и оборудования, загрязнение легковоспламеняющимися и горючими жидкостями, мусором и отходами производства.

При проведении монтажных работ следует осуществить проезд шириной не менее 3,5 метра для движения пожарных машин, а также устраивать мостки через траншеи и обвалование.

Спецодежду рабочих необходимо своевременно стирать и ремонтировать. Администрацией предприятия для каждого цеха (производственной операции) должен быть установлен четкий порядок замены промасленной спецодежды чистой (периодичность стирки, обезжиривания, ремонта и т.п.).

## **8.6 Обеспечение безопасности в аварийных и чрезвычайных ситуациях**

Резервуар вертикальный стальной – вертикальное сооружение, предназначенное для приема, хранения, подготовки, учета и выдачи (в нефтегазовой отрасли) нефтепродуктов.

Резервуарный парк – комплекс взаимосвязанных отдельных резервуаров. Он и является внутренним источником для образования вторичных факторов поражения.

Данный объект по группам ГО относится к первой категории [23], наибольшая численность рабочей смены – 30 человек. Общая численность, с учетом работы УПН в 2 смены – 60 человек.

На данном комплексе сооружений осуществляются следующие различные технологические процессы: прием нефти от добывающих предприятий; учет нефти; обеспечение свойств нефти, включающих возможное смешивание одних сортов с другими (компаундирование); хранения с целью компенсации неравномерности приема-отпуска нефти и работы МН.

Возможными аварийными ситуациями при монтаже дополнительной крыши резервуара являются:

- разрушение свайного основания резервуара, приводящий к возможности обрушения РВС;
- нарушение целостности стенки и днища резервуара;
- замыкание электрической цепи;
- неисправность грузоподъемного оборудования.

Для исключения указанных ситуаций необходимо постоянно контролировать параметры газовой среды.

Списки инструментов, средств индивидуальной защиты, материалов, необходимых для ликвидации аварий, находятся в аварийных шкафах (помещениях), с указанием их количества и основной характеристики.

Индивидуальные средства защиты включают:

- каску;
- специальные сапоги или ботинки с жестким подноском;
- защитные очки;
- средства защиты слуха;
- непромокаемый костюм;
- комбинезон;
- непромокаемые перчатки или рукавицы [24].

Электро- и теплоснабжение организовано автономно. Электроснабжение обеспечено газодизельной электростанцией и резервными источниками питания. Теплоснабжение осуществляется путем использования электрических нагревательных элементов.

При возникновении аварийной ситуации руководитель работ (объекта) или ответственный исполнитель должен подать сигнал тревоги и оповестить вышестоящие организации.

Мероприятиями, способствующими защите работающих и повышению устойчивости производства, являются проведение инструктажей на рабочих местах перед допуском к работе, проверка знаний персонала, оказание своевременной медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях, применение рациональных схем расположения оборудования, автоматизация производства.

## **8.7 Экологичность проекта**

При проведении работ по монтажу присутствуют выбросы вредных веществ. При работе техники и различного оборудования образуются углекислый газ и другие вещества, которые негативно сказываются на состоянии окружающей среды. Также, при монтаже оборудования, остатки нефти и газа, застаивающиеся в изгибах труб, под действием перепадов давления и температур, способны выбрасываться во внешнюю окружающую среду. Влияние данных факторов на атмосферный воздух, воду и почву представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Источники загрязнения атмосферного воздуха, воды и почвы

Среда	Источники загрязнения
Воздух	Выбросы вредных веществ – сажа, ртуть, хром, углекислый газ, метан
Вода	
Почва	Сажа, пыль, отходы

На основании анализа источников и сред загрязнения, можно предложить следующие меры по уменьшению влияния рабочих процессов на окружающую среду:

- очистка выбросов;
- повторное использование сточных вод путем фильтрации различными методами (биологическая фильтрация, механическая, химическая);
- применение малоотходных технологий;

## **9 Экономическая часть**

В экономической части впускной квалификационной работы будет рассмотрено сравнение затрат на выбор технологии уменьшения снеговых нагрузок на резервуары типа РВСПК.

В настоящее время для снижения снеговых нагрузок используется ручная работа по уборке плавающей крыши резервуара. Недостатком существующего варианта является очень большие трудозатраты.

В качестве альтернативных вариантов уменьшения снеговых нагрузок рассматриваются две технологии:

– описываемая в патенте, где используется метод установки ленточных конвейеров поверх резервуара. Патент на данное изобретение получен только в 2019 году и в эксплуатацию в реальных условиях не вводился;

– проект ВКР подразумевает настил над резервуаром с резиновой щеткой на коромысле по диаметру, приводимой в движение двигателем через шестерню и венец.

Во всех трех случаях примем резервуар с площадью поверхности крыши 7 148 м<sup>2</sup>, площадь настила примем 7 854 м<sup>2</sup>.

Уборкой снега вокруг резервуара пренебрежем, так как затраты на это во всех трех случаях одинаковы.

### **9.1 Расчет затрат на снижение снеговых нагрузок по уборке плавающей крыши ручным способом**

Используемым на практике способом избавления от снеговой нагрузки на крышу является ручная уборка.

Для того, чтобы убрать снег с крыши РВСПК ручным методом, необходимо рассчитать количество работы в год и цену за уборку.

Примем для расчета цены уборки крыш из разных источников. Уборкой снега с крыши будут заниматься люди из подрядной организации по договорной цене.

Цена уборки территории более 300м<sup>2</sup> составляет 70 руб/м<sup>2</sup> [25]. Цена уборки плоской кровли с ограждением стоит от 45 руб/м<sup>2</sup> [26]. Уборка снега со всей площади кровли, удаление наледи и сосулек 18 руб/м<sup>2</sup>, умножив на коэффициент толщины снега 1,7 получим 30,6 [27]. Примем среднюю цену ( $C_c$ ) из этих расценок:

$$C_c = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{n}, \quad (9.1.1)$$

где  $C_1$  – цена уборки согласно первому источнику [25], руб/м<sup>2</sup>;

$C_2$  – цена уборки согласно второму источнику [26], руб/м<sup>2</sup>;

$C_3$  – цена уборки согласно третьему источнику [27], руб/м<sup>2</sup>;

$n$  – количество источников, шт.

$$C_c = \frac{30,6 + 45 + 70}{3} = 48,6 \text{ руб/м}^2.$$

Договорной ценой с подрядной организацией примем 48,6 руб/м<sup>2</sup>.

Площадь поверхности составляет 7 148 м<sup>2</sup>. Стоимость ( $C$ ) определяется формулой:

$$C = K_m \cdot C_m, \quad (9.1.2)$$

где  $K_m$  – количество м<sup>2</sup>;

$C_m$  – цена за 1 м<sup>2</sup>.

$$C = 7148 \cdot 48,6 = 347392,8 \text{ руб.}$$

Примем, что при данных количествах осадков и продолжительности зимы в проектируемом районе, уборку необходимо проводить раз в неделю на протяжении пяти месяцев (согласно погодным условиям Петропавловска-Камчатского).

Тогда стоимость в год ( $C_T$ ) составит:

$$C_T = 347392,8 \cdot 20 = 6947856 \text{ руб.}$$

Итого в год на уборку резервуара такого объема уйдет 6,9 млн. руб.

По итогу используемый вариант очистки резервуара ручным трудом не требует затрат на оборудование и его монтаж, но требует периодические вложения денежных средств в оплату ручной работы, а также не практичен по причине необходимости постоянного контроля за погодными условиями и состоянием снеговой загроможденности плавающей крыши.

Помимо всего этого, данный метод не гарантирует решение проблем с заклиниванием плавающей крыши.

## **9.2 Расчет затрат на снижение снеговых нагрузок плавающей крыши резервуара методом установки ленточных конвейеров поверх резервуара**

Существует патент, основанный на конвейерном оборудовании поверх резервуара. Для расчета стоимости и монтажа данного оборудования, необходимо рассчитать цену каждого элемента.

Ленту морозостойкую ГОСТ 20 – 85 можно приобрести по минимальной цене 2902 руб/м<sup>2</sup> [28].

Площадь примем больше заданной, так как конвейеры должны закрывать резервуар полностью. Примем нужную площадь 7860 м<sup>2</sup>. Конвейерная лента будет идти по обеим сторонам от роликов (сверху и снизу).

Считаем стоимость:

$$C = 7860 \cdot 2 \cdot 2902 = 45619440 \text{ руб.}$$

Также для расчета примем, что для того, чтобы расположить данный ленточный конвейер поверх резервуара потребуется ферма, так как если опереть всю конструкцию на резервуар, всю его устойчивость придется пересчитывать и перепроектировать: утолщать стенки, устанавливать анкера.

Проект фермы для данного изобретения и объема резервуара стоит порядка 60 млн рублей (в зависимости от типа и прочности фермы) [29].

Цена конвейерного натяжного и приводного барабанов стоит порядка 23 000 руб/шт [30].

На одну ленту приходится 4 барабана: окончательный, два натяжных и приводной. При этом приводной вал будет подведен ко всем лентам сразу. На рисунке 12 представлена схема расположения конвейерных лент на РВСПК-100000.

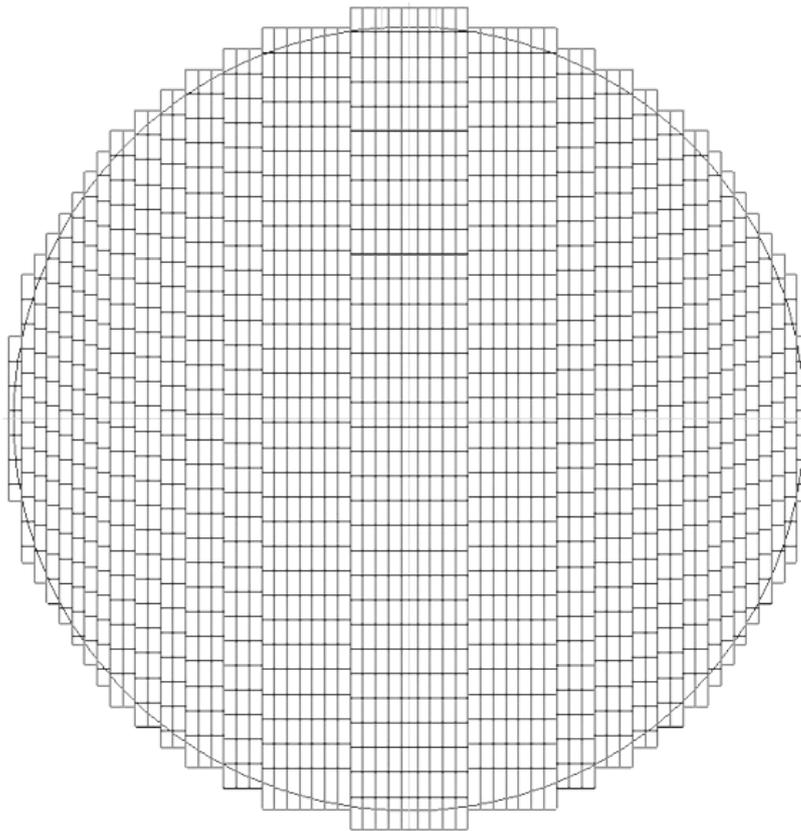


Рисунок 12 – Расположение конвейерных лент на РВСПК-100000

Как видно из рисунка 10 на резервуар типа РВСПК-100000 приходится 63 ленты. Стоимость равна:

$$C = 3 \cdot 63 \cdot 23000 + 1 \cdot 23000 = 3370000 \text{ руб.}$$

Конвейерные ролики необходимы по 3 штуки на ширину ленты. Устанавливать роликоопоры следует на расстоянии 2...3 метров друг от друга. Тогда роликоопор получается 1173 штуки.

Цена одного ролика 559 рублей [31]. Общая стоимость роликов:

$$C = 3 \cdot 1173 \cdot 559 = 1967121 \text{ руб.}$$

В качестве движителя возьмем мотор-редуктор с электродвигателем асинхронным мощностью 3 кВт в количестве 4 штук (два резервных). Стоимость электродвигателя в сборе с редуктором составляет 625 000 рублей [32].

Для подключения резервных двигателей необходимо два устройства плавного пуска, стоимость которых составляет 27 581 рублей за штуку [33].

Итого капитальные затраты на каркас и оборудование составят:

$$C = 45619440 + 4370000 + 1967121 + 60000000 + 2500000 + 55162 = \\ = 114511723 \text{ руб.}$$

Монтаж каркаса уже вложен в цену. Стоимость оборудования составляет:

$$C = 45619440 + 4370000 + 1967121 + 2500000 + 55162 = 54511723 \text{ руб.}$$

Цена за монтаж оборудования считается в процентах от отпускной цены производителя оборудования. В нефтегазовой промышленности этот процент

варьируется от 14,2 до 14,9, в газовой он равен 14,2 [34]. Примем 14,2 %. Тогда стоимость монтажа ( $C_M$ ) равняется:

$$C_M = 54511723 \cdot 0,142 = 7740664,67 \text{ руб.}$$

Итого за материалы и монтаж оборудования стоимость составила 122 252 387,67 руб.

Проведем расчет эксплуатационных затрат за год

Эксплуатационные затраты включают в себя: затраты на оплату труда персонала, производящего ТО и ремонт оборудования, расходы на вспомогательные материалы, энергию и прочее.

Слесарь-ремонтник в Камчатском крае в среднем получает зарплату равную 34 700 руб. [35] Примем, что их штат составляет 6 человек работают они круглый год, значит затраты на оплату труда ( $O_{тр}$ ) составят:

$$O_{тр} = 34700 \cdot 6 \cdot 12 = 2498400 \text{ руб.}$$

Вспомогательные материалы ( $B_M$ ) составляют 2,7 % от фонда оплаты труда. Значит Затраты на них составят:

$$B_M = 2498400 \cdot 0,027 = 67456,8 \text{ руб.}$$

Тариф за электроэнергию в Петропавловске камчатском составляет 5,59 руб/кВт ч [36]. Потребление ( $П$ ) в месяц (790 часов) при безостановочной работе двигателей 3 кВт ч составит:

$$П = 790 \cdot 3 \cdot 2 = 4740 \text{ кВт.}$$

Примем, что в таком режиме он будет работать 5 месяцев в год. Тогда стоимость электроэнергии ( $\mathcal{E}$ ) составит:

$$\Xi = 4740 \cdot 5 \cdot 5,59 = 132483 \text{ руб.}$$

Итого на эксплуатацию данного оборудования в год уйдет 2 698 339,8 руб.

### 9.3 Расчет затрат на снижение снеговых нагрузок плавающей крыши резервуара с применением предлагаемой конструкции

Все оборудование, задействованное в проекте изобретения приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Основное оборудование

Название	Ед. изм.	Количество	Цена за единицу, руб	Стоимость, руб
Коромысло из швеллера 36У	пог. м	100	46 700,00 [37]	391 346,00
Мотор-редуктор и электродвигатель	шт	2	625 000,00 [32]	1 250 000,00
Резиновые пластины АМС-М1	т	1,344	249,50 [38]	335 354,88
Венец	т	1	50 000,00 [39]	50 000,00
Колесо зубчатое	шт	1	20 500,00 [40]	20 500,00
Колесо полеуретановое	шт	2	26 448,00 [41]	52 896,00
Подшипник 22234	шт	1	47 534,00 [42]	47 534,00
Устройство плавного пуска	шт	1	27 581,00[33]	27581,00
Итого	-	-	-	2 175 211,88

Каркас высчитывался из цены за погонный метр балки двутавровой 40К1, равной 19 290 руб [43], а также цену за погонный метр швеллера 30У, равную 3 516 руб [44], всего погонных метров металла в конструкции 4 193, 316 м.

Конструкция собрана из равного количества из швеллеров и двутавров.  
Средняя цена ( $C_{cp}$ ) составляет:

$$C_{cp} = \frac{3516 + 19290}{2} = 11403 \text{ руб.}$$

Материалы конструкции приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Основные материалы

Название	Ед. изм.	Количество	Цена за единицу, руб	Стоимость, руб
Каркас (металл)	пог. м	4 193,316	11 403,00 [43][44]	47 816 382,35
Монолитный поликарбонат	шт	3000	1438,71 [45]	4 316 130,00
Итого	-	-	-	52 132 512,35

Стоимость монтажа металлоконструкции примем 12000 руб/тон [38].

Всего 4 193,316 погонных метров металла, в которые входят все дополнительные конструкции из металла. Это около 202 тонн [46].

$$C_m = 202 \cdot 12000 = 2424000 \text{ руб.}$$

Цена за монтаж оборудования и считается в процентах от отпускной цены производителя. Этот процент принят равным 14,2 %. Тогда

$$C_m = 2175211,88 \cdot 0,142 = 308880 \text{ руб.}$$

Итого за материалы и монтаж оборудования стоимость составила

$$C = 54280143,23 + 308880 = 54616604,31 \text{ руб.}$$

Слесарь-ремонтник в Камчатском крае в среднем получает зарплату равную 34 700 руб [34]. Примем, что их штат составляет 6 человек работают они круглый год, значит затраты на оплату труда составят

$$O_{\text{тр}} = 34700 \cdot 6 \cdot 12 = 2498400 \text{ руб.}$$

Вспомогательные материалы ( $B_{\text{м}}$ ) составляют 2,7 % от фонда оплаты труда. Значит Затраты на них составят:

$$B_{\text{м}} = 2498400 \cdot 0,027 = 67456,8 \text{ руб.}$$

Тариф за электроэнергию в Петропавловске камчатском составляет 5,59 руб/кВт ч [35]. Один двигатель резервный. Потребление в месяц (790 часов) при безостановочной работе двигателя 3 кВт ч составит:

$$П = 730 \cdot 3 = 2190 \text{ кВт}$$

Примем, что в таком режиме он будет работать 5 месяцев в год. Тогда:

$$\mathcal{E} = 2190 \cdot 5 \cdot 5,59 = 61210,5 \text{ руб.}$$

Итого на эксплуатацию данного оборудования в год уйдет 2 627 067,3 рубля.

#### **9.4 Сравнение существующих и альтернативных вариантов снижения снеговых нагрузок плавающей крыши резервуара**

Все способы борьбы со снеговой нагрузкой приведены в таблице 6.

Диаграммы по таблице 6 приведена на рисунках 13...15.

Таблица 6 – Итоговые экономические показатели

Метод	Стоимость приобретения, руб	Стоимость монтажа оборудования, руб	Стоимость эксплуатации в год, руб
Изобретение очистки диаметральной щеткой	54 307 724,23	308 880,09	2 627 067,30
Патент уборки снега роликовым конвейером	114 511 723,00	7 740 664,67	2 698 339,80
Уборка снега вручную	-	-	6 947 856,00

### Стоимость приобретения, монтажа и эксплуатации разных способов

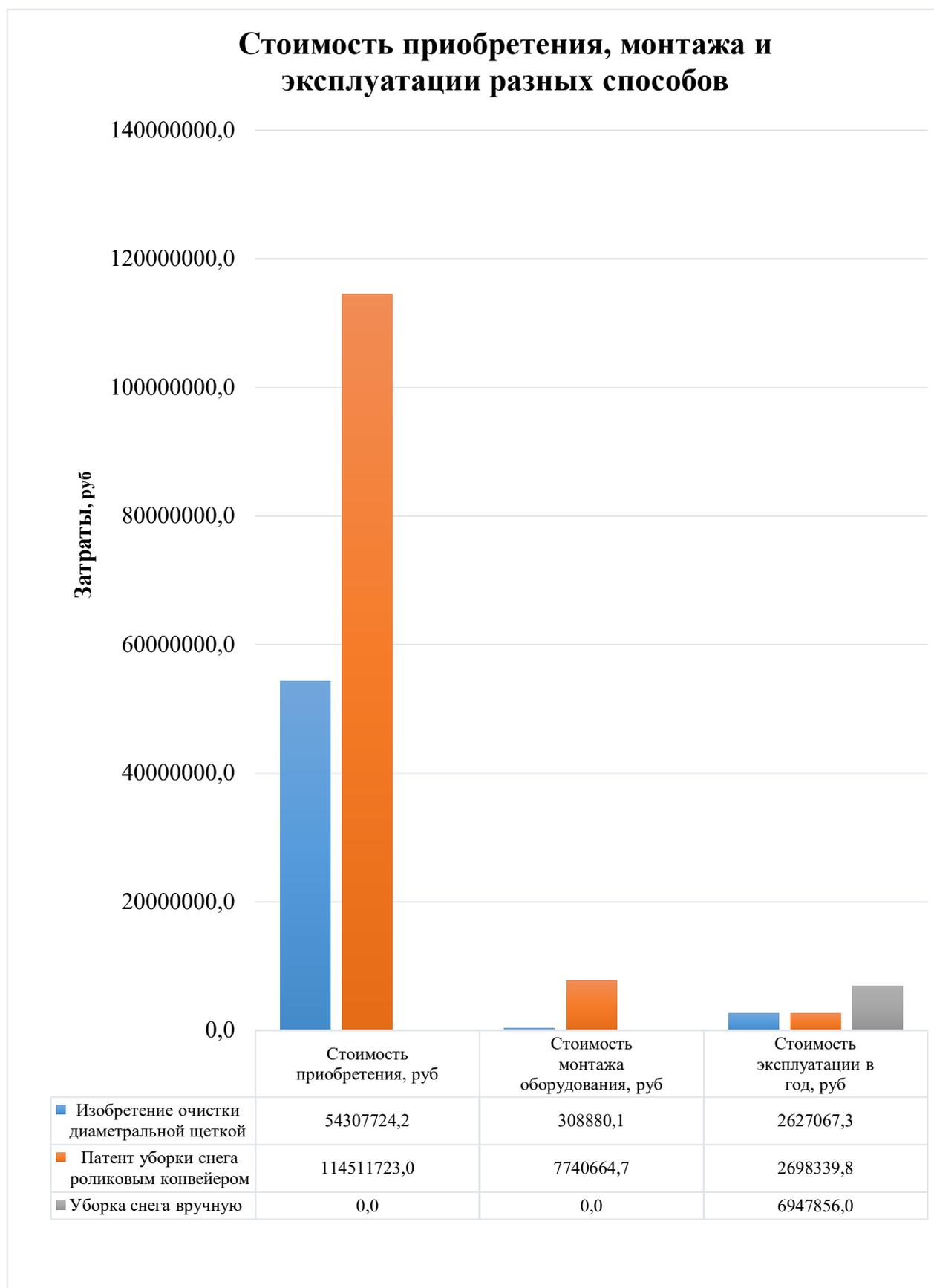


Рисунок 13 – Сравнение экономических затрат существующих и предлагаемых методов по снижению снеговой нагрузки на плавающую крышу

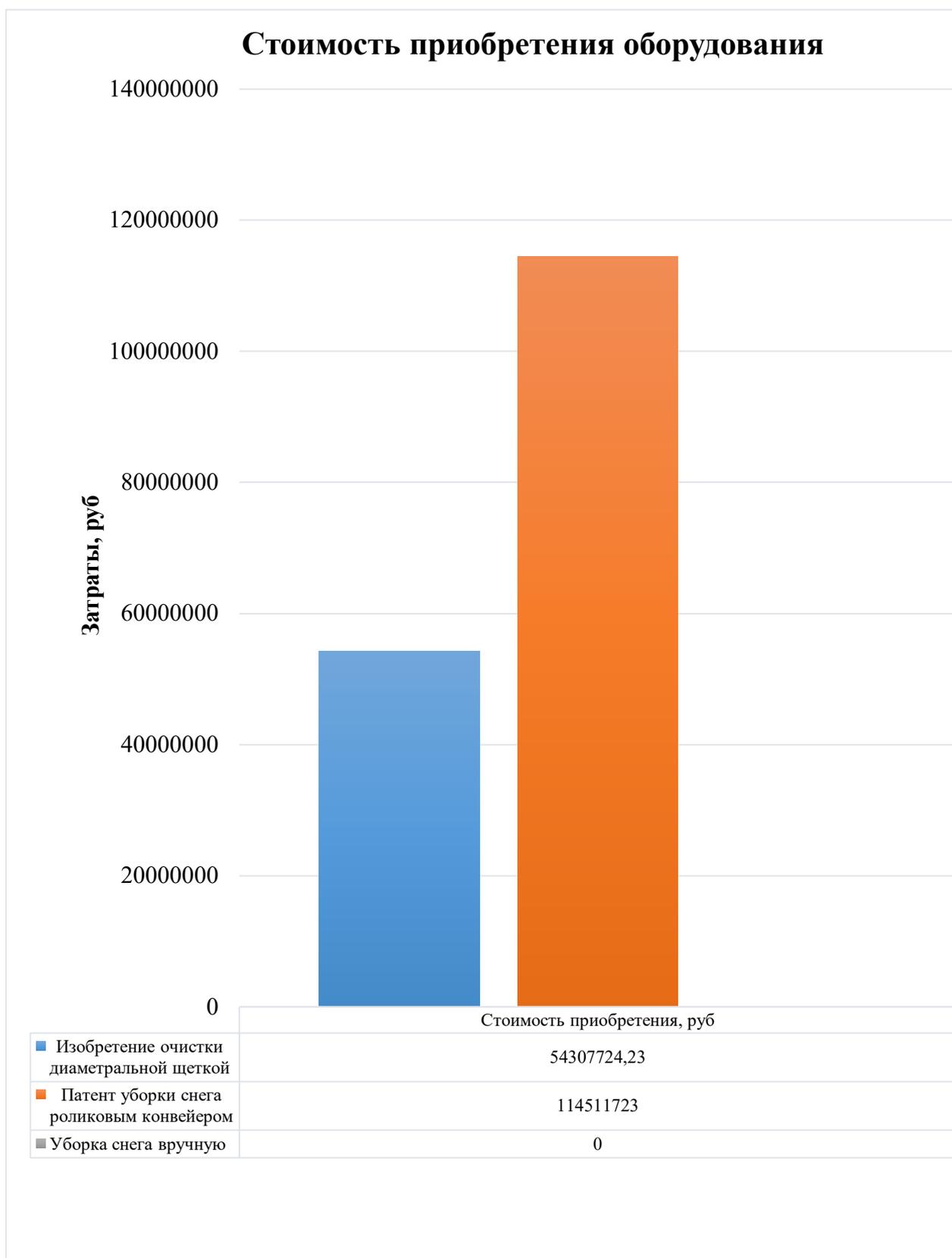


Рисунок 14 – Сравнение стоимости приобретения существующих и предлагаемых методов по снижению снеговой нагрузки плавающую крышу

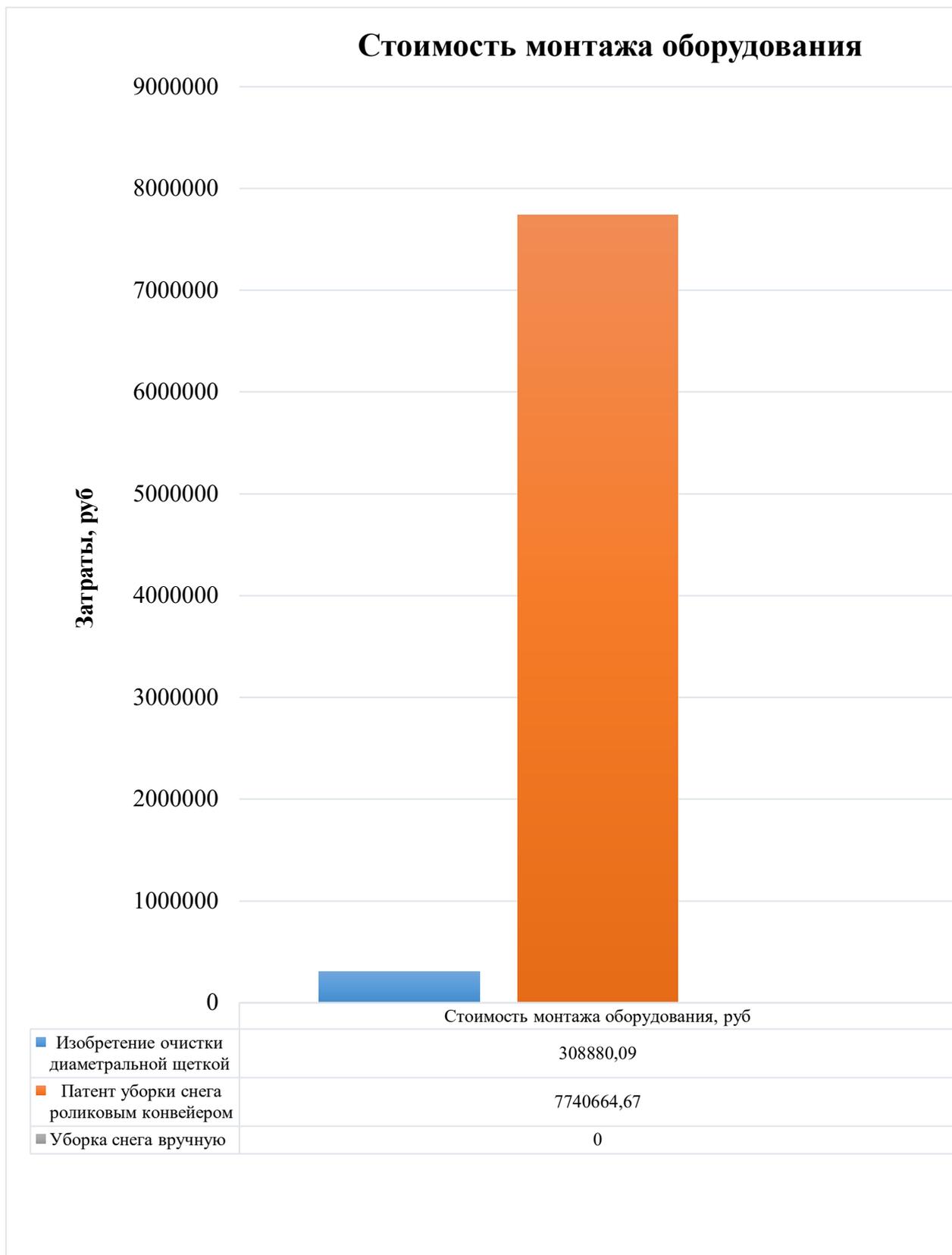


Рисунок 15 – Сравнение стоимости монтажа существующих и предлагаемых методов по снижению снеговой нагрузки на плавающую крышу

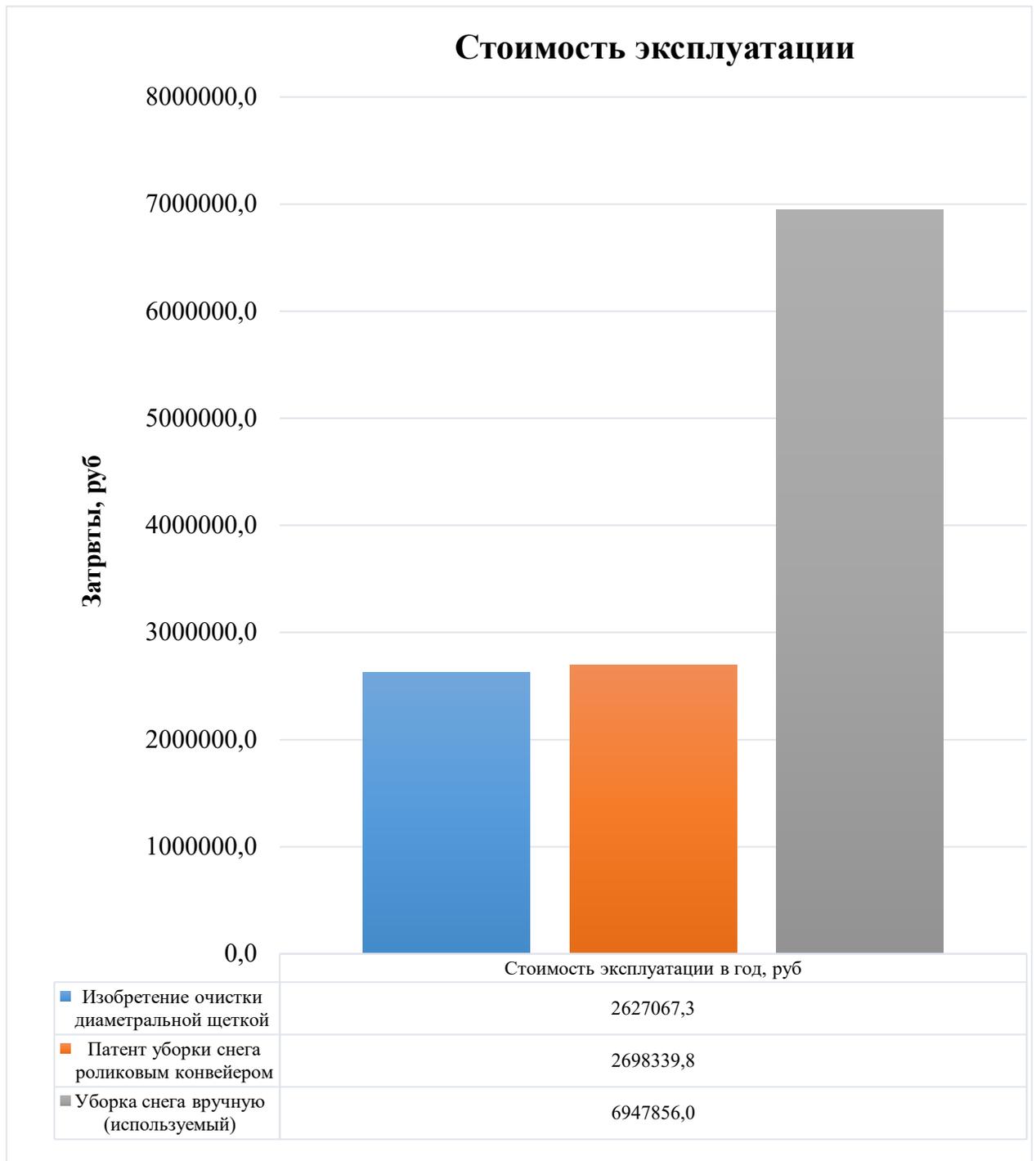


Рисунок 16 – Сравнение стоимости эксплуатации существующих и предлагаемых методов по снижению снеговой нагрузки на плавающую крышу

На рисунках 17...18 изображены единовременные вложения и эксплуатационные затраты на снижение снеговой нагрузки разными способами.

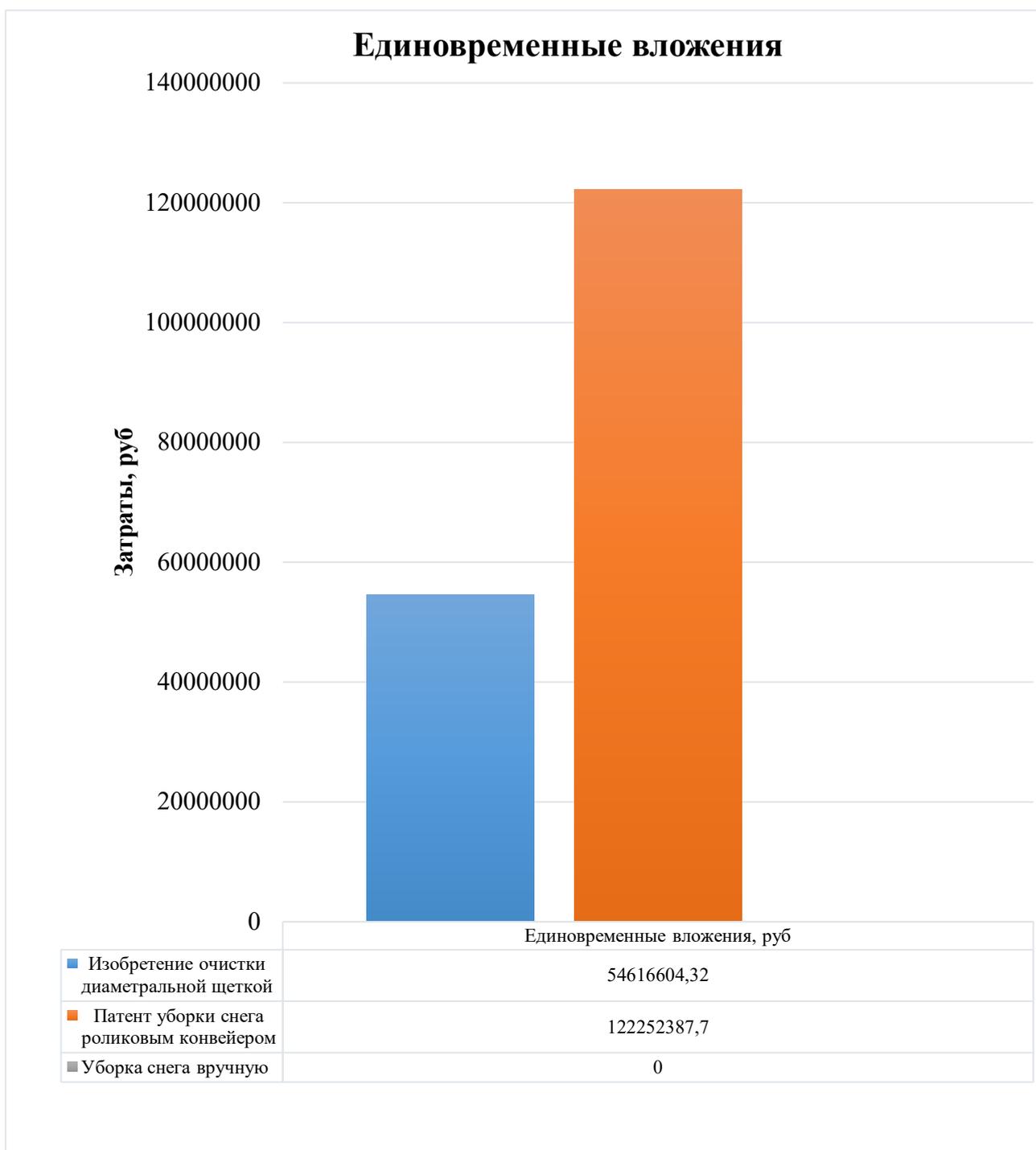


Рисунок 17 – Сравнение единовременных затрат на снижение снеговой нагрузки на плавающую крышу существующей и предлагаемыми технологиями

Самым экономичным по единовременным вложениям является метод ручной очистки резервуара. Самым же дорогим служит патент уборки снега роликовыми конвейерами.

## Эксплуатационные затраты

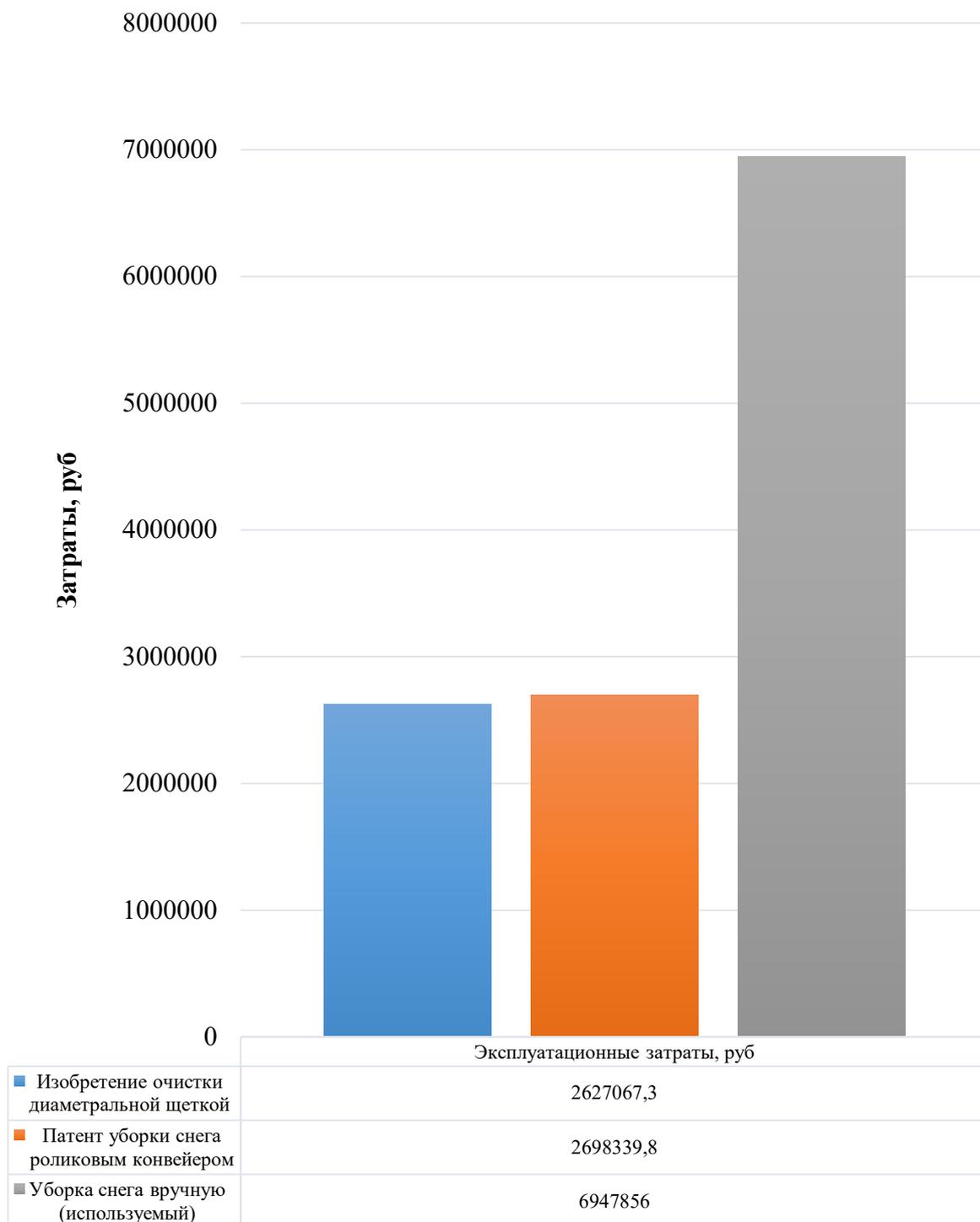


Рисунок 18 – Сравнение эксплуатационных затрат на снижение снеговой нагрузки на плавающую крышу существующей и предлагаемыми технологиями

Самым дорогим методом по эксплуатационным затратам является метод ручной уборки резервуара, а предлагаемые методы выходят примерно одинаковыми по затратам.

Изобретение, основанное на очистке снега диаметральной щеткой дешевле в приобретении и монтаже, нежели патент, а также требует меньше затрат в эксплуатации.

На сегодняшний день из всех трех методов на производствах используется только метод ручной очистки от снега. Ввод в эксплуатацию предлагаемого изобретения диаметрального очистителя сократит эксплуатационные затраты. А также, этот способ снижения снеговой нагрузки не зависит от количества выпадающего снега, нежели способ ручной очистки. Если же снега в какой-либо период выпадет больше рассчитываемого, это серьезно повысит затраты на его уборку ручным способом.

Практичностью предлагаемого изобретения служит его ремонтпригодность и долговечность. Его конструкция рассчитана так, что срок службы этого изобретения приравнен к сроку эксплуатации резервуара (30...40 лет). Это существенно упрощает борьбу со снеговой нагрузкой без значительных вложений человеческих ресурсов.

Помимо всего вышеперечисленного, бригада слесарей-ремонтников работает на весь резервуарный парк, что снизит затраты на эксплуатацию нескольких РВСПК, защищенных таким способом от снеговой нагрузки.

Предлагаемое изобретение требует серьезных единовременных вложений, но при его монтаже совместно со вводом резервуара такого объема в эксплуатацию это будет сравнительно дешево, а также сократит эксплуатационные затраты на 130...170 млн. руб. на весь срок службы (исходя из разности эксплуатационных затрат используемого и предлагаемого методов).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе были выполнены основные задачи: ознакомление с видами резервуаров, а также с оборудованием резервуаров с плавающей крышей; выявление особенностей эксплуатации резервуаров, а конкретно РВСПК, в зимний период; проведен патентно-информационный поиск и кратко изложен в соответствующем пункте; разработано техническое решение.

Оборудование, описанное в патентно-информационном поиске, материалоемкое, дорогое, а на его монтаж и ремонт тратится много материальных и человеческих ресурсов.

Предложенное изобретение дешевле аналогового патента, а также обладает высокой ремонтпригодностью. Новое техническое решение экономически выгодней, надежней и безопасней, чем уже существующее.

В техническом предложении, выносимом на защиту, предлагается использовать настил с оборудованием, снижающим снеговую нагрузку на резервуар, при этом не используя большого количества ресурсов на эксплуатацию и ремонт. Используя данное оборудование, предприятие серьезно обезопасит эксплуатацию резервуара, следовательно, предотвратит несение серьезных экономических убытков.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

РВСПК – резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей;

ГО – газовая обвязка;

УФЛ – установка улавливания легких фракций;

ПВ – патрубок вентиляционный;

ПУМ – прямые удары молний;

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость;

ОСТ – отраслевой стандарт;

КИП – контрольно-измерительные приборы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Саматова, Г. Р. Анализ влияния эксплуатационных факторов на плавающие крыши резервуаров / Дусалимов М.Э., Кантемиров И.Ф., Гулин Д.А. // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2020. № 1. – С. 34–38.

2 ГОСТ 31385 – 2016 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. – Введ. 01.03.2017. – Москва : АО «Кодекс», 2016. – 99 с.

3 ГОСТ 1510 – 84 Нефть и нефтепродукты. – Введ. 01.01.1986.

4 Технологическое оборудование для АЗС и нефтебаз : учебное пособие для студентов вузов (бакалавров), обучающихся по направлению "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов" : в 2-х ч. / Ю. Н. Безбородов [и др.] ; Сиб. федер. ун-т, Ин-т нефти и газа. – Красноярск : СФУ. – Ч. 2 : Оборудование для хранения, приема и выдачи нефтепродуктов на нефтебазах и АЗС. - 2015. - 170 с.

5 ГОСТ 15150 – 69 Машины, приборы и другие технические изделия. – Введ. 01.01.2019. – Москва: Госстандарт России, 2019. – 72 с.

6 СО 153-34.21.122 – 2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – Введ. 03.06.2003. – Москва: Министерство энергетики Российской Федерации, 2013. – 69 с.

7 СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. - Введ. 01.01.1996. – Москва : Госстрой РФ, 1996. – 43 с.

8 СП 131.13330.2018 Строительная климатология. – Введ. 29.05.2019. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 114 с.

9 Резервуары стальные вертикальные цилиндрические [Электронный ресурс] : ALL-Pribors.ru – сайт компании – Режим доступа: <https://all-pribors.ru/opisanie/63494-16-rvspk-100000-73190#ot>

10 OGDS [Электронный ресурс] : OLYMP GROUP DESIGN STUDIO – официальный сайт компании-производителя – Режим доступа: [https://ogds.pro/#tab\\_arch](https://ogds.pro/#tab_arch)

11 ГОСТ 8240 – 97 Швеллеры стальные горячекатаные. – Введ. 01.01.2002. М.: Стандартинформ, 2002. – 16 с.

12 Стадион Супердоум в Луизиане [Электронный ресурс] : LifeGlobe – сайт статей – Режим доступа: <https://lifeglobe.net/entry/10202>

13 Удельный вес снега [Электронный ресурс] : NARU SERVICE – сайт ремонтно-строительной компании – Режим доступа: <https://naruservice.com/articles/udelnii-ves-snega>

14 ГОСТ 12.0.003 – 2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы Классификация. – Введ. 01.03.2017 – Москва : ООО «Экожилсервис», 2015. – 19 с.

15 ГОСТ 12.0.003 – 2015 Системы стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. – Введ. 01.03.2017. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 16 с.

16 СанПиН 2.2.4.548 – 96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы. – Введ. 01.10.1996. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2001. – 20 с.

17 ГОСТ 12.1.003 – 2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. – Введ. 01.11.2015. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 27 с.

18 ГОСТ 12.1.012 – 2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования. – Введ. 01.07.2008. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 20 с.

19 Приказ Минэнерго РФ от 19 июня 2003 года № 232 «Об утверждении Правил технической эксплуатации нефтебаз». – Москва : Минюст РФ, 2003. – 55 с.

20 ГН 2.2.5.686 – 98 Предельно допустимые концентрации (ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. – Введ. 4.02.1998. – Москва : Минздрав России, 1998. – 77 с.

21 РД 34.21.122 – 87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. – Введ. 12.10.1987. – Москва : Стандартиформ, 1987. – 32 с.

22 ГОСТ 19433 – 88 Грузы опасные. Классификация и маркировка. – Введ. 01.01.1990. – Москва : Министерство морского флота и Министерство путей сообщений СССР, 1990. – 68 с.

23 О порядке отнесения организаций к категориям по гражданской обороне: постановление правительства Российской Федерации от 19 сентября 1998 г. № 1115 // Российская газета. – 1998. – 29 сент.

24 ГОСТ 12.4.011 – 89 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. – Введ. 01.07.1990. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2000. – 8 с.

25 Стоимость уборки снега трактором и вручную [Электронный ресурс] : Асфальт качество – сайт компании – Режим доступа: <https://asfalt-kachestvo.ru/uborka-snega.html>

26 Уборка снега с крыш [Электронный ресурс] : ПРОЕКТДОМСТРОЙ – сайт компании – Режим доступа: [http://membranakrov.ru/uborka\\_snega](http://membranakrov.ru/uborka_snega)

27 Стоимость разовой очистки кровли от снега и наледи [Электронный ресурс] : снегобор – сайт компании – цены на услуги – Режим доступа: <https://snegobor.ru/price>

28 Лента морозостойкая [Электронный ресурс] : BOREX – завод РТИ – Режим доступа: [https://www.rti.ru/catalog/konveyernaya\\_lenta/lenty\\_spetsialnogo\\_naznacheniya/moroz-lenta/lenta-morozostojkaja-gost-20-85](https://www.rti.ru/catalog/konveyernaya_lenta/lenty_spetsialnogo_naznacheniya/moroz-lenta/lenta-morozostojkaja-gost-20-85)

29 Калькулятор цены металлоконструкций здания [Электронный ресурс] : Проект КМ – сайт производителя – Режим доступа: <https://proekt-km.ru/cena-metallicheskogo-karkasa>

30 Барабан конвейерный натяжной и приводной [Электронный ресурс] : tiu.ru – интернет-каталог – Режим доступа: [https://krasnoyarsk.tiu.ru/p472151567-baraban-konvejernyj-natyazhnoj.html?prosale=&utm\\_source=google\\_pla&utm\\_medium=cpc&utm\\_content=pla&utm\\_campaign=pla\\_Krasnoyarsk&gclid=CjwKCAjwtdtdeFBhBAEiwAKOIy54Z7LM6Yisd-nzKc2QBeB0IU4tu6Z3lu1vCRFrVD9JRh9rbQ9LEqxRoCHu0QAvD\\_BwE](https://krasnoyarsk.tiu.ru/p472151567-baraban-konvejernyj-natyazhnoj.html?prosale=&utm_source=google_pla&utm_medium=cpc&utm_content=pla&utm_campaign=pla_Krasnoyarsk&gclid=CjwKCAjwtdtdeFBhBAEiwAKOIy54Z7LM6Yisd-nzKc2QBeB0IU4tu6Z3lu1vCRFrVD9JRh9rbQ9LEqxRoCHu0QAvD_BwE)

31 Ролик конвейерный [Электронный ресурс] : BOREX – завод РТИ – Режим доступа: [https://www.rtiok.ru/catalog/uzly\\_i\\_komplektuyushie\\_k\\_konvejeram/roliki/konvejernij-51-250-mm](https://www.rtiok.ru/catalog/uzly_i_komplektuyushie_k_konvejeram/roliki/konvejernij-51-250-mm)

32 Соосно-цилиндрические редукторы серии С [Электронный ресурс] : ИН-ТЕХ – сайт компании-поставщика – Режим доступа: <https://intehnn.ru/production/soosnye/soosniy-reduktor-bonfiglioli/>

33 Устройство плавного пуска ESQ-GS3-022 [Электронный ресурс] : ПУЛЬС ЦЕН – сайт продаж – Режим доступа: [https://krasnoyarsk.pulscen.ru/products/ustroystvo\\_plavnogo\\_puska\\_esq\\_gs3\\_022\\_4\\_3a\\_380v\\_22kvt\\_134199360](https://krasnoyarsk.pulscen.ru/products/ustroystvo_plavnogo_puska_esq_gs3_022_4_3a_380v_22kvt_134199360)

34 Определение стоимости работ по монтажу и демонтажу машин и оборудования [Электронный ресурс] : StudRef – студенческие реферативные статьи и материалы – Режим доступа: [https://studref.com/617090/ekonomika/opredelenie\\_stoimosti\\_rabot\\_montazhu\\_demo ntazhu\\_mashin\\_oborudovaniya](https://studref.com/617090/ekonomika/opredelenie_stoimosti_rabot_montazhu_demo ntazhu_mashin_oborudovaniya)

35 Слесарь-ремонтник 6 разряда в Камчатском крае [Электронный ресурс] : TRUD.com – сайт вакансий – Режим доступа: <https://www.trud.com/kamchatskaya-oblast/salary/67448/52838.html>

36 Тарифы на электроэнергию [Электронный ресурс] : Камчатскэнерго – официальный сайт компании – Режим доступа: <https://kamenergo.ru/yuridicheskim-litsam/uslugi/energospabzhenie/tarify-na-elektroenergiyu/>

37 Швеллер 36У [Электронный ресурс] : Satom.ru – каталог товаров и услуг – Режим доступа: [https://chelyabinsk.satom.ru/p/613129412-shveller-36u/?e=1&i=X-hPb9kUdlUeRGHFZgAeMnjVkQF8qLdA0-zuZInLl2mGX07uFHvUoNbkO-ifTRVcmfvZyUlpbESUf\\_CBzGBmDOScXWgI58ji6KP5EppR-5HAquwa7M05aXFbMiKE8-XPILJxHSH7h2RcWXIuZL6xQ==&gclid=CjwKCAjwtdcFBhBAEiwAKOIy58Ier3ywmrMlfE-nIgaAzDdbqPVIJEiKtukir1-0CyZ3Kk2kUtWotBoCJ7sQAvD\\_BwE](https://chelyabinsk.satom.ru/p/613129412-shveller-36u/?e=1&i=X-hPb9kUdlUeRGHFZgAeMnjVkQF8qLdA0-zuZInLl2mGX07uFHvUoNbkO-ifTRVcmfvZyUlpbESUf_CBzGBmDOScXWgI58ji6KP5EppR-5HAquwa7M05aXFbMiKE8-XPILJxHSH7h2RcWXIuZL6xQ==&gclid=CjwKCAjwtdcFBhBAEiwAKOIy58Ier3ywmrMlfE-nIgaAzDdbqPVIJEiKtukir1-0CyZ3Kk2kUtWotBoCJ7sQAvD_BwE)

38 Пластина АМС [Электронный ресурс] : Уральский завод эластомерных уплотнений – сайт производителя – Режим доступа: <https://www.zavodrti.ru/catalog/plastiny-tekhnicheskie/plastina-ams-gost-7338-90/>

39 Цены на изготовление металлоконструкций [Электронный ресурс] : БарсПром группа компаний – сайт производителя – Режим доступа: <https://xn--80ab8ahefbg.xn--p1ai/tseny>

40 Колесо зубчатое [Электронный ресурс] : FLAGMA – сайт объявлений – Режим доступа: <https://kirov.flagma.ru/koleso-zubchatoe-u2260-28a-03-001-m-10-z-53-o4498027.html>

41 Колесо полиуретановое сдвоенное поворотное [Электронный ресурс] : ВсеИнструменты.ру – интернет-магазин – Режим доступа: [https://www.vseinstrumenti.ru/rashodnie-materialy/dlya-skladskogo-oborudovaniya/kolesa-dlya-telejek/kolesa-s-oporoj/mfk-torg/ew01-vbp-250/?gclid=Cj0KCCQjwktKFBhCkARIsAJeDT0jwktEFmYuh5r6\\_jxii-laKoFbx6Woc2i1urarqdO3OKck4vHFGnLwaAo-oEALw\\_wcB](https://www.vseinstrumenti.ru/rashodnie-materialy/dlya-skladskogo-oborudovaniya/kolesa-dlya-telejek/kolesa-s-oporoj/mfk-torg/ew01-vbp-250/?gclid=Cj0KCCQjwktKFBhCkARIsAJeDT0jwktEFmYuh5r6_jxii-laKoFbx6Woc2i1urarqdO3OKck4vHFGnLwaAo-oEALw_wcB)

42 Подшипник 22234 [Электронный ресурс] : ВсеИнструменты.ру – интернет-магазин – Режим доступа: [https://www.vseinstrumenti.ru/stanki/promyshlennye-komponenty/podshipniki/rolikovye/mtk-/mtk-podshipnik-22234-cw33-1227884-/?gclid=CjwKCAjwtdcFBhBAEiwAKOIy54t910KnB2tow0dOEtreUa4iBDEYCNg69bBnrhCZGT\\_nRrbCg3hd8xoC98oQAvD\\_BwE](https://www.vseinstrumenti.ru/stanki/promyshlennye-komponenty/podshipniki/rolikovye/mtk-/mtk-podshipnik-22234-cw33-1227884-/?gclid=CjwKCAjwtdcFBhBAEiwAKOIy54t910KnB2tow0dOEtreUa4iBDEYCNg69bBnrhCZGT_nRrbCg3hd8xoC98oQAvD_BwE)

43 Балка двутавровая 40К1 [Электронный ресурс] : Сити Металл – сайт производителя – Режим доступа: [https://city-met.ru/balka\\_dvutavrovaya/balka\\_dvutavrovaya\\_40\\_k1/](https://city-met.ru/balka_dvutavrovaya/balka_dvutavrovaya_40_k1/)

44 Швеллер 30 [Электронный ресурс] : Сити Металл – сайт производителя – Режим доступа: [https://city-met.ru/shveller/shveller\\_30/](https://city-met.ru/shveller/shveller_30/)

45 Монолитный поликарбонат [Электронный ресурс] : Plast.ru – сайт производителя – Режим доступа: [https://plast.ru/catalog/product/monolitnyy\\_polikarbonat\\_borrex\\_standart\\_0\\_9kh125\\_0kh2050mm\\_2\\_7\\_kg\\_prozrachnyy/](https://plast.ru/catalog/product/monolitnyy_polikarbonat_borrex_standart_0_9kh125_0kh2050mm_2_7_kg_prozrachnyy/)

46 Калькулятор металлопоката [Электронный ресурс] : MetSi – Режим доступа: <http://metsi.ru/calc>

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Кафедра проектирования и эксплуатации газонефтепроводов

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 /А. Н. Сокольников

« 21 » июня 2021 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Изменение конструкции кровли резервуара с плавающей крышей

Руководитель  11.06.21 канд. техн. наук, доцент О. Н. Петров

Выпускник



10.06.21.

Л. А. Королев

Красноярск 2021

Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме:  
«Изменение конструкции кровли резервуара с плавающей крышей»

Консультанты по  
разделам:

Экономическая часть



И. В. Шадрина

Безопасность жизнедеятельности



Е. В. Мусияченко

Нормоконтролер



О. Н. Петров

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Изменение конструкции кровли резервуара с плавающей крышей» содержит 68 страниц текстового документа, 18 иллюстраций, 6 таблиц, 24 формулы, 46 использованных источников, 6 листов графического материала.

ПЕРЕЧЕНЬ КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ: СНЕГОВАЯ НАГРУЗКА, РЕЗЕРВУАР С ПЛАВАЮЩЕЙ КРЫШЕЙ, РЕЗЕРВУАР, РВСПК, ЗИМНИЙ ПЕРИОД.

Объект работы – резервуар с плавающей крышей типа РВСПК-100000.

Цель работы: разработать конструкцию кровли резервуара, позволяющую снизить/исключить снеговую нагрузку на резервуар в зимний период времени.

Задачи работы:

- 1) ознакомиться с конструкцией резервуара типа РВСПК-100000;
- 2) изучить особенности эксплуатации резервуара типа РВСПК-100000 в зимний период;
- 3) провести патентно-информационный поиск методов, позволяющих снизить/исключить снеговую нагрузку на резервуар в зимний период времени;
- 4) разработать собственную конструкцию кровли резервуара, позволяющую снизить/исключить снеговую нагрузку на резервуар в зимний период времени.

В ходе выполнения работы были рассчитаны экономические затраты на устранение снеговой нагрузки на крышу резервуара с плавающей крышей различными методами.

На основе исходных данных был произведён расчет конструкций и составляющих изобретений, подобрано оборудования для их нормальной работы, определены нагрузки, приходящиеся на каркас конструкции, составлены графики экономической целесообразности использования предложенного изобретения.

При практической реализации рекомендуется сделать перерасчет веса и габаритов конструкции, предусмотреть иные виды оборудования в зависимости

от габаритов резервуара и климатических условий района проектирования, пересчитать экономическую эффективность в сравнении с иными способами уменьшения или исключения снеговой нагрузки.