

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт горного дела, геологии и геотехнологий  
институт  
Горные машины и комплексы  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.С.Морин  
подпись инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

**21.05.04.09 «Горные машины и оборудование»**

код и наименование специализации

**Разработка технического предложения по повышению экологизации**

тема

**процесса транспортирования угля железнодорожным транспортом**

Руководитель	_____	профессор, д-р техн. наук	<u>И.И. Демченко</u>
	подпись, дата		
Выпускник	_____		<u>К.С. Пирогов</u>
	подпись, дата		
Консультанты:			
<u>Безопасность</u>			
<u>жизнедеятельности</u>	_____		<u>А.В. Галайко</u>
	подпись, дата		
<u>Экономическая часть</u>	_____		<u>Р.Р. Бурменко</u>
	подпись, дата		
<u>Нормоконтролер</u>	_____		<u>И.И. Демченко</u>
	подпись, дата		

Красноярск 2022

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

Институт горного дела, геологии и геотехнологий

институт

Горные машины и комплексы

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ \_ подпись инициалы,

фамилия « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

2022 г

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ  
РАБОТУ В ФОРМЕ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ**

Студенту Пирогову Константину Сергеевичу

фамилия, имя, отчество

Группа ГМ16-12 Направление (специальность) 21.05.04.09 Горное дело,

номер код

специализация 21.05.04. «Горные машины и оборудование»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Разработка технического предложения по повышению экологизации процесса транспортирования угля железнодорожным транспортом

Утверждена приказом по университету № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Руководитель ВКР И.И.Демченко, профессор, доктор технических

инициалы, фамилия, должность, ученое звание

наук кафедры «Горные машины и комплексы»

место работы

Исходные данные для ВКР железнодорожная станция Бугач,

ООО «Красноярский гортоп», котельная Октябрьского района

Перечень разделов ВКР Проблемы, связанные с транспортировкой угля навалом и анализ поломок полувагонов, перевозивших уголь;

Существующая и предлагаемая технология перевалки угля на угольном складе железнодорожной станции Бугач г. Красноярск;

Математическая модель расчета площадей складов при буртовом и контейнерном способе хранения

Перечень графического материала Презентация в количестве

16 слайдов

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_   
подпись

И.И.Демченко

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_   
подпись

К.С.Пирогов

инициалы и фамилия

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Перевозки угля железнодорожным транспортом.....	7
1.1 Проблемы, связанные с транспортировкой угля навалом и анализ поломок полувагонов, перевозивших уголь .....	7
1.2. Существующая и предлагаемая технология перевалки угля на угольном складе железнодорожной станции Бугач г. Красноярск.....	24
1.3 Математическая модель расчета площадей складов при буртовом и контейнерном способе хранения.....	32
2 Безопасность жизнедеятельности при железнодорожных перевозках.....	42
3 Экономическая эффективность использования контейнеров на складах перегрузки и временного хранения угля.....	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	48

## ВВЕДЕНИЕ

Полезные ископаемые играют важную роль в развитии современного общества. Без них невозможно представить ни одно научное открытие. Всё, чего добилось современное общество, не было бы реализовано, если бы не полезные ископаемые, которые в свою очередь подразделяются на горючие, не горючие, рудные и не рудные. В данной работе мною будут рассмотрены горючие полезные ископаемые, а именно, уголь, его транспортировка и складирование.

Уголь – очень ценное полезное ископаемое, вид топлива и сырья, которое было образовано из фрагментов древней флоры, а так же из битумных масс, которые когда-то были излиты на поверхность нашей планеты и в последствии подверглись метаморфизму из-за опускания под землю на большие глубины без доступа кислорода под высокими температурами.

Уголь – это одно из первых ископаемых, которым человек стал пользоваться в качестве топлива. Широкое применение угля ознаменовало новый этап развития науки и технологий. На сегодняшний день транспортировка и добыча угля является важным процессом, требующим современных решений.

На сегодняшний день стоимость угля во многом зависит от способа его доставки. Основными способами транспортировки являются:

- автомобильная;
- морская;
- железнодорожная.

Перевозка автотранспортом может использоваться только на короткие расстояния и при небольших объемах. Недостатками этого вида перевозки является его дороговизна и длительность – большое время занимает процесс погрузки и выгрузки угля. А также для этих процессов нужна отдельная техника.

Кроме этого, важно учитывать все особенности угля. Неправильная погрузка в неподходящий транспорт приведет к большим потерям при

транспортировке, а также ухудшению качества в ходе переизмельчения.

В отличие от автотранспорта транспортировка угля морским транспортом является более уникальной потому, что имеет возможность доставки груза на другие континенты. Однако, в других ситуациях считается менее востребованной. Главным преимуществом морского транспорта является его надежность, но при этом он имеет такой недостаток, как высокое время доставки. Перевозка угля при данном способе транспортировки осуществляется в предназначенных для этого контейнерах, либо в влагоотталкивающих мешках. Эти способы позволяют сократить потери угля при перевозке до минимума.

Что касается железнодорожного транспорта, главным преимуществом этого вида доставки является экономичность, что и делает его самым востребованным. Перевозка железнодорожным транспортом объединяет в себе два важных аспекта: перевозка может осуществляться в больших объемах, но при этом за относительно небольшое время. Кроме того, во многих странах развита сеть железных дорог, что позволяет доставлять уголь не только внутри страны, но и за ее пределы. Этот метод так же отличается своей безопасностью, так как уголь перевозится в специальных контейнерах или мешках, что обеспечивает его сохранность.

## 1 Перевозки угля железнодорожным транспортом

Перевозки угля и углепродуктов на территории России производится следующими видами транспорта: железнодорожным, автомобильным, речным, морским, конвейерным и трубопроводным. В Красноярском крае используют: железнодорожный, автомобильный речной и конвейерный транспорт.

### 1.1 Проблемы, связанные с транспортировкой угля навалом и анализ поломок полувагонов, перевозивших уголь

На магистральном железнодорожном транспорте перевозки угля являются наиболее массовыми. По рисунку 1 [3] видно, что в общем объеме перевозок по России по данным за 2019 г. они составляют около 29 %.

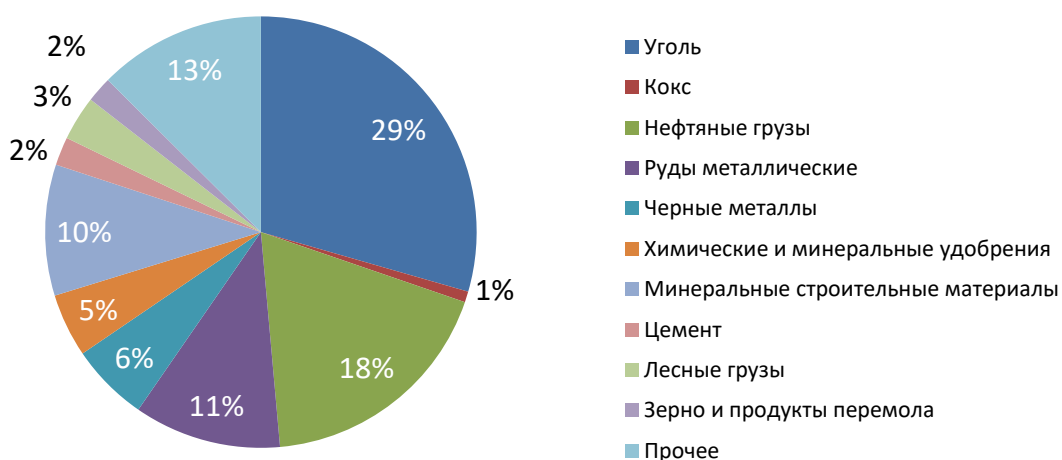


Рисунок 1 – Структура перевозок грузов железными дорогами МПС России

Уголь перевозят в полувагонах. Полувагоны это железнодорожный грузовой вагон которые используются для перевозки грузов которые не требуют защиты от природных факторов, грузы могут быть как кусковатые, штучные, сыпучих и других грузов.

Полувагоны имеют кузов, но не имеют крыши, что позволяет удобно загружать и выгружать груз. Погрузка осуществляется за счет бункеров,

эксковаторов, грейферов.

При доставке по железнодорожным путям используют два основных типа полувагонов. Специальные – предназначенные для сыпучих грузов, которые имеют кузов без люков и дверей. Разгрузка осуществляется за счет вагоноопрокидывателя башенного или роторного типа. Универсальные – с торцевыми дверями для погрузки и разгрузки штучных грузов и разгрузочными люками в полу для разгрузки сыпучих грузов. Краткие технические характеристики основных моделей полувагонов, применяемых для перевозки угля изображены в таблице 1 [4].

Полувагоны бывают четырех -, шести - и восьмиосные, они изображены на рисунках 2, 3 и 4, соответственно [4]. Кузов полувагона, кроме специальных вагонов, состоит из двух боковых стен, двух торцевых дверей и плоского пола, образованного крышками разгрузочных люков и рамой.



Таблица 1 – Основные технические характеристики полувагонов для перевозки сыпучих грузов

Модель вагона	Кол-во осей	Грузо-подъемность, т	Масса вагона, т	Объем кузова, м <sup>3</sup>	Внутренние размеры кузова, мм			Размер разгрузочных люков, мм	Угол открывания крышек люков, град		Площадь пола, м <sup>2</sup>	Материал кузова
					длина	ширина	высота		средних	надтележных		
12-508	8	125	45,174	137,5	18758	2790	2450	1327X1540	31	23	54,7	сталь 09Г2Д
12-915	8	129	46,4	141	19410	2078	2502	1470X1590	31	23	56,7	сталь 10ХНДП
12-124	8	130	46	150	17570	2967	2855	1450X1580	31	23	52,1	сталь 09Г2
12-П152	6	94	32,4	106	14586	2902	2365	1327X1540	31	18,68	45	сталь 09Г2
12-1000	4	69	22	73	12068	2878	2060	1327X1540	31	26,5	35,4	сталь 10ХНДП
12-532	4	69	22,2	73,0	12118	2878	2060	1327X1540	31	23,5	35,5	сталь 10ХНДП
12-726	4	69	22±0,66	73,0	12088	2878	2060	1327X1540	31	23,5	35,4	сталь 09Г2
12-119	4	69	22,5	76	12700	2878	2060	1327X1540	31	23,5	36,55	сталь 10ХНДП
12-1505	4	69	21,1	76	12700	2878	2060	люков нет	-	-	35,4	сталь 10ХНДП
12-1592	4	71	21,28	83	12700	2878	2240	люков нет	-	-	37,1	сталь 10ХНДП
12-515	4	69	21,8	70,5	12056	2826	2060	1327X1540	31	23,5	34,42	пиломатериалы
12-37	4	63	22	64,7	12056	2850	1880	1385X1540	31	23,5	35,4	пиломатериалы
12-П153	4	63	23,2	64,0	12050	2850	1880	1385X1550	32	26	35,4	пиломатериалы
12-753	4	69	22,5	74	12324	2878	2060	1327X1540	31	23,5	36,15	сталь 10ХНДП
12-757	4	75	25±0,5	85	12228	2964	2315	1370X1540	31	23,5	36,63	сталь 10ХНДП
12-П001	4	64	22,4	68,6	11978	2900	1900	1385X1550	32	26	34,1	Ст.3
12-П002	4	64	23,2	68,6	11988	2900	1900	1327X1540	32	26	34,1	Ст.3

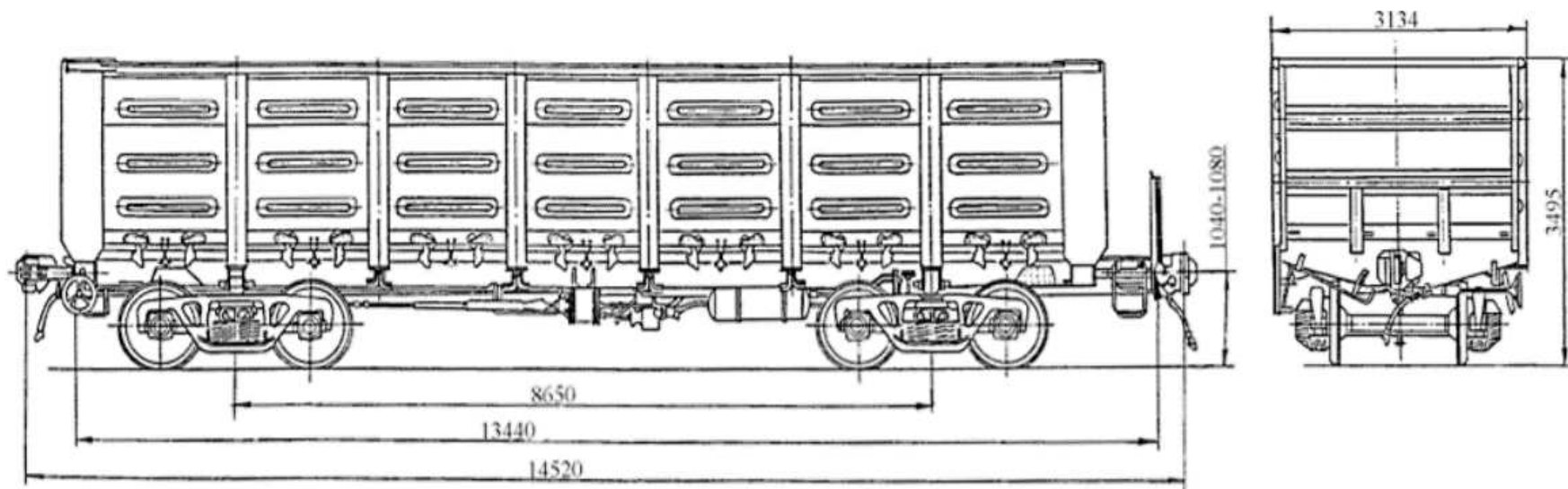


Рисунок 2 – 4-осный полувагон модели 12-127 для перевозки сыпучих крупнокусовых и других грузов, не требующих защиты от природных явлений

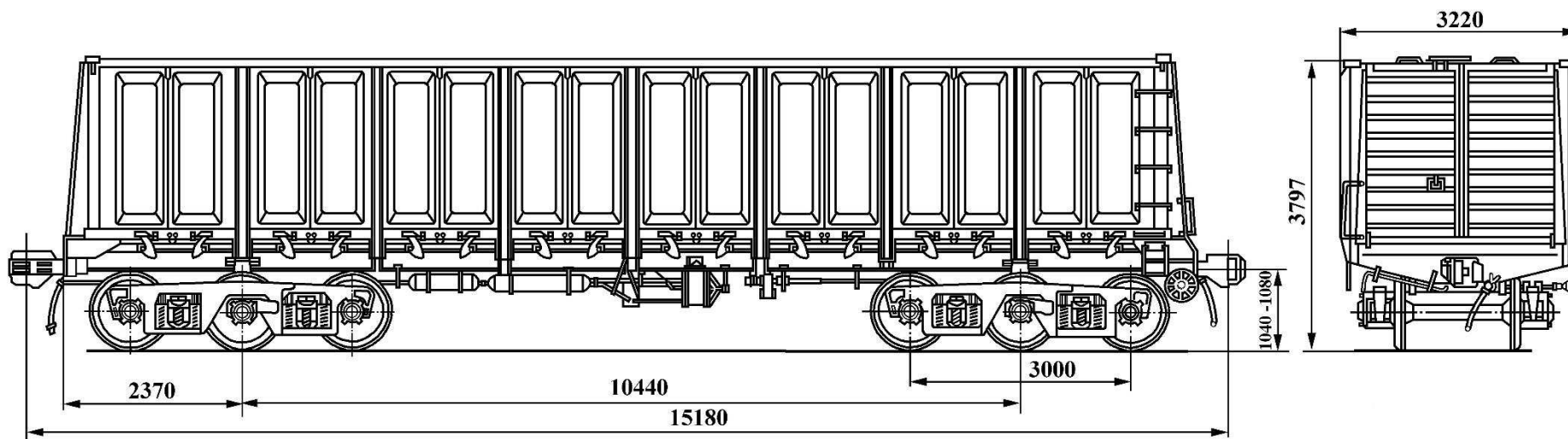


Рисунок 3 – 6-осный полувагон модели 12-П152 для перевозки сыпучих крупнокусковых и других грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков

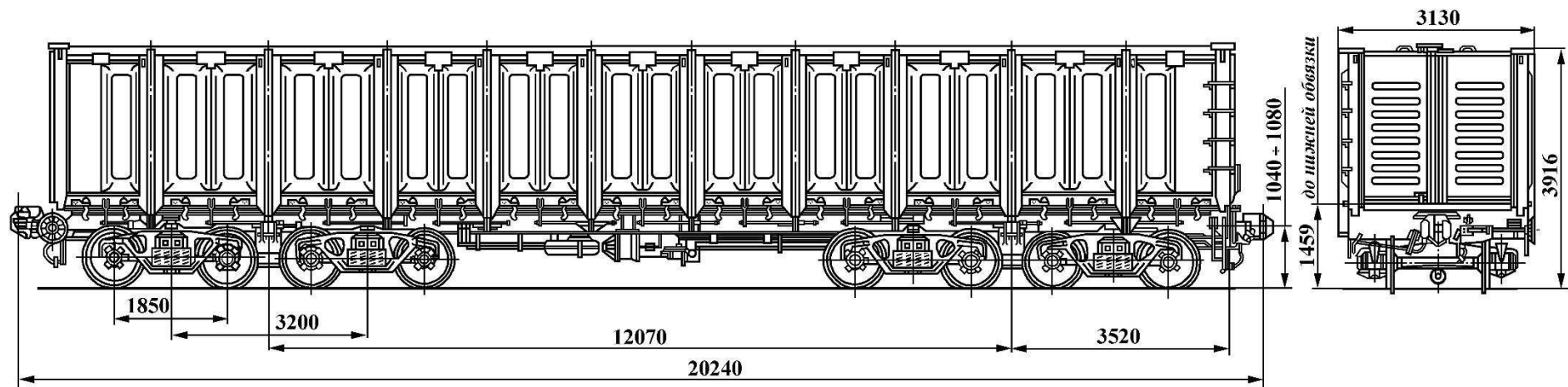


Рисунок 4 – 8-осный полувагон модели 12-508 для перевозки сыпучих крупнокусковых и других грузов, не требующих защиты от природных явлений

Конструкция вагона достаточно сложна, несмотря на довольно простой внешний вид.

Рама восьмиосного полувагона, изображена на рисунке 5 [5], состоит из хребтовой балки 1, двух концевых балок коробчатого сечения 2, двух шкворневых и восьми промежуточных балок 3, сваренных из горизонтальных и вертикальных листов.

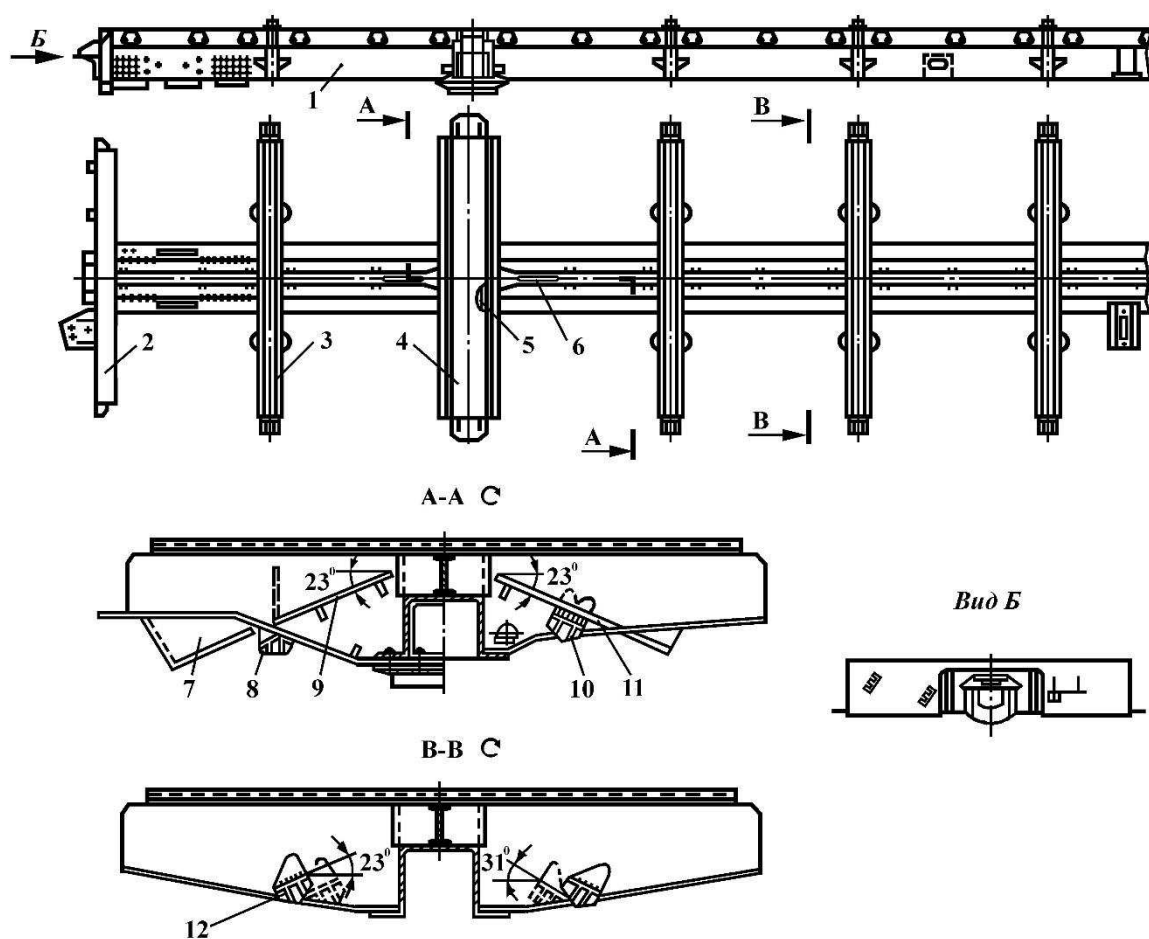


Рисунок 5 – Рама кузова восьмиосного полувагона (половина)

Для защиты телег от давлений больших и длинных грузов, предназначена выпуклая форма, которая присутствует на верхних листах, промежуточных и на шкворневых балках. А от попадания на них сыпучих грузов при разгрузке, на вертикальных листах шкворневых и промежуточных балок приварены специальные планки 7, 9 и 11.

На всех поперечных балках имеются упоры 10 и 12, ограничивающие угол открывания люков. У шкворневых балок упоры 8 совмещены со скользунами.

Так же присутствуют надпятниковые коробки, которые установлены в местах приварки вертикальных листов шкворневых балок к станкам хребтовой балки. Это помогает придать жесткость надпятниковым листам и усиления соединения стенок хребтовой балки.

Кроме того, к верхним и нижним полкам хребтовой балки в этом узле приварены усиливающие накладки 5 и 6.

Рама снабжена двумя стальными литыми пятниками высотой 95 мм в диаметром 450 мм, с помощью которых происходит опора кузова на тележки.

Крышка люка массой 170 кг, изображена на рисунке 6 [5], которая состоит из двух поперечных боковых 7, продольной 8 и средней 6 обвязок и усиливающей планки 3, перекрытых штампованным листом 2 с гофрами, находятся поперек вагона. Крышка шарнирно соединена с двутавром хребтовой балки петлей 1. В открытом положении крышки люков размещаются к горизонтали под углом: над тележками –  $23^{\circ}$ , в средней части -  $31^{\circ}$ , над тормозным цилиндром –  $27^{\circ}$ .

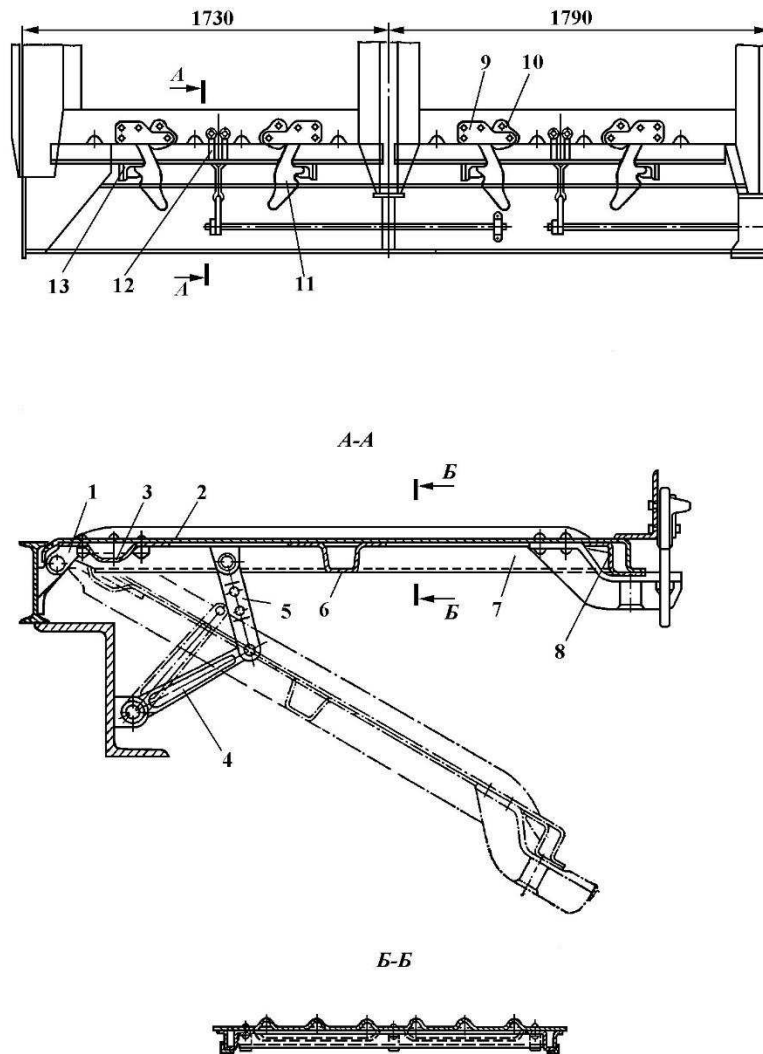


Рисунок 6 – Крышка люка с торсионным устройством

Для поднятия крышки при разгрузки вагона используют торсионное устройство это позволяет облегчить поднятие крышки люка

Торсион 5, который одним концом прикреплен к крышке, а другим – к рычагу 4, шарнирно связанному с хребтовой балкой, закручивается при опускании освобожденной от запоров крышки под действием силы тяжести груза. После освобождения крышки от груза упруго деформированный торсион поднимает ее в первоначальное положение. Жесткость торсиона подбирается так, чтобы крышка люка полностью открывалась и удерживалась в этом положении до тех пор, пока не будет надобности в ее поднятии усилием одного человека.

Запор люка состоит из закидки 11, сектора 10 и планки 9. Закидка имеет два зуба. Обычно при ручном закрытии люка крышку ставят на первый зуб закидки, а затем ломом через скобу 12 поднимают ее так, чтобы запорные угольники 13 захватывались вторым, основным зубом закидки. Сектор 10 служит для исключения перемещения закидки во время движения вагона и самопроизвольного открывания крышки.

Боковая стена, изображена на рисунке 7 [5], состоит из металлической обшивки 1, верхней обвязки 2 замкнутого по всей длине сечения, нижней обвязки 3, двух угловых стоек 6, двух шкворневых 4 и восьми промежуточных 5 стоек.

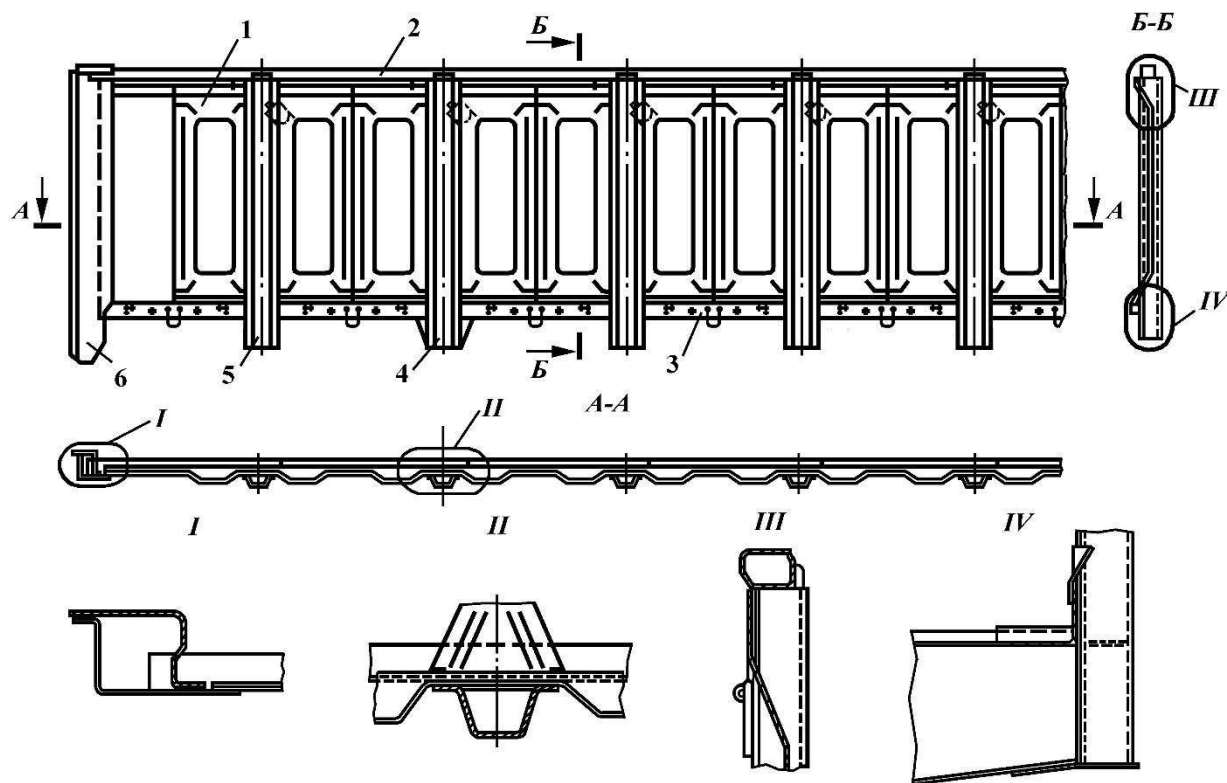


Рисунок 7 – Боковая стенка кузова восьмиосного полувагона (половина)

Верхняя обвязка и стойки выполнены из гнутых профилей, а нижняя обвязка – из горячекатаного уголка 160×100×9 мм. Металлическая обшивка выполнена из листов толщиной 4 – 5 мм, прикрепленных к каркасу точечной сваркой. Для большей жесткости и увеличения емкости кузова листы



обшивки 16 выштампованы в виде неглубоких корыт пологой формы, благодаря чему при выгрузке сыпучий груз не должен оставаться в углублениях. Все промежуточные стойки имеют  $\Omega$ -образную форму.

К боковым стенам приварены скобы для увязки грузов и для стоек, устанавливаемых при перевозке лесоматериалов, загружаемых «с шапкой».

Торцевая дверь, изображена на рисунке 8 [5], состоит из двухстворок, каждая из которых закреплена шарнирно на угловых стойках кузова тремя петлями.

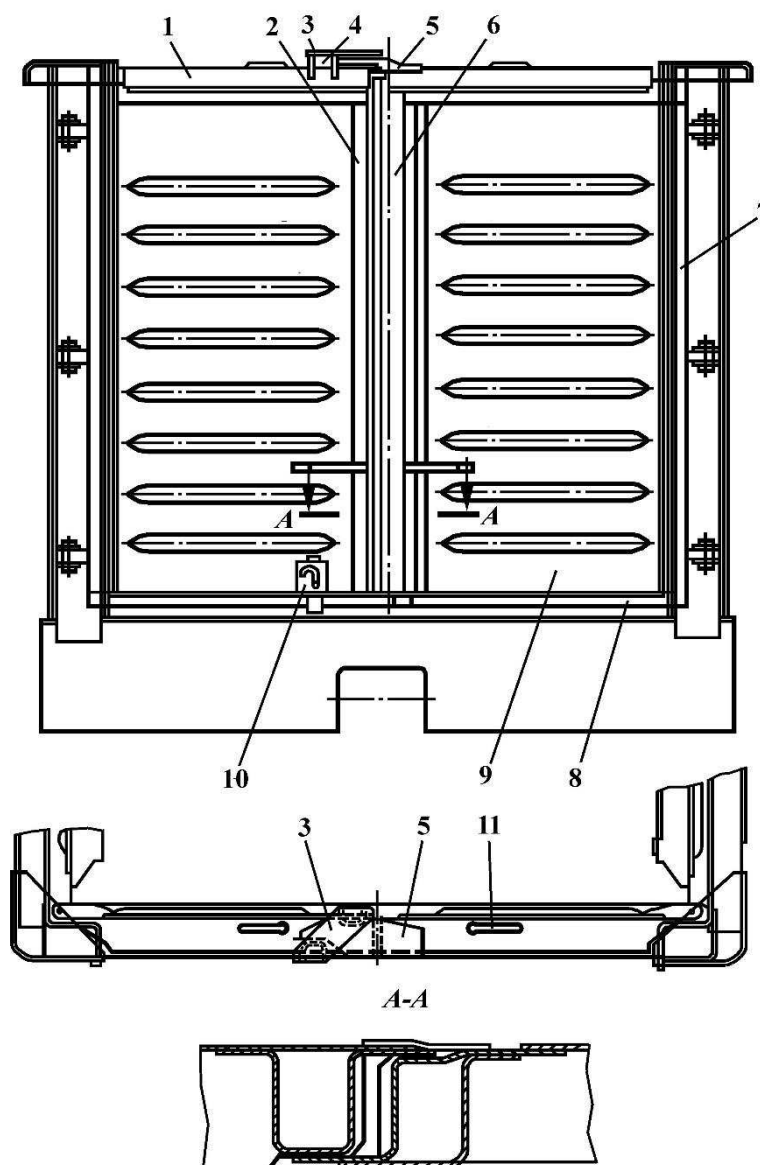


Рисунок 8 – Торцевая дверь полувагона

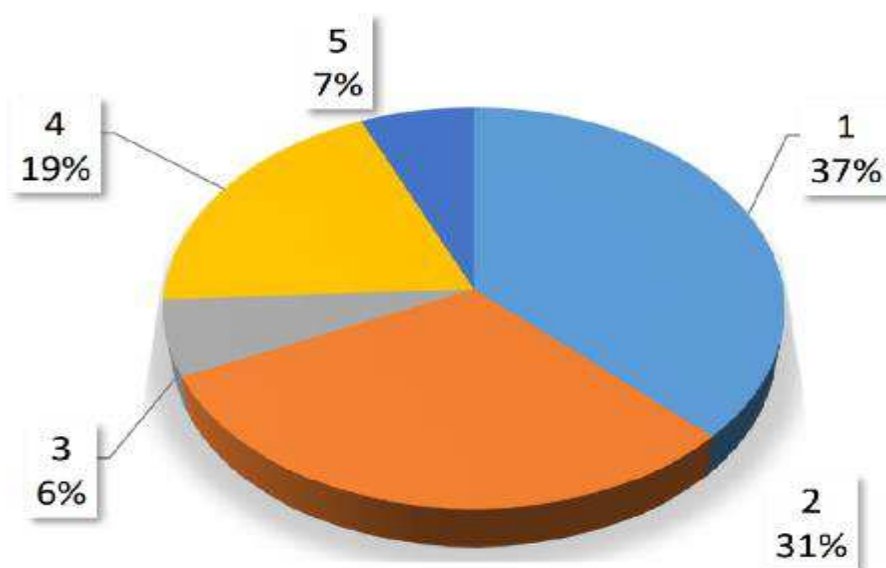
Верхняя обвязка двери 1 выполнена из гнутого профиля, нижняя 8 и боковые 7 обвязки – из уголка. Средняя обвязка 6 правой створки состоит из двух сваренных между собой гнутых Z-образных профилей, образующих коробчатое сечение. Средняя обвязка 2 левой створки выполнена из  $\Omega$ -образного профиля. Каркасы створок обшиты металлическим гофрированным листом 9. Для удержания в закрытом положении дверь снабжена верхним и нижним запорами. Нижний запор 10 в виде шарнирно прикрепленной закидки расположен на левой створке; у закрытой двери закидка заходит за ее порог и не позволяет створке открываться. Правая створка удерживается в закрытом положении левой створкой посредством верхнего запора. Этот запор состоит из запорного клина 5, скрепленного с верхней обвязкой правой створки, направляющих 4 и планки 3, которые соединены с верхней обвязкой левой створки двери.

Верхний запор при закрытии створок замыкается сам и не позволяет им под действием распирающих усилий груза выжиматься наружу вагона. Кроме того, запор препятствует распору боковых стен полувагона. При открытом нижнем запоре верхний запор не препятствует открыванию двери внутрь вагона. Для фиксации в открытом положении на створках имеются специальные скобы 11.

На Уральском вагоностроительном заводе была создана конструкция и построена опытная партия восьмиосных полувагонов грузоподъемностью 132 т с глухим кузовом, которая используется для перевозки угля с разгрузкой на вагоноопрокидывателях. Вагон отличается наличием на торцовых стенах горизонтальных элементов жесткости, а также установкой стен под небольшим углом к вертикали и их скруглением в месте перехода к раме.

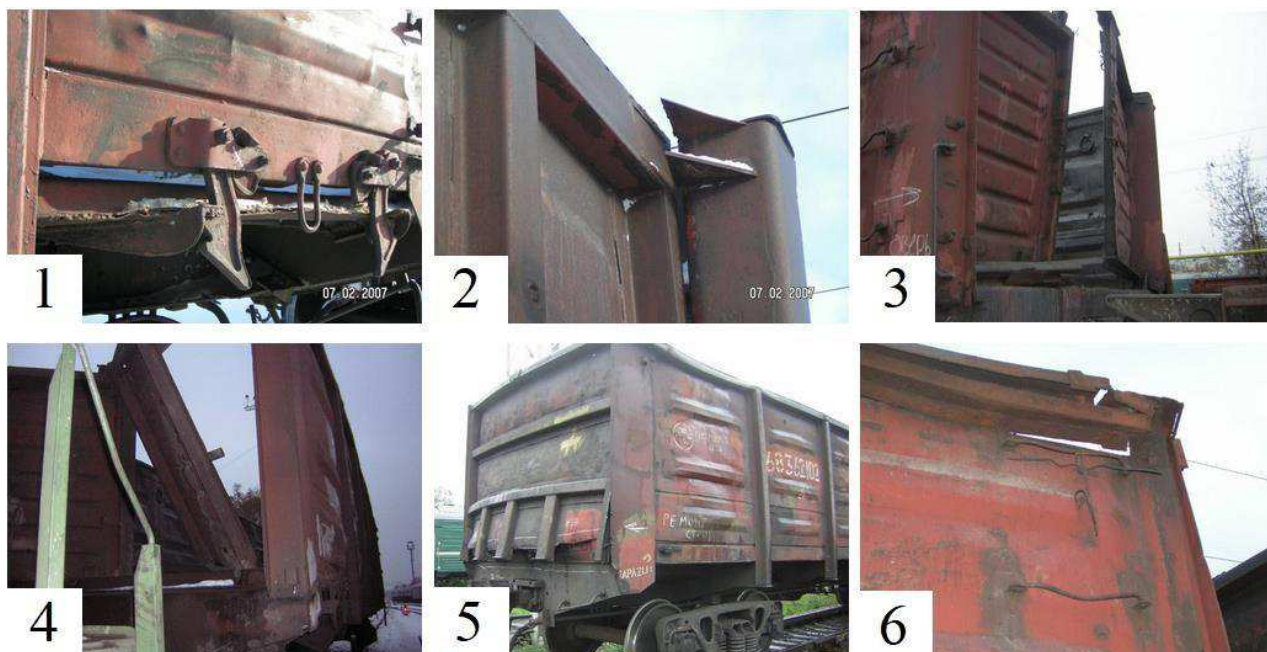
При перевозке угля в полувагонах возникают проблемы, которые требуют современных решений. Одна из них – это надежность конструкции полувагона и особенно нижних разгрузочных люков. На основе многолетнего опыта транспортировки угля, можно сделать вывод, что наиболее уязвимы нижние разгрузочные люки и торцевые двери, это наглядно видно из рисунка 9 [6]. На практике часто встречается так, что торсионное устройство выходит из

стоя и разгрузочные люки не работают. Поэтому работникам складов приходится с помощью лома вручную закрывать люки. Кроме того, торсионные устройства разгрузочных люков полувагонов не работают. Что вынуждает работников угольных складов закрывать их вручную с использованием ломов. Чтобы закрыть один люк понадобится не менее 3 человек. Двое, из которых ломом поднимают крышку весом в 170 кг, а третий кувалдой закрывает закидки 11, данный процесс показан на рисунке 6. Постоянные поломки нижних люков приводят к тому, что крупные потребители, имеющие свой подвижной состав, и разгружающие полувагоны на вагоноопрокидывателе заваривают их.



1 – щели разгрузочных люков; 2 – зазоры в торцевой части вагона; 3 – пробоины кузова; 4 – трещины, зазоры в кузове; 5 – порыв, смятие верхней обвязки кузова.

Рисунок 9 – Структура неисправностей полувагонов, перевозивших уголь



1 – щели разгрузочных люков; 2 – отлом ребер жесткости; 3,4 – поломка торцевых дверей;  
5 – пробоины кузова; 6 – порыв, смятие верхней обвязки кузова.

### Рисунок 10 – Виды поломок полувагонов

Одна из основных причин потери угля при перевозках – это неисправность вагонов. Уровень потерь угля в России при его транспортировке достигает 1% т [8].

Однако, потери распределены неравномерно в течение всего процесса транспортировки. Наибольшие потери наблюдаются на станциях разгрузки и погрузки. Основной причиной являются стрелочные переводы, маневровая работа при формировании состава, когда вагоны спускают с горки. На магистральных же перегонах основная причина потерь – это выдувания мелких фракций угля.

Также важной проблемой при транспортировке угля является его примерзание к вагону. На рисунке 11 показаны остатки угля в полувагоне после разгрузки его на вагоноопрокидывателе. На рисунке 12 видно, как осуществляется разгрузка угля через нижние люки, а на рисунке 18 раздалбливание смерзшегося угля в полувагоне. Средние значения

результатов

замеров не выгруженного угля, доставляемого из разреза Назаровский на Назаровскую ГРЭС показаны на рисунке 13 [6].



Рисунок 11 – Остатки угля в полувагоне после разгрузки его на вагоноопрокидывателе



Рисунок 12 – Разгрузка угля через нижние люки

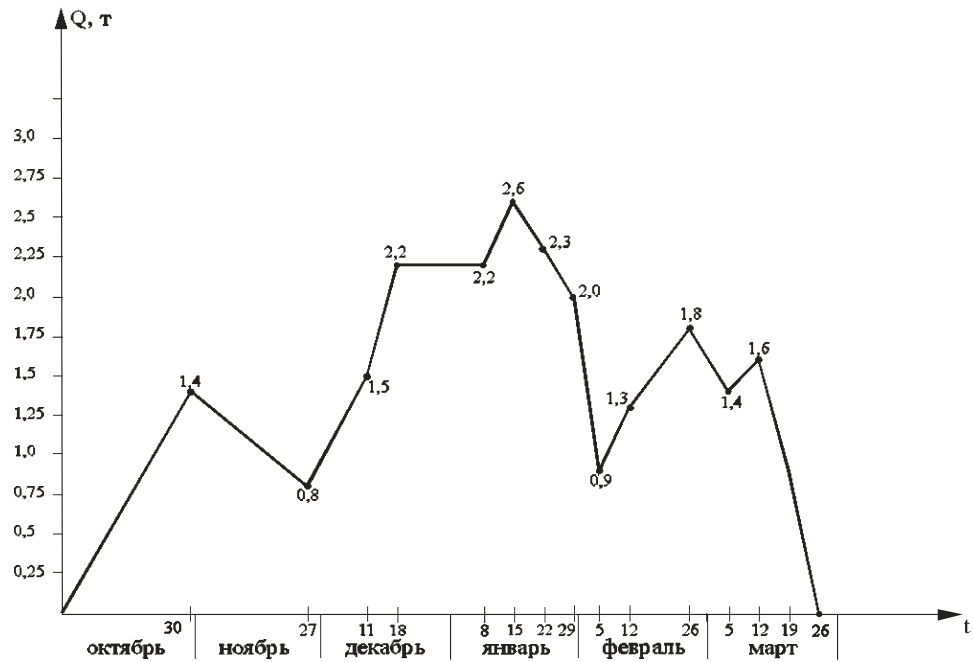


Рисунок 13 – Среднее количество примерзшего угля в полувагонах перевозимого на Назаровскую ГРЭС в отопительном сезоне 2015 – 2016 годов

Альтернативным способом транспортировки являются контейнерные перевозки. При транспортировке контейнеры располагаются на большегрузных платформах (представлена на рисунке 14), в таблице 2 отражены их основные характеристики [9]. Средне- и малотоннажные контейнеры перевозят в вагонах контейнеровозах, которые представляют собой переоборудованные вагоны и полувагоны со снятой обшивкой, а у вагонов, и крыши.

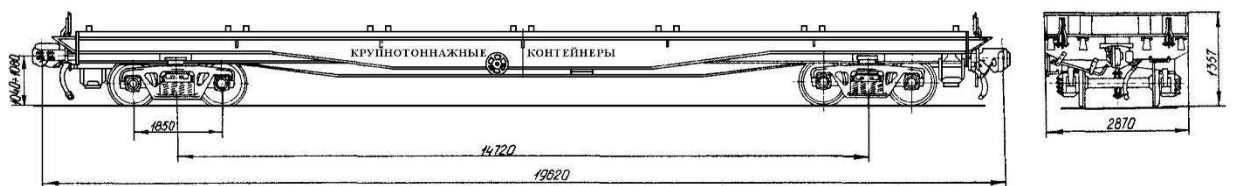


Рисунок 14 – Железнодорожная платформа для перевозки большегрузных контейнеров

Данный способ транспортировки позволяет избежать таких проблем как тяжелый ручной труд, связанный с зачисткой и длительность разгрузки и как следствие – задержки самих вагонов на разгрузочных операциях, поломок



вагонов при разгрузке, а также большой запыленностью воздушного бассейна. Разгрузка контейнеров, в свою очередь занимает значительно меньшее количество времени за счет специального оборудования, а не человеческой рабочей силы. Более того этот способ более экологичен так как для разгрузки используется оборудование оснащенное электро приводом.

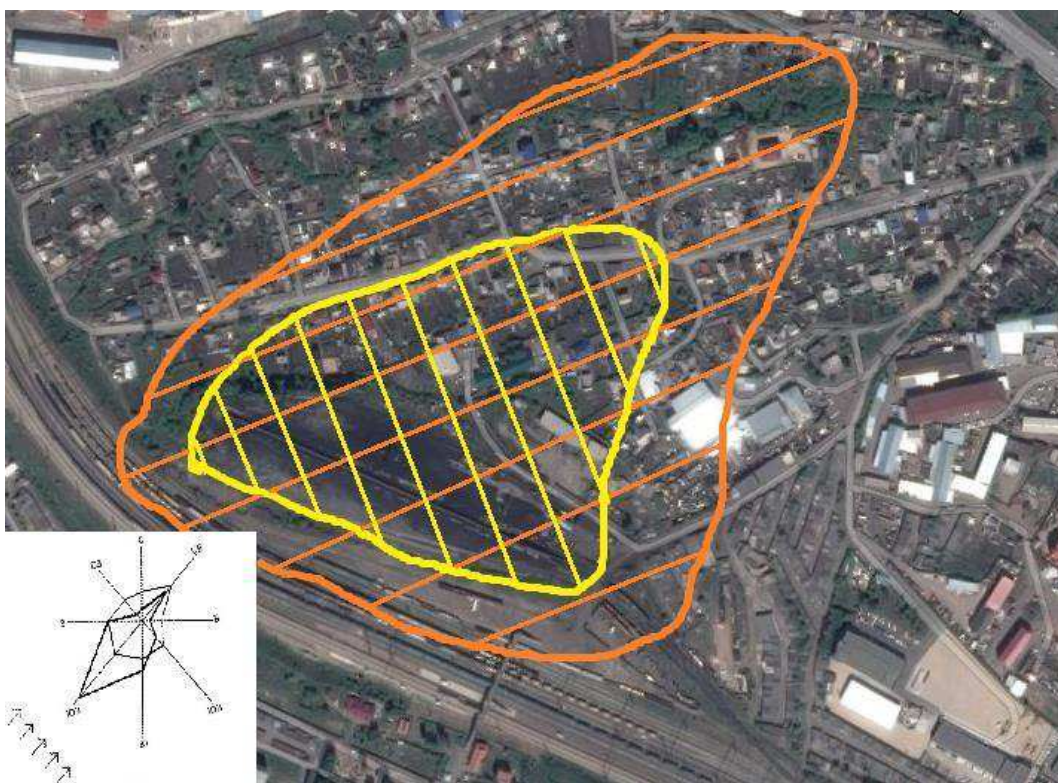


Рисунок 15 – Пристанционный район станции Бугач со среднегодовой розой ветров и районами повышенного загрязнения

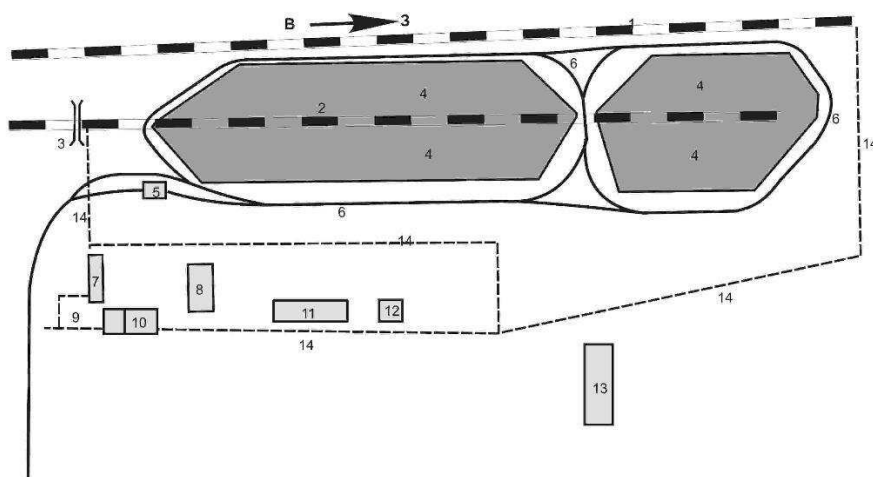
Таблица 2 – Основные технические характеристики железнодорожных платформ для перевозки большегрузных контейнеров

Модель вагона	Кол-во осей	Грузоподъемность, т	Масса вагона, т	Площадь пола, м <sup>2</sup>
13-470	4	60	22	46
13-9004	4	65	26	52,5
13-Н455	4	62	21	38,5
11-Н004	4	60	22	37,2



## 1.2 Существующая и предлагаемая технология перевалки угля на угольном складе железнодорожной станции Бугач г. Красноярск

Железнодорожная станция Бугач, представленная на рисунке 15, находится в Северо-западном районе г. Красноярск. Путь № 25, на который прибывают вагоны с углем для разгрузки, примыкает к приемоотправочному пути № 17 станции Бугач стрелкой 85, оборудованной электрической централизацией и управляемой дежурным по станции. Длина от стрелки № 85 до упора тупика составляет 560 м., где могут разместиться 38 вагонов. От упора тупика на расстоянии 325 метров находится повышенный путь, предназначенный для выгрузки угля на две стороны, арендуемый Красноярским Гортопом. Вместимость повышенного пути 21 вагон, причем фронт выгрузки каменного угля (Черногорского, Черемховского разрезов) в начале эстакады составляет 6 вагонов. Затем для бурого угля (Бородинского, Назаровского, Березовского разрезов) фронт выгрузки составляет 15 вагонов. Схема размещения угольного склада Бугач г. Красноярск представлена на рисунке 16.



1 – железнодорожный путь; 2 – железнодорожный повышенный тупик  
220м; 3 – переход на ст. Бугач; 4 – место разгрузки и хранения угля;

Рисунок 16 – Схема размещения угольного склада Бугач г. Красноярск

На территории угольного склада ст. Бугач находится здание, в котором размещены: административное помещение, бытовое помещение, комната приема пищи, бокс для стоянки четырех тракторных погрузчиков и трех бульдозеров и бокс для ремонта автотракторной техники с оборудованной смотровой ямой и кран-балкой.

Оперативное руководство и контроль за работой работников Бугачского участка осуществляет начальник участка, который непосредственно подчиняется руководству дистанции железной дороги. По прибытию вагонов с углем на станцию о предстоящей подаче вагонов с углем для Гортопа, работники товарной конторы станции Бугач сообщают начальнику Бугачского участка или замещающему его лицу, который организывает расстановку по рабочим местам работников участка. Подача вагонов производится локомотиво-составительской бригадой ст. Бугач за светофор М-53 до эстакады, где вагоны оставляют для открытия цапф грузчиками. После этого вагоны подаются на повышенный путь, где грузчики, находясь на земле, металлическими штангами длиной 2,5 м открывают запоры крышек люков. Рабочий, открывающий люки полувагонов как показано на рисунке 17, должен иметь защитные очки и респиратор, и находиться в стороне от выходного отверстия люка, чтобы избежать ушиба или завала потоком угля. Люки полувагонов должны открываться последовательно, начиная с первого. Во избежание опрокидывания полувагонов, открывание люков шести основных полувагонов производится одновременно с обеих сторон.



Рисунок 17 – Разгрузка угля из полувагонов на повышенном пути

После выгрузки угля через люки грузчики поднимаются в полувагон и производят очистку вагона от остатков угля, а также и габарита пути от остатков угля по фронту выгрузки.

В зимнее время перед прибытием вагонов с углем должна производиться уборка снега и льда перед эстакадой. Если прибывший уголь находится в смерзшемся состоянии, то грузчики с помощью ломов и лопат производят раздалбливание угля, как показано на рисунке 18. При выгрузке смерзшегося угля запрещается открывать все люки. Сначала открывается первый люк, при освобождении его открываются последующий и т.д. Однако на практике это часто не соблюдается. Раскайловка угля по технике безопасности должна производиться в защитных очках, под наблюдением мастера или бригадира, причем запрещается выбирать уголь в нижней части, оставляя верхнюю в зависающем положении, что грозит ее обрушением, а также стоять ближе 1 м от торцевого конца полувагона и ближе 3 м друг от друга.



Рисунок 18 – Разгрузка смерзшегося угля из полувагона

По окончании выгрузки угля из полувагонов, начальник участка или замещающее его лицо, сообщает об этом маневровому диспетчеру ст. Бугач, который отправляет локомотиво-составительную бригаду на повышенный путь за вагонами. Вагоны убираются с повышенного пути до светофора М-53, где грузчики Бугачского участка закрывают люки полувагонов вручную при помощи ломов. В этой операции задействованы трое рабочих.

После закрытия люков у полувагонов, начальник участка или замещающее его лицо, сообщает маневровому диспетчеру ст. Бугач об уборке порожних полувагонов.

Выгрузив уголь из полувагонов на обе стороны от повышенного пути, два бульдозера ДЗ-171, работая каждый с противоположной стороны эстакады, перемещают уголь на расстояние до 25 м, формируя штабель высотой до 4 м.

В случаях длительного нахождения угля на складе, в целях предотвращения его самовозгорания, бульдозерами производится укатка, уплотнение буртов угля на всей площади склада.

Площадь склада составляет 53900 м<sup>2</sup>. Среднесписочная численность работающих – 43 чел.

Фотография рабочего дня бригады из 6 грузчиков по выгрузке угля на повышенном пути склада железнодорожной ст. Бугач 5 февраля 2019 г. при температуре воздуха –5<sup>0</sup>С представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Фотография рабочего дня по выгрузке угля на складе железнодорожной ст. Бугач

№	Наименование операции	Текущее время, ч		Продолжительность, мин
		Начало	Окончание	
1	Подача 14 вагонов под выгрузку	8 <sup>00</sup>	9 <sup>10</sup>	70
2	Проход к вагонам	9 <sup>10</sup>	9 <sup>15</sup>	5
3	Рассоединение вагонов	9 <sup>15</sup>	9 <sup>30</sup>	15
4	Проход до бытовой комнаты в ожидании подачи вагонов на повышенный путь	9 <sup>30</sup>	9 <sup>40</sup>	10
5	Проход к вагонам	9 <sup>40</sup>	9 <sup>43</sup>	3
6	Открывание люков и выгрузка угля	9 <sup>43</sup>	10 <sup>08</sup>	25
7	Зачистка оставшегося угля в полувагонах	10 <sup>08</sup>	10 <sup>58</sup>	50
8	Проход в бытовую комнату	10 <sup>58</sup>	11 <sup>00</sup>	2
9	Ожидание протягивания вагонов с повышенного пути	11 <sup>00</sup>	11 <sup>15</sup>	15
10	Проход к вагонам	11 <sup>15</sup>	11 <sup>20</sup>	5
11	Закрытие люков	11 <sup>20</sup>	12 <sup>10</sup>	50
12	Обеденный перерыв	12 <sup>10</sup>	13 <sup>00</sup>	50
13	Подача 14 вагонов под выгрузку	13 <sup>00</sup>	13 <sup>50</sup>	50
14	Проход к вагонам и рассоединение вагонов	13 <sup>50</sup>	14 <sup>15</sup>	25
15	Проход до бытовой комнаты в ожидании подачи вагонов на повышенный путь	14 <sup>15</sup>	14 <sup>50</sup>	35

Окончание 3 – Фотография рабочего дня по выгрузке угля на складе железнодорожной ст. Бугач

16	Проход к вагонам	14 <sup>50</sup>	14 <sup>52</sup>	2
17	Открывание люков и выгрузка угля	14 <sup>52</sup>	15 <sup>25</sup>	33
18	Зачистка оставшегося угля в полувагонах	15 <sup>25</sup>	16 <sup>43</sup>	78
19	Проход в бытовую комнату	16 <sup>43</sup>	16 <sup>48</sup>	5
20	Перерыв	16 <sup>48</sup>	17 <sup>00</sup>	2
21	Окончание работы	17 <sup>00</sup>		

За обследуемый день шестью грузчиками разгружено 1904 т угля из 28 полувагонов. Непосредственно в тяжелых и вредных условиях труда в угольной пыли рабочие находились 71 % рабочего времени.

Для отправки угля со склада потребителям, производится погрузка угля фронтальными одноковшовыми погрузчиками ТО-18А и ТО-18Б в автомашины, как показано на рисунке 19.



Рисунок 19 – Погрузка угля в автомашины одноковшовым погрузчиком на угольном складе ст. Бугач

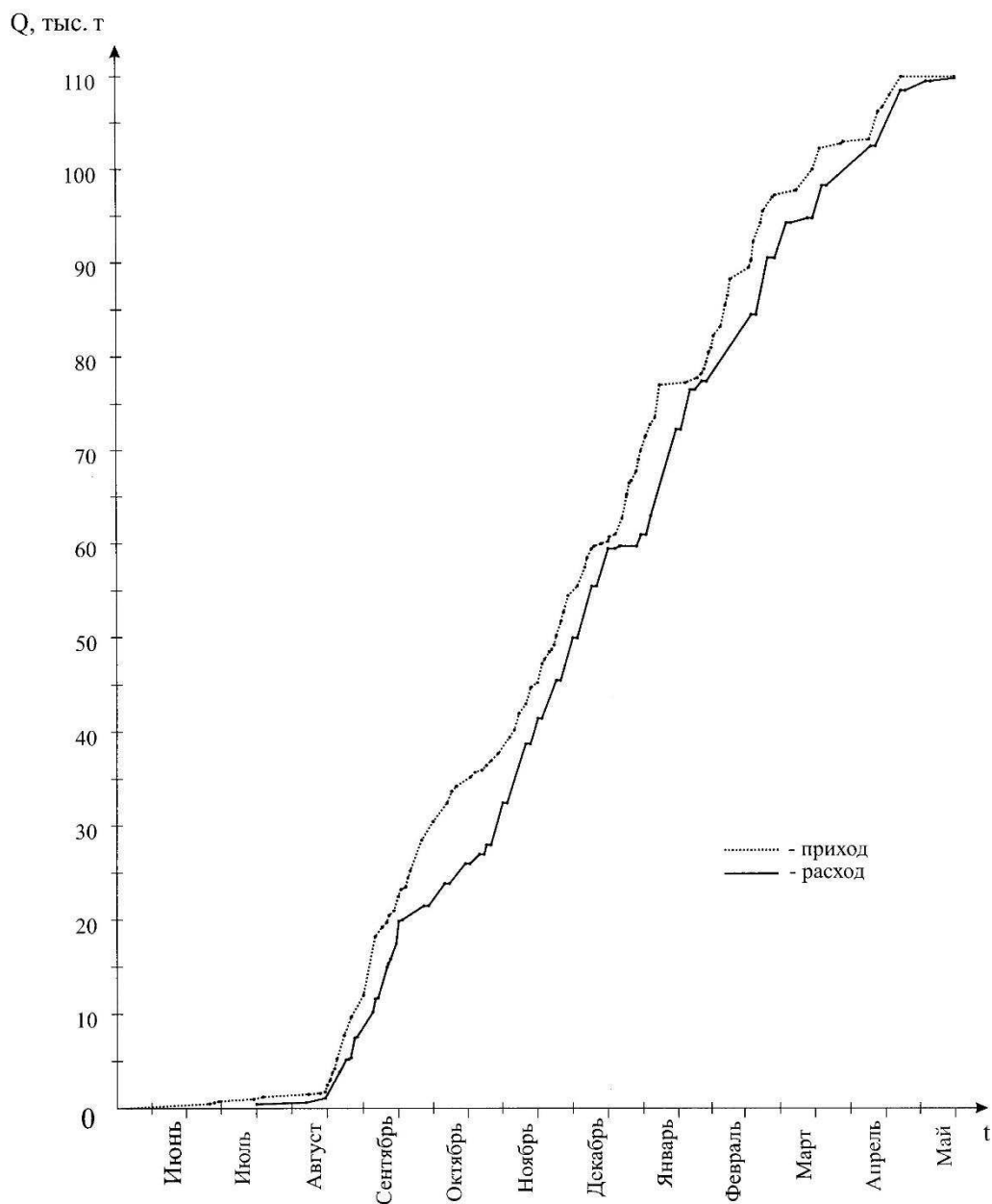


Рисунок 20 – Графики поступления и отгрузки угля на угольном складе ст. Бугач в отопительном сезоне 2019-2020 г

По предлагаемой технологии перевозки угля в контейнерах на промежуточном складе достаточно иметь не повышенный путь, а обычный тупик, проходящий в зоне работы козлового крана.

При поступлении контейнеров с углем производится визуальный контроль исправности контейнеров и наличия пломб разреза поставщика. Далее поворотными кулачками расфиксируется крепление крупнотоннажных контейнеров за нижние угловые фитинги к железнодорожной платформе.

Козловой кран оборудован перенастраиваемым спредером, рассчитанным за захват контейнеров разного типоразмера и грузоподъемности. Производится снятие груженых контейнеров с железнодорожных платформ и вагонов-контейнеровозов и установка их на площадку склада. Установку контейнеров производят в 3 яруса.

В обратном направлении со склада в вагоны загружают порожние контейнеры, причем крупнотоннажные опускают на штыревые устройства железнодорожных платформ, головки которых входят внутрь угловых фитингов контейнеров. Контроль правильности установки осуществляется через боковые отверстия нижних угловых фитингов. Поставленный контейнер фиксируется на железнодорожной платформе.

Проведенное сравнение существующей и предлагаемой технологии перевалки угля на промежуточном складе позволяет сделать вывод, что перевозка угля в контейнерах характеризуется малооперационностью, автоматизацией и экологичностью процесса, малочисленностью персонала, безопасностью работ и отсутствием тяжелого труда.

На рисунке 20 представлены графики с нарастанием поступления и отгрузки угля на угольном складе ст. Бугач. Разница между ними по вертикали показывает наличие угля на складе на каждый день. Анализируя графики можно сделать вывод, что максимальное количество угля находящегося на складе приходится на осень, и составляет около 9 тыс. т. Проведенные исследования послужат основанием для расчета оптимальной площади угольного склада, которые приведены в следующей главе.



### **1.3 Математическая модель расчета площадей складов при буртовом и контейнерном способе хранения**

В технологии доставки угля от мест добычи до потребителя угольные склады в той или иной мере присутствуют как в местах добычи, так и в местах перевалки его с одного вида транспорта на другой и на месте использования. Угольные склады являются необходимыми составляющими для бесперебойной работы предприятий, электростанций, потребителей коммунально-бытового сектора. Правильное складирование и хранение твердого топлива, борьба с количественными и качественными потерями является главной задачей угольных складов. При этом большое значение имеет площадь, занимаемая угольным складом, так как территория, прилегающая к пересечению транспортных коммуникаций, где происходит перевалка угля с одного вида транспорта на другой весьма дорога, не говоря о городской черте, где размещаются крупные производители тепловой и электрической энергии, предприятия, объекты коммунально-бытового сектора. Территория, загрязняемая угольным складом в результате ветрового воздействия, на порядок превышает площадь самого угольного склада.

Территория, занимаемая угольным складом, складывается из подъездных путей, собственно буртов с углем различных марок, которые необходимо хранить селективно, административно-бытового помещения, весовой, боксов хранения и технического обслуживания оборудования, работающего на складе.

Ниже сравним площади, занимаемые углем, хранящимся в буртах и площади, занимаемые контейнерами с углем разной грузоподъемностью при заданном объеме хранящегося на складе угля.

При буртовом хранении угля, его объем и площадь, занимаемая им зависят от линейных размеров и формы бурта. Форма бурта определяется несколькими факторами: видом техники, используемой для формирования бурта, а также это может быть строго отведенная площадка определенной конфигурации. Если уголь подвозится по железной дороге с выгрузкой на

повышенном пути, то бурт формируется вытянутой формы вдоль повышенного пути. Если уголь подвозится автотранспортом, то при формировании бурта бульдозером его форма может быть приближена к усеченной пирамиде. При выгрузке угля грейфером бурт иногда имеет форму конуса, однако это относится к буртам недолгого хранения. При формировании же буртов резервных складов – длительного хранения рекомендуется выполнять их обтекаемыми и располагать вдоль преобладающего направления ветра для уменьшения пыления и загрязнения близлежащей территории.

Рассмотрим наиболее распространенную форму бурта, имеющего в основании форму прямоугольника, как показано на рисунке 21, шириной  $A_б$  и длиной  $B_б$ . Тогда площадь основания бурта, вычисляется по формуле

$$S_б = A_б \cdot B_б \quad (1)$$

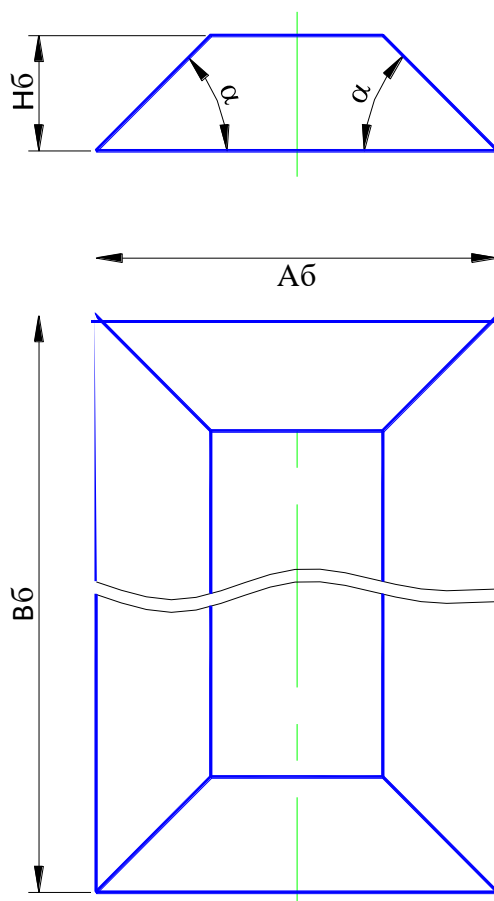


Рисунок 21 – Форма угольного бурта, принятого в расчетах

В расчетах все откосы бурта имеют один и тот же угол  $\alpha = 45^0$ , что соответствует его максимально возможному значению, а, следовательно, и максимальному значению объема бурта при фиксированном основании. Если на некоторой высоте  $x$  от основания бурта построить его сечение, параллельное основанию, то оно также будет прямоугольником шириной  $A_6 - 2x$  и длиной  $B_6 - 2x$ .

Объем бурта можно найти по формуле

$$V_6 = \int_0^{H_6} (A_6 - 2x)(B_6 - 2x) dx = \frac{4}{3}H_6^3 - (A_6 + B_6)H_6^2 + A_6B_6 + H_6^2 \quad (2)$$

где  $H_6$  - высота бурта.

Используя (1) из (2) формулы получаем

$$V_6 = \frac{3}{4}H_6^3 - H_6H_6^2 + S_6H_6\left(1 - \frac{H_6}{A_6}\right) \quad (3)$$

откуда выразим площадь бурта

$$S_6 = \frac{A_6}{A_6 - H_6} \left( \frac{V_6}{H_6} + A_6H_6 - \frac{4}{3}H_6^2 \right) \quad (4)$$

При заданных объеме и высоте площадь бурта зависит от одного параметра – ширины бурта. Естественными ограничениями на ширину бурта являются условия

$$B_6 \geq A_6 \geq 2H_6.$$

Минимальному значению ширины  $A_6 = 2H_6$  соответствует максимальная площадь бурта

$$S_{6.max} = \frac{2V_6}{H_6} + \frac{4}{3}H_6^2 \quad (5)$$

а максимальному значению  $A_6 = B_6$  – минимальная площадь бурта

$$S_{6.min} = \left( H_6 + \sqrt{\frac{2V_6}{H_6} - \frac{1}{3}H_6^2} \right) = \frac{1}{2}S_{6.max} + 2H_6\sqrt{\frac{V_6}{H_6} - \frac{1}{3}H_6^2} \quad (6)$$

Таким образом, при заданных объеме и высоте бурта его площадь заключена в интервале

$$S_{б.мин} \leq S_{б} \leq S_{б.маx},$$

где  $S_{б.маx}$  и  $S_{б.мин}$  вычисляются по формулам (5) и (6).

Формулы (5) – (7) дают во многих случаях очень широкий диапазон изменения площади бурта, что неудобно для практического применения. Этот диапазон можно существенно сузить, введя ограничения на отношение длины и ширины бурта:

$$\beta = \frac{B_{б}}{A_{б}}$$

Формула (6) соответствует значению  $\beta = 1$ , т. е. равенству длины и ширины бурта. Но бурты с квадратным основанием практически не встречаются и теоретически возможны при малых объемах бурта, когда это уже не бурты, а хранение угля навалом.

Другая крайность, когда длина бурта в десятки или сотни раз больше его ширины тоже на практике не встречаются. Такие бурты не удобно создавать и эксплуатировать. На величину  $\beta$  можно наложить ограничения, основанные на исследовании размеров существующих буртов. Основная масса буртов укладывается в ограничения

$$2 \leq \beta \leq 10$$

Подставляя  $B_{б} = \beta A_{б}$  в формулу (2) получаем квадратное уравнение относительно  $A_{б}$ :

$$V_{б} = \frac{4}{3} H_{б}^3 - (\beta + 1) \cdot H_{б}^2 \cdot A_{б} + \beta \cdot H_{б} \cdot A_{б}^2 \quad (7)$$

Откуда находим ширину

$$A_{б} = \frac{H_{б}}{2\beta} \left( \beta + 1 + \sqrt{(\beta + 1)^2 + 4\beta \left( \frac{V_{б}}{H_{б}^2} - \frac{4}{3} \right)} \right) \quad (8)$$

$$S_{\delta} = \beta \cdot A_{\delta}^2 \quad (9)$$

Подставляя в (8) – (9) минимальное и максимальное значения  $\beta$  находим новые  $S_{\delta \min}$  и  $S_{\delta \max}$  соответственно. Диапазон (7) в этом случае будет статистически оправданным и практически приемлемым. При практических расчетах необходимо наблюдать, чтобы при максимальном  $\beta$  величина  $A_{\delta}$ , найденная по формуле (8) удовлетворяла условию  $A_{\delta} \geq 2H_{\delta}$ . В случае его нарушения величину  $S_{\delta \max}$  можно вычислять по формуле (5).

При контейнерном способе доставки угля площадка, занимаемая контейнерами, имеет прямоугольную форму шириной  $A_{nl}$  и длиной  $B_{nl}$  и занимает площадь

$$S_{nl} = A_{nl} \cdot B_{nl}. \quad (10)$$

Площадка, занимаемая контейнерами, разделена на сектора проходами шириной  $a_n$ . Каждый сектор заполнен контейнерами, которые устанавливаются рядом друг с другом с зазором равным 0,1м. В секторе по длине площадки устанавливают  $q$  контейнеров, а по ширине – то количество, которое позволяет ширина площадки. Проходы предназначены для работников склада, следящих за состоянием контейнеров, а величины  $a_n$  и  $q$  подбираются индивидуально в зависимости от типа контейнеров и срока их хранения.

Все контейнера в секторе принадлежат одному типу, имеют одинаковые размеры: внутренние  $a_k, b_k, h_k$  и внешние  $A_k, B_k, H_k$ , где  $a_k$  и  $A_k$  – размеры по ширине площадки,  $b_k$  и  $B_k$  – по длине площадки,  $h_k$  и  $H_k$  – высоты контейнеров.

Конструкция контейнеров позволяет устанавливать груженные контейнеры друг на друга в несколько слоев. Существующие типы отечественных козловых кранов позволяют устанавливать контейнеры в 3 слоя; за рубежом имеются козловые краны, способные устанавливать контейнеры в 5 слоев. Будем считать, что на рассматриваемой площадке

контейнеры установлены в  $P$  слоев. Поскольку уголь, содержащийся в контейнерах одного слоя, заполняет не весь объем слоя, т.к. есть стенки контейнеров, зазоры между контейнерами и проходы между секторами, то он занимает долю данного объема слоя. На внутренний объем контейнера, равный  $a_k, b_k, h_k$ , приходится внешний объем контейнера, объем одного зазора по длине и одного по ширине площадки и  $1/q$  часть объема по ширине прохода между секторами. Таким образом, доля угля в объеме слоя сектора составляет

$$a_k \cdot b_k \cdot h_k / (A_k + 0,1)(B_k + 0,1 + \frac{a_n - 0,1}{q}) H_k$$

Если площадка занята контейнерами только одного типа, то эта пропорция справедлива для всей площадки. Объем угля, находящийся в контейнерах всей площадки

$$V_y = \frac{P(a_{пл} + 0,1)(B_{пл} + a_n) \cdot a_k b_k h_k \cdot H_k}{(A_k + 0,1)(B_k + 0,1 + \frac{a_n - 0,1}{q}) H_k} = \frac{P(a_{пл} + 0,1)(B_{пл} + a_n) \cdot a_k b_k h_k}{(A_k + 0,1)(B_k + 0,1 + \frac{a_n - 0,1}{q})} \quad (11)$$

считая объем угля фиксированным из (10) и (11) находим

$$S_{пл} = \frac{V_y}{P \cdot h_k} \cdot \frac{(A_k + 0,1)(B_k + 0,1 + \frac{q n - 0,1}{q})}{a_k \cdot b_k} - (0,1 + A_{пл}) \cdot a_n - 0,1 \cdot B_{пл} \quad (12)$$

Далее, из (10) выражаем  $B_{пл} = S_{пл} / A_{пл}$  и подставляем в (12). После преобразований получаем

$$S_{пл} = \frac{V_y}{P \cdot h_k} \cdot \frac{(A_k + 0,1)(B_k + 0,1 + \frac{q n - 0,1}{q})}{a_k \cdot b_k} \cdot \frac{A_{пл}}{(A_{пл} + 0,1)} - A_{пл} \cdot a_n \quad (13)$$

Заметим, что ширина площадки  $A_{пл}$  в отличие от ширины бурта не может меняться в широких пределах. Она зависит от пролета  $L$  козлового крана и не превышает величину  $L - 1,4$  м. Однако это не накладывает

заметного ограничения на  $S_{пл}$ . Величина  $A_{пл} / A_{пл} + 0,1$  в любом случае очень близка к 1. Последний член в (13)  $A_{пл} \cdot a_n$  – площадь одного прохода между секторами – тоже величина небольшая и легко оцениваемая. Главный вклад в формулу (13) вносит число слоев  $P$ , а следующее по величине влияние оказывает соотношения между внутренними и внешними размерами контейнера и величина  $a_n/q$ .

Для практических расчетов по формуле (13), фактически для ее табулирования при различных значениях параметров  $V_y$ ,  $P$  и  $V_{внут.к.}$ , (где  $V_{внут.к.}$  – внутренний (полезный) объем контейнера), другие параметры мало влияющие на результат, зафиксируем в некоторых средних значениях. Величина  $a_n$  меняется в пределах от 0,6 до 1 м, будем считать ее равной 0,9 м; разумный интервал изменения величины  $q$ :  $2 \leq q \leq 5$ , будем считать  $q = 4$ . Величина пролета  $L$  козлового крана зависит от типа крана и для основной массы применяемых на территории России козловых кранов, принимает конкретные значения в интервале  $16 \leq L \leq 32$  м. Точные значения  $A_{пл}$  – ширины, занятой контейнерами площадки, зависят от  $L$  и типа используемого контейнера (его размеров), в расчетах используем значение  $A_{пл} = 20$  м. В большинстве случаев наилучшая ориентация контейнеров на площадке такая, когда наибольшая сторона контейнера (иногда это его ширина) параллельна длине площадки. Поэтому в расчетах будет  $A_k$  – наименьшим, а  $B_k$  – наибольшим размером контейнера в плане. С учетом этих допущений используемая для расчета таблиц и построения графиков формула (13) упростится и примет вид

$$S_{пл} = \frac{V_y}{P \cdot h_k} \cdot \frac{(A_k + 0,1)(B_k + 0,3)}{V_{внут.к.}} \cdot 0,995 - 18 \quad (14)$$

Проведем расчеты по контейнерам 1С и УУК-5. Результаты расчетов представлены в виде графиков, представленных на рисунках 22 и 23.





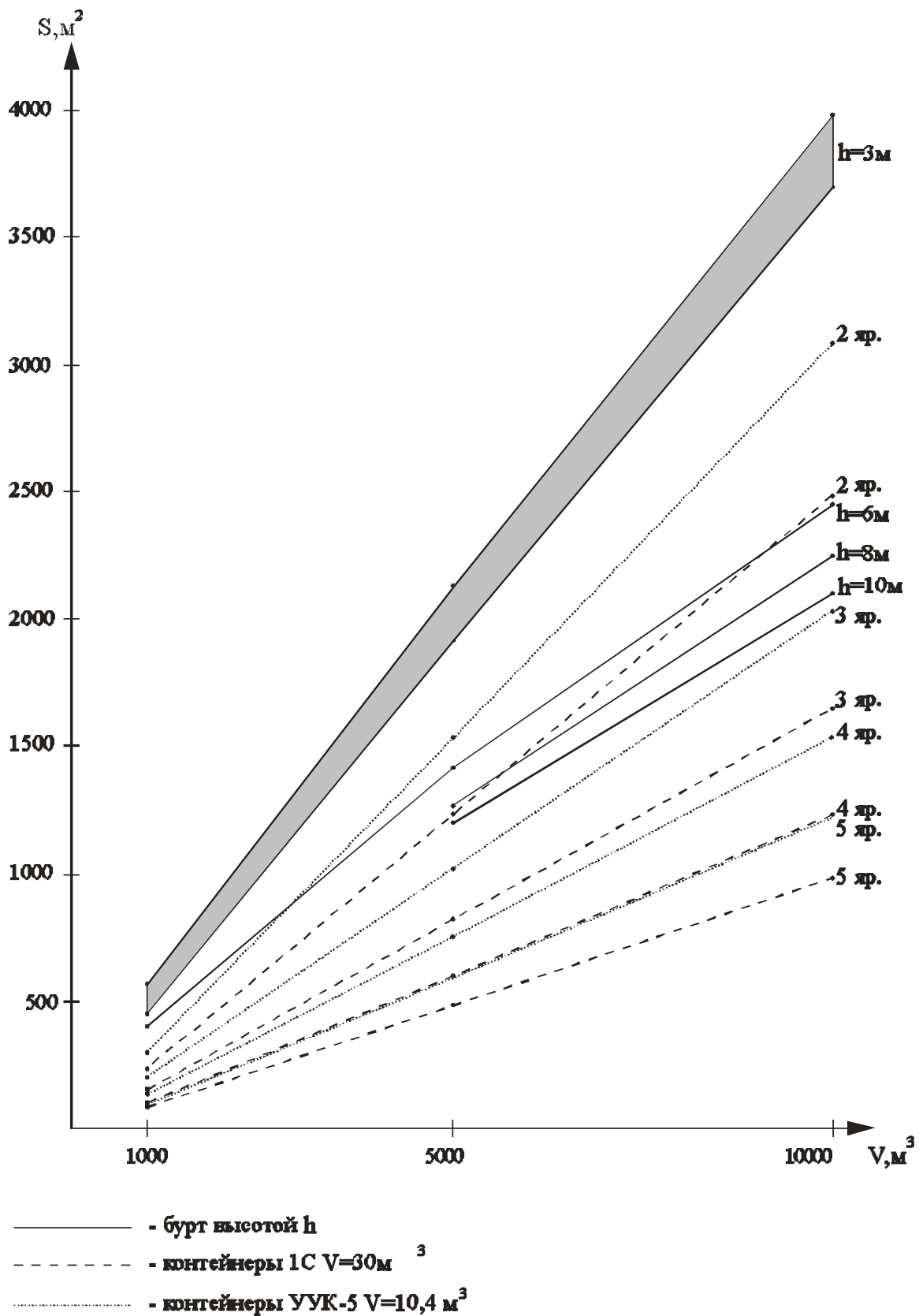


Рисунок 22 – График зависимости площади склада от объема хранящегося угля, высоты бурта и числа ярусов контейнеров при буртовом и контейнерном способе хранения до 10 тыс. т. угля.

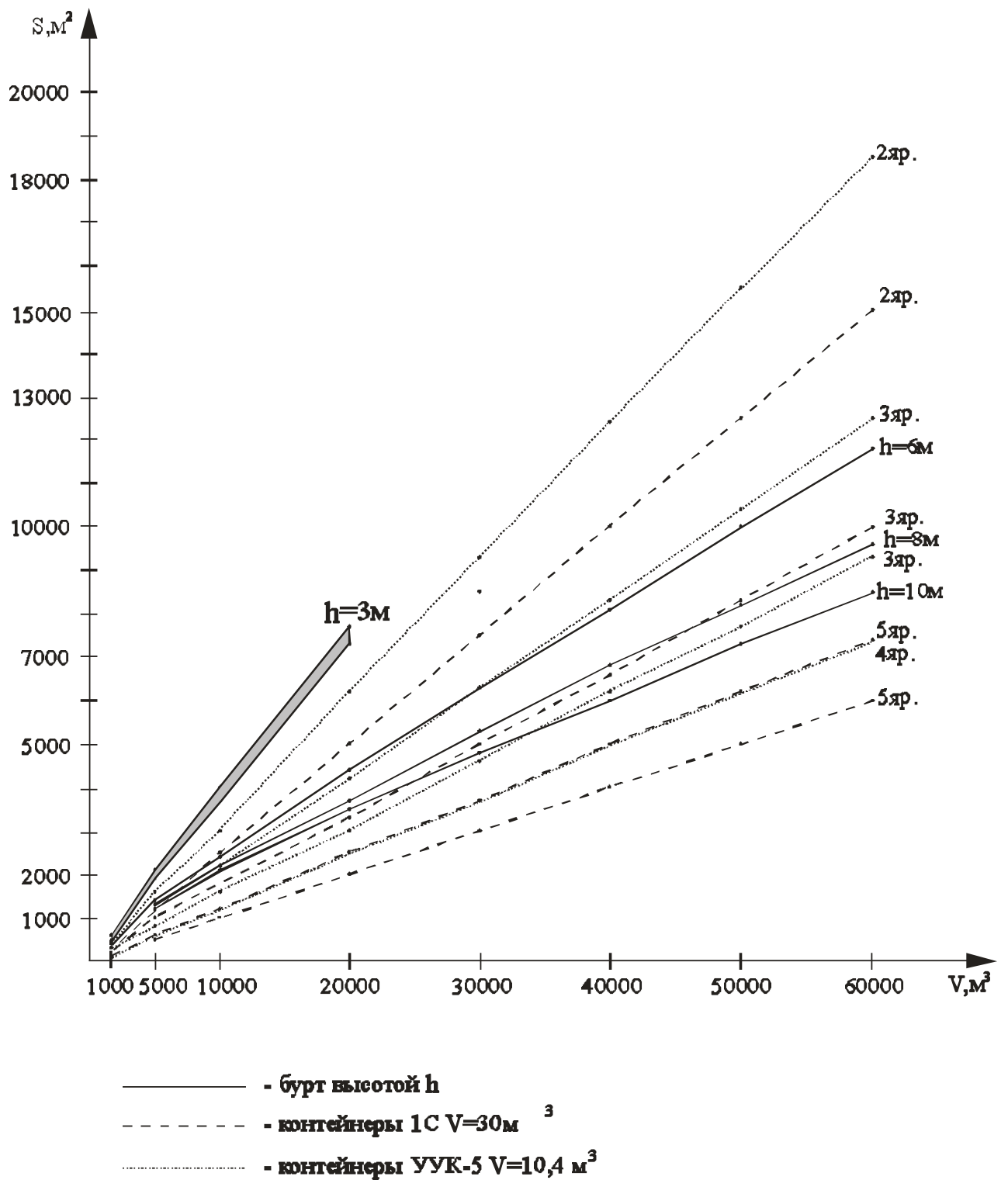


Рисунок 23 – График зависимости площади склада от объема хранящегося угля, высоты бурта и числа ярусов контейнеров при буртовом и контейнерном способе хранения до 60 тыс. т. угля.

Для расчетов были приняты типы контейнеров применимы для поставок угля ТЭС и котельным средней мощности, как наиболее массовым производителям электрической и тепловой энергии. При буртовом способе хранения, площадь, занимаемая углем, имеет выраженную линейную зависимость. Полоса при подсчете площади бурта высотой 3 м связана с введенным ограничением  $\beta$  на отношение длины и ширины бурта и поэтому при заданном объеме имеет минимальное и максимальное значение. Именно это планировалось сделать и при расчетах площадей буртов с другими высотами, однако, для удобства чтения графика, приведено среднее значение диапазона. Начало графиков при высоте бурта 8 и 10 м с 5 тыс. т. угля (в расчетах объемный вес имеет среднее значение и составляет 1 т/м<sup>3</sup>) объясняется тем, что при меньших значениях объемов хранения необходимо уменьшать высоту бурта. Ввиду того, что в практике устройства складов угольный борт никогда не принимает правильные геометрические формы, то реальная площадь бурта, будет больше, чем представленного на графиках.

У определения площади, занимаемой контейнерами с углем, очень слабая нелинейность графиков, которая связана с количеством проходов между секторами контейнерного парка.

Другим самым массовым видом транспорта, перевозящим уголь, является автомобильный. Рассмотрим существующую практику перевозки угля автомобильным транспортом, а также возможности и готовности автотранспортных средств к переходу на достаточно специфичную контейнерную доставку угля.

## **2 Безопасность жизнедеятельности при железнодорожных перевозках**

Большую часть грузов, а так же угля, перевозят на железнодорожном транспорте. Уголь – самый транспортируемый груз в России по железной дороге. Транспортировка угля занимает более одной трети от всего объема грузоперевозок, что делает его самым массовым грузом.

При перевозке каменного угля в полувагонах открытого типа, должны быть соблюдены нормативно технические условия, быть в надлежащем техническом состоянии, очищенными от сора и песка. При перевозках угля мелкой фракции, необходимо проверять пробоины и целостность вагонов, чтобы исключить потери угля, загрязнения железнодорожного пути и прилегающих территорий. Перед отправкой, работники проверяют допустимость зазоров и надежность затворов люков, вагоны проходят контрольное взвешивание и в соответствии с грузоподъемностью, происходит догрузка или отгрузка угля. На большинстве крупных предприятиях применяются бункерные погрузочно-весовые устройства, которые заменяют процесс дополнительного взвешивания вагонов.

Процесс погрузки угля характеризуется переизмельчением и огромным пылевыделением. В среднем при погрузке угля погрузочным устройством пылевыделение составляет до  $100 \text{ г/м}^3$ , что превышает предельно-допустимую концентрацию для работников склада. В одном районе может находиться до 20 угольных шахт, что наносит вредокружающей среде и отрицательно сказывается на местном населении.

При погрузке, перевозке и хранении угля необходимо учитывать, что он способен к самовозгоранию, смерзанию и дроблению. Нельзя допускать взаимодействия угля с такими веществами как аммиачная селитра, серный колчедан, бертолетова соль, из-за опасности образования взрывчатой смеси.

Использование специализированных контейнеров для доставки угля железнодорожным транспортом позволяет избежать ряда проблем, возникающих при транспортировке угля навалом в полувагонах.

Во-первых, это то, что контейнеры обладают цельной конструкцией, напоминающей ящик, а загрузка осуществляется через верхнюю часть, которая при транспортировке закрывается откидными люками. При таком способе транспортировки, отсутствуют просыпи угля и излишнее пылевыведение.

Во-вторых, в зонах перегрузок угля, отсутствует дизельное оборудование, вместо которого будет применяться козловой кран с электрическим приводом, не представляющий вреда экологии. При разгрузке угля из полувагонов и последующей очистки вагонов от остатков угольной пыли и смерзшегося угля в зимний период, рабочие находятся в тяжелых условиях труда, при применении доставки угля в контейнерах, рабочим необходимо осуществлять только внешний осмотр контейнеров и их расфиксацию, остальные операции по разгрузке, погрузки и перемещению по складу осуществляется при помощи козлового крана.

На козловом кране будет устанавливаться тепловизор, для контроля контейнеров, находящихся на складе, на наличие самовозгорания в теплое время года и смерзания, в холодный период. При отклонении температуры контейнера, от допустимых, его используют в первую очередь или же, в случае смерзания, отставляют в резерв, до потепления и саморазмерзания. Уголь в контейнерах находится изолированно друг от друга, в отличие от хранения навалом в буртах, в случае самовозгорания, можно спредером, опустить контейнер в заранее подготовленную емкость с водой без угроз жизни для работников склада.

В п. 1.3 дипломной работы представлена математическая модель расчета площадей складов при буртовом и контейнерном способе хранения. Из полученных данных видно, что площадь, занимаемая складом, при контейнерном способе транспортировки угля занимает меньшую площадь, нежели буртовой. На освободившейся территории будет производиться озеленение, так как большинство перегрузочных складов находятся в городской черте.

### **3 Экономическая эффективность использования контейнеров на складах перегрузки и временного хранения угля**

Изменение затрат на хранение угля на складах потребителя рассмотрим на примере склада котельной на ул. Норильская, отапливающей Северо-Западный район г. Красноярска, как наиболее типичную малую котельную, расположенную в городской черте. Склад топлива у потребителя предназначен для хранения неснижаемого запаса угля. Объем склада определяется мощностью котельной. По существующим нормам угольный склад котельной должен содержать неснижаемый запас угля в расчете на 15 суток работы без подвоза топлива, равный 480 тонн. Угольный склад занимает площадь 300-400 м<sup>2</sup>. Общая территория котельной с угольным складом, включая места разгрузки перевозимого угля автотранспортом, составляет 850-900 м<sup>2</sup>.

С переходом на новую технологию перевозки и хранения угля площадь угольного склада сократится до 200-250 м<sup>2</sup> вместе с обслуживающим это склад грузоподъемным оборудованием, что позволит высвободить около 125 м<sup>2</sup> территории. При средней стоимости 1 м<sup>2</sup> земли в г. Красноярске, равной 2500 рублей, экономия составит 312 500 рублей. Высвобождаемые площади могут быть использованы по другому назначению, например, для озеленения.

Внедрение новой технологии требует замены бульдозера ДТ-75Т, работающего на складе по перемещению угля после разгрузки автомобилями в бурт и последующей подачи угля из бурта в приемный бункер конвейера на грузоподъемное оборудование с траверсой для механизации процесса захвата и кантования контейнеров. Грузоподъемное оборудование с траверсой будет выполнять ту же функцию, что и бульдозер. Так же очень важно, что экологический ущерб от работы бульдозера на дизельном двигателе огромен, а козловой-кран с электродвигателями не

наносит вреда экологии.

Применение грузоподъемного оборудования позволит избежать затраты на дизельное топливо, однако возрастут затраты котельной на электроэнергию. Стоимость траверсы для захвата и кантования контейнеров прием равной стоимости спредера такой же грузоподъемности. Кроме того, в тракт топливоподачи котельной предусмотрим установку бункера-смесителя с целью усреднения угля для стабилизации его характеристик.

Предлагаемые в проекте контейнеры для перевозки сортового угля, соответствуют существующим контейнерам по типоразмерам (длине, ширине, высоте), но отличаются по конструкции. По оценке заводоизготовителей, такой тип контейнеров может стоить на 5-7 % меньше существующих универсальных контейнеров, ожидаемые цены на контейнеры для перевозки сортового угля представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Ожидаемая цена контейнеров для перевозки сортового угля

Марка контейнера	Цена контейнера, тыс. руб
АУК – 1,25	9,0 – 9,2
УУК – 3	13,4 – 13,7
УУК – 5	19,3 – 19,7
1С	74,4 – 76,2
МК – 1*	0,15

\*Мягкий контейнер грузоподъемностью 1т

Заработная плата бульдозериста и крановщика принята равной, несмотря на более тяжелые условия труда и высокую квалификацию бульдозериста.

Исходя из принятых допущений в таблице 5 приведен расчет изменения затрат на складе потребителя.



Таблица 5 – Результаты расчета изменения затрат, связанных с эксплуатацией угольного склада у потребителя

Показатель	Значение показателя		Примечание
	Существующая технология	Предлагаемая технология	
<b>1. Капитальные вложения</b>			
Стоимость бульдозера, тыс. руб.	800	-	-
Стоимость крана с траверсой и бункера-смесителя, тыс. руб.	-	1400	-
Стоимость контейнеров, тыс.руб	-	741	-
Срок эксплуатации контейнеров, лет	-	20	-
Срок эксплуатации бульдозера, лет	10	-	-
Срок эксплуатации крана, лет	-	20	-
<b>2. Эксплуатационные затраты</b>			
Амортизация контейнеров, тыс. руб.	-	37,05	
Амортизационные отчисления, тыс. руб/год	80	70	-
Расход дизельного топлива, л/ч	12	-	-
Затраты на дизельное топливо тыс. руб/год	369	-	250 дн*8,2 ч х 12 л/ч х 15 руб/л
Дополнительные расходы электроэнергии, кВт*ч	-	78,9	250 дн * 8,2 ч х 55 кВт * 0,7
Дополнительные затраты электроэнергии, тыс. руб/год	-	100	78,9 тыс кВт*ч х 1266,12 руб/тыс. кВт*ч
Итого прямых эксплуатационных расходов, тыс. руб/год	449	207	-
То же, руб/т	40,09	18,4	-
Снижение затрат на эксплуатацию склада, руб/т	-	21,69	-

При переходе на перевозку угля в контейнерах на угольном складе у потребителя происходит снижение эксплуатационных затрат, равное 21,69 руб/т или на весь объем складированного угля - 242,9 тыс. руб. С учетом реализации высвобождаемого земельного участка на сумму 312,5 тыс.руб. То годовой экономический эффект составит 555,4 тыс.руб.

Далее выполнен расчет изменения стоимости одной тонны угля при перевозке в контейнерах, принадлежащих ООО «Красноярский гортоп», от угольного склада ст. Бугач до угольного склада котельной в Северо-Западном районе в г. Красноярске.

Время оборота контейнера от предприятия «Разрез Бородинский» до угольного склада ООО «Красноярский гортоп» и далее до склада котельной

на ул. Норильская составит 6 суток. Срок окупаемости капитальных вложений на переоборудование склада составит:

$$\frac{1400+741}{55,4} = 3,8 \text{ лет}$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Имеющиеся универсальные конструкции полувагонов с донной разгрузкой на повышенном пути и задействованные в настоящее время на перевозках угля сложны, часто выходят из строя торсионные устройства, разгрузка полувагонов на вагоноопрокидывателях приводит к поломкам верхней обвязки, щели из-за неплотно закрытых торцевых дверей и люков наряду с отсутствием крыши являются причиной потерь угля при железнодорожных перевозках. Альтернативой применяемому способу перевозки угля мог бы стать контейнерный способ перевозки на платформах и вагонах контейнеровозах.

Разгрузка угля из полувагонов через нижние люки, особенно в зимнее время примерзшего угля, опасна и трудоемка, кроме того, при разгрузке, уголь измельчается, загрязняет окружающую среду и его необходимо убрать от повышенного пути, для приемки следующих полувагонов с углем и подготовить к хранению в бурте. Все это не отвечает современным требованиям по безопасному и эффективному ведению работ на складах. В тоже время контейнерная перегрузка характеризуется безопасностью, сохранением качества топлива, возможностью быстро и эффективно вести погрузо-разгрузочные работы, без вреда окружающей среде.

Разработанная математическая модель расчета площадей угольных складов при хранении угля в буртах или в контейнерах позволяет оценить площади складов при обоих видах хранения с разными высотами буртов, ярусами установки и типами контейнеров. Выполненные расчеты говорят о перспективности контейнерного способа хранения угля с точки зрения экономии площади склада, которая значительно возрастает при увеличении грузоподъемности контейнера и числа ярусов их установки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Википедия – Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]: Ископаемый уголь - Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Ископаемый\\_уголь](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ископаемый_уголь)
- 2 Группа компаний Крот [Электронный ресурс]: Способы транспортировки угля - Режим доступа: [https://www.krot.su/stati/transportirovka\\_yglya\\_\\_kak\\_ego\\_perevoziat](https://www.krot.su/stati/transportirovka_yglya__kak_ego_perevoziat)
- 3 Рынок перевозок грузов железнодорожным транспортом за 2016 г., Бутов А.М. [Электронный ресурс]: Обзор отрасли перевозок грузов железнодорожным транспортом в России - Режим доступа: [https://dcenter.hse.ru/data/2017/01/13/1115379723/Рынок\\_перевозок\\_грузов\\_железнодорожным\\_транспортом\\_2016.pdf](https://dcenter.hse.ru/data/2017/01/13/1115379723/Рынок_перевозок_грузов_железнодорожным_транспортом_2016.pdf)
- 4 Транспортная компания «ТрансРусь» [Электронный ресурс]: Технические характеристики полувагонов - Режим доступа: <http://www.transru.ru/articles/tehnicheskie-harakteristiki-poluvagonov>
- 5 Информационный портал ScaleTrainsClub [Электронный ресурс]: 8-осный полувагон, модель 12-508 - Режим доступа: <http://scaletrainsclub.com/board/viewtopic.php?t=7764>
- 6 Образовательный портал Geum.ru [Электронный ресурс]: Научное обоснование и разработка комплекса средств механизации для обеспечения качества углепродукции - Режим доступа: <http://geum.ru/next/art-217452.leaf-2.php>
- 7 Группа «Вагонники ОАО "РЖД"» [Электронный ресурс]: Повреждения полувагонов - Режим доступа: <http://www.xn--80adeukqag.xn--p1ai/2016/05/blog-post.html>
- 8 Электронный фонд правовой и нормативно технической документации [Электронный ресурс]: Нормы естественной убыли массы грузов при перевозках по железным дорогам - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9039530>

9 Транспортная компания «ТрансРусь» [Электронный ресурс]: Характеристики железнодорожных платформ - Режим доступа: <http://www.transru.ru/articles/harakteristiki-zheleznodorozhnyh-platform/>

10 Безопасность жизнедеятельности в дипломном проектировании: метод. Указания для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения / сост. Э.В. Богданова, В.А. Гронь, Л.С. Максименко, А.Г. Степанов; ГУЦМиЗ. – Красноярск, 2005. – 36с.

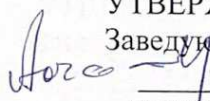
11 Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров / С. В. Белов. — 4-е изд., перераб. и доп.— Москва: Изд-во Юрайт; ИД Юрайт, 2013. – 682 с

12 Актуально о транспорте [Электронный ресурс]: Правила перевозки угля железнодорожным транспортом - Режим доступа: <http://www.righttransport.ru/rtos-378-1.html>

13 Демченко И.И. Ресурсосберегающие и экологичные технологии обеспечения качества углепродукции: монография/И.И. Демченко, В.Д. Буткин, А.И. Косолапов. – М.: МАКС Пресс, 2006. - 344 с.

14 СТО 4.2-07-2014 Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Красноярск: Системы управления СФУ, 2014. – 60с.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт горного дела, геологии и геотехнологий  
институт  
Горные машины и комплексы  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
 А.С.Морин  
подпись инициалы, фамилия  
« 01 » 02 2022г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

**21.05.04. «Горные машины и оборудование»**

код и наименование специализации

**Разработка технического предложения по повышению экологизации**

тема

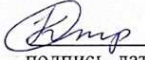
**процесса транспортирования угля железнодорожным транспортом**

Руководитель

 31.01.22г.  
подпись, дата

И.И.Демченко  
инициалы, фамилия

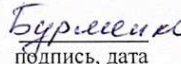
Выпускник

 31.01.22.  
подпись, дата

К.С.Пирогов  
инициалы, фамилия


Консультанты:

Экономическая часть

 28.01.22  
подпись, дата

Р.Р.Бурменко  
инициалы, фамилия

Безопасность  
жизнедеятельности

 14.01.22  
подпись, дата

А.В.Галайко  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 31.01.22г.  
подпись, дата

И.И.Демченко  
инициалы, фамилия

Красноярск 2022