

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

*На правах рукописи*



Муленкова Анастасия Олеговна

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТРЕБОВАНИЙ К ОБОРУДОВАНИЮ  
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СОРТОВОГО УГЛЯ В РАЗРЕЗЕ**

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

Диссертация на соискание  
ученой степени кандидата  
технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук,  
доцент Демченко И.И.

Красноярск 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	9
1.1 Угольная промышленность на современном этапе.....	9
1.2 Сорт уголь как один из главных топливно-энергетических ресурсов страны.....	15
1.3 Цель и задачи исследования.....	23
2    ОБОСНОВАНИЕ    ПАРАМЕТРОВ    СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ДОСТАВКИ СОРТОВОГО УГЛЯ.....	25
2.1 Конструкции специализированных контейнеров для перевозки.....	26
2.2 Определение номенклатуры параметров специализированного контейнера	33
2.3 Нахождение массы специализированных контейнеров.....	41
Выводы по главе 2.....	53
3    ОБОСНОВАНИЕ    ПАРАМЕТРОВ    ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ВЫВОЗКИ СОРТОВОГО УГЛЯ ИЗ ЗАБОЯ РАЗРЕЗА.....	55
3.1 Выбор номенклатуры параметров.....	56
3.2 Определение грузоподъемности.....	59
3.3 Расчет габаритных размеров грузовой платформы.....	65
3.4 Установление габаритных размеров технологического.....	73
3.5 Определение мощности двигателя.....	81
3.6 Влияние конструктивного исполнения технологического.....	84
Выводы по главе 3.....	91
4    ОБОСНОВАНИЕ    ПАРАМЕТРОВ    ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМАХ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	92
4.1 Перерабатывающее оборудование и его составные элементы.....	92
4.2 Технологические схемы размещения горнотранспортного.....	103
4.3 Определение области использования горнотранспортного.....	110
Выводы по главе 4.....	116

5 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ПОЛУЧЕНИЮ И ПЕРЕВОЗКЕ СОРТОВОГО УГЛЯ .....	117
5.1 Существующая технология добычи и переработки угля.....	117
5.2 Предлагаемая технология добычи и переработки угля .....	127
5.3 Экономическая оценка предлагаемых технических решений .....	140
Выводы по главе 5.....	154
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	156
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	159
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ....	169

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** Вопрос качества поставляемого потребителю энергетического угля имеет большое значение, так как определяет его конкурентоспособность по сравнению с другими энергоносителями.

Одним из направлений повышения качества угля является сортировка, т. е. разделение рядовых углей по размерам кусков (крупности) на классы. Объем переработанного угля в 2017 г. составил 196,5 млн т.

Однако в настоящее время процессы получения и доставки сортового угля сопровождаются качественными и количественными потерями готового продукта и загрязнением окружающей среды на этапах транспортировки от места добычи до места переработки, временного хранения и доставки до конечного потребителя.

Таким образом, появляется необходимость обоснования технологии получения сортового угля, которая даст возможность обеспечить сохранение его стабильных качественных и количественных показателей при экологизации технологических процессов его получения и транспортировки на разрезе и тем самым позволит поддержать его конкурентоспособность. Технология получения сортового угля в разрезе неразрывно связана с обоснованием параметров оборудования, задействованного в ней.

Диссертация базируется на трудах отечественных и зарубежных ученых и практиков в области открытой разработки месторождений.

Существенный вклад в разработку теоретических основ комплексного использования и обеспечения качества добываемого полезного ископаемого внесли А. А. Абрамов, М. И. Агошков, С. Я. Арсеньев, С. П. Артюшин, П. П. Бастан, З. Ш. Беринберг, И. С. Благов, В. Д. Буткин, В. Ф. Бызов, С. И. Гройсман, Л. Л. Косенко, А. И. Косолапов, А. П. Красавин, Г. Г. Ломоносов, Д. Е. Махно, Н. В. Мельников, С. И. Протасов, В. В. Ржевский, А. А. Сысоев, К. Н. Трубецкой, П. И. Томаков, М. И. Щадов и др.

Отсутствие необходимых результатов научных исследований, позволяющих принять решение по обоснованию предлагаемой технологии, снижает эффективность разработки угольных месторождений и делает поставленную задачу актуальной.

**Цель работы.** Обоснование технологии управления качеством энергетического угля.

**Идея работы.** Управление качеством угля на разрезе достигается за счет технологии получения сортового угля в забое разреза мобильным дробильно-сортировочным комплексом с возможностью отгрузки сорта в специализированные контейнеры, установленные на технологическом автотранспортном средстве (ТАТС).

**Основные задачи исследования:**

1 Обзор применяемых методов повышения качества угля. Анализ существующих способов получения сортового угля.

2. Обоснование номенклатуры и параметров оборудования, обеспечивающего получение сортового угля в забое разреза и сохранение стабильных качественных и количественных характеристик готового продукта.

3. Разработка математической модели, определяющей возможность расположения оборудования в забое с целью получения сортового угля при различных технологических схемах.

4. Технико-экономическая оценка предлагаемых технологических и технических решений в конкретных горнотехнических условиях.

**Методы исследований.** В работе применялись научный и технико-экономический анализы, аналитическое обобщение сведений, содержащихся в научно-технической, патентной и специальной литературе, физическое и математическое моделирование с использованием программного обеспечения ЭВМ.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Для обеспечения ресурсосбережения и экологичности процессов получения и доставки сортового угля целесообразно использовать мобильный комплекс оборудования, обеспечивающий его сортировку в забое с последующей погрузкой

в специализированные контейнеры, располагаемые на платформе технологических автотранспортных средств, параметры которых predeterminedены производительностью добычного оборудования, размером и структурой спроса.

2. Вид и грузоподъемность технологического автотранспортного средства необходимо устанавливать с учетом типоразмеров контейнеров, дорожных условий в разрезе и объемами транспортирования сортового угля.

3. Технологическую схему размещения и состав комплекса оборудования целесообразно выбирать, учитывая его габариты в плане, размеры рабочей площадки и вид добычной заходки, увязанных математической моделью, определяющей возможность расположения оборудования в забое для получения сортового угля.

#### **Научная новизна работы:**

1. Установлены зависимости массогабаритных, конструктивных и режимных параметров специализированных контейнеров для сортового угля от производительности добычного оборудования, размера и структуры спроса.

2. Выявлены зависимости фактической грузоподъемности технологического автотранспортного средства от вариантов компоновки его грузовой платформы специализированными контейнерами, позволившие в конкретных горнотехнических условиях определить его номинальную грузоподъемность и вид.

3. Разработана математическая модель, определяющая возможность расположения оборудования в забое для получения сортового угля, основанная на установленных параметрах оборудования, необходимого для сохранения его качественных и количественных характеристик.

**Практическая значимость работы.** Определена номенклатура горнотранспортного оборудования, позволяющего повысить эффективность получения сортового угля в разрезе. Разработаны конструкции специализированных контейнеров, используемых при транспортировке (патенты РФ № 2537875, № 2544983).

Разработана методика (программа для ЭВМ № 2017617474) определения грузоподъемности технологического автотранспортного средства, основные элементы которого защищены патентами РФ № 2550062, № 2551698.

Предложены транспортно-технологические схемы размещения горнотранспортного оборудования в забое и определены области использования данного оборудования в различных горнотехнических условиях.

Выполнено технико-экономическое обоснование эффективности получения сортового угля в забое разреза.

**Реализация работы.** Основные результаты диссертационной работы приняты к внедрению в ЗАО «Спецтехномаш», занимающемся изготовлением горнообогатительного оборудования. Созданная математическая модель, определяющая возможность расположения оборудования в забое для получения сортового угля, выполненные физические модели используются при обучении студентов, магистрантов и аспирантов ФГАОУ ВО СФУ.

**Обоснованность и достоверность работы** подтверждена использованием комплексных подходов, соблюдением основных принципов математического и физического моделирования, применением современных методов исследований и аналитических методов расчета, а также сходимостью результатов исследования с результатами, полученными другими авторами.

**Апробация работы.** Результаты исследований и основные материалы диссертации доложены: на научно-практических конференциях «Игошинские чтения» (Иркутск, 2013, 2015, 2017, 2018 гг.); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Экологическое образование и природопользование в инновационном развитии региона» (Ачинск, 2013 г.); всероссийских научно-технических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Молодежь и наука» (Красноярск, 2013, 2014 гг.); Международной научно-практической конференции «Инновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроении» (Санкт-Петербург, 2014 г.); конференции «Транспортные системы Сибири. Развитие транспортной системы как катализатор роста экономики государства» (Красноярск, 2016 г.); международных конференциях студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспектив Свободный» (Красноярск, 2016–2018 гг.); Международной научно-технической конференции «Чтения памяти В. Р. Кубачека» (Екатерин-

бург, 2017 г.); международных практических конференциях «Открытые горные работы в XXI веке» (Красноярск, 2015, 2017 гг.); научных семинарах ФГАОУ ВО СФУ (Красноярск, 2015–2018 гг.).

**Личный вклад автора** заключается в выполнении основного объема теоретических исследований, изложенных в диссертационной работе, включая постановку целей и задач исследования, в разработке новых технологических решений получения сортового угля в забое разреза при экономичности, ресурсосбережении и экологичности процессов его получения и транспортировки. Все результаты диссертационной работы, перечисленные в ее заключении, получены лично автором.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в том числе 6 – в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, получено 4 патента на изобретение и зарегистрирована 1 программа для ЭВМ.

**Объем и структура работы.** Диссертация изложена на 170 страницах машинописного текста, состоит из введения, пяти глав, заключения и 1 приложения. Содержит 75 рисунков, 36 таблиц, список литературы из 94 наименований.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю д-ру техн. наук И. И. Демченко, а также проф., д-ру техн. наук А. И. Косолапову и коллективам кафедр «Горные машины и комплексы» и «Открытые горные работы» СФУ за оказанную организационную и методическую помощь при подготовке диссертационной работы.



## **1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Задача обеспечения стран топливом и энергией – одна из самых важных, и уголь благодаря обширной и равномерно распределенной по территории мира ресурсной базе (запасы угля расположены более чем в 70 странах мира), а также относительно невысокой стоимости, по сравнению с природным газом и нефтью, позволяет ее решить.

В настоящее время 85 % потребляемой в мире энергии производится из ископаемых ресурсов [1]. Удельный вес угольной генерации в мировой структуре энергопотребления достаточно большой и будет увеличиваться вследствие его доступности, низких цен, а также тенденции к ограничению эксплуатации атомных электростанций и замене производства электроэнергии на основе углеводородов, что приведет к росту потребности в угольном сырье [2-4].

### **1.1 Угольная промышленность на современном этапе**

Современная угольная промышленность в мировом масштабе отличается стабильными характеристиками и развивается хорошими темпами. Уголь – наиболее обеспеченный запасами топливный ресурс, который все страны мира используют в своей топливно-энергетической отрасли – его запасов гораздо больше, чем нефти и газа, а угольные месторождения распределены по планете более равномерно. Мировые промышленные запасы угля составляют более 1 трлн т, помимо этого на Земле осталось еще 14,8 трлн т [5]. На данный момент более 70 стран имеют извлекаемые запасы угля. Коэффициент кратности запасов (отношение оставшихся запасов к годовой добыче) для угля составляет более 122 лет, для нефти – 42 года, для газа – 60 лет [6]. До 2040 г. потребление угля будет расти в среднем на 0,6 % в год (прогноз Агентства энергетической информации Министерства энергетики

США). Доля выработки электроэнергии из угля в мире останется на уровне 34 % без CPP (Clean Power Plan – план «Чистая энергетика»), с экологически чистыми угольными технологиями – 28 %. [7].

Ежегодные существующие и прогнозируемые доли угля в мировой энергетике способствуют увеличению объемов добычи, особенно энергетического направления. Крупнейшие производители угля – Китай и США. Россия занимает 6-е место в мире по добыче угля (4,5 % от мировой угледобычи) [8]. Статистические данные по добыче угля за 2017 г. представлены на рисунке 1.1.

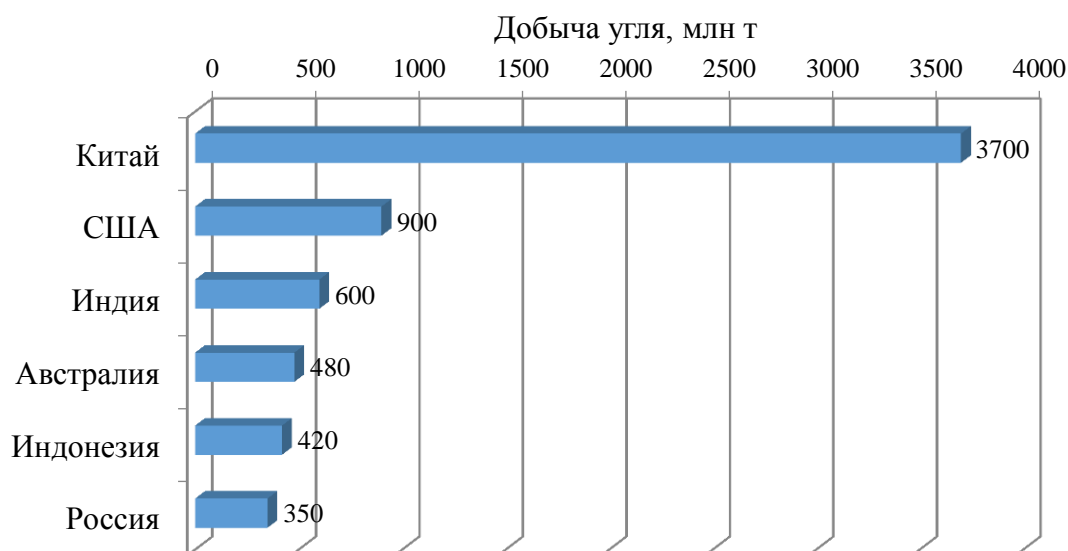


Рисунок 1.1 – Объем добычи угля по странам, млн т

Китай, являющийся одним из лидеров по добыче угля, занимает первое место и в его потреблении – 50,2 % (1873 млн т) от общего объема потребления (рисунок 1.2). Исходя из экспертных прогнозов до 2035 г., мировой спрос на уголь будет ежегодно расти не менее чем на 0,8 %. Индия и другие развивающиеся страны будут увеличивать потребление угля, для Китая ожидается рост потребления угля с выходом на постоянный уровень потребления после 2025 г. Снизится потребление угля странами Европы в связи с планами перехода на альтернативные виды топлива [9, 10].

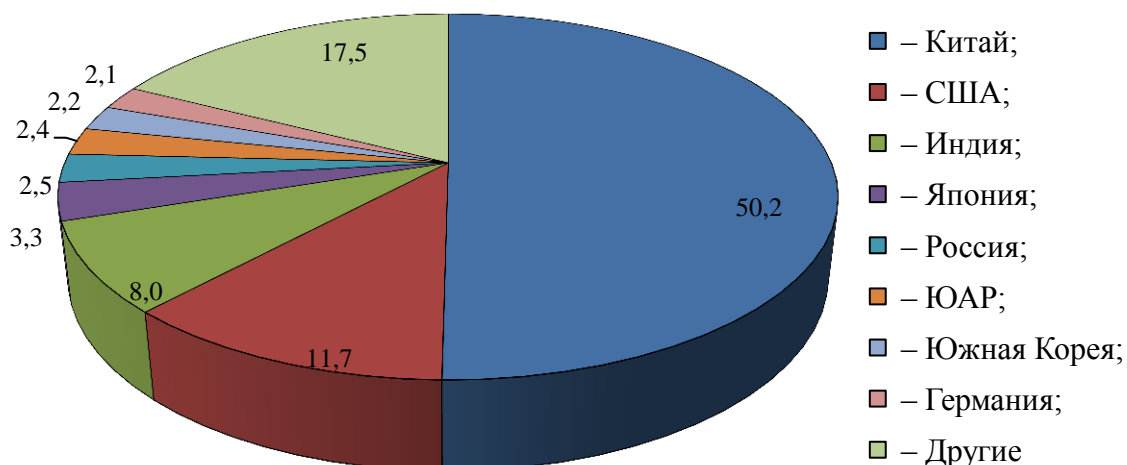


Рисунок 1.2 – Потребление угля по странам, %

Темпы роста потребления угля самые высокие по сравнению с другими источниками энергии. Уголь как дешевое и доступное топливо является стимулом быстрого экономического роста развивающихся стран, в том числе и России.

В отличие от других стран в топливно-энергетическом балансе России (рисунок 1.3) достаточно велик удельный вес природного газа (46 %) и низкая доля угля (12,2 %) [8–10].

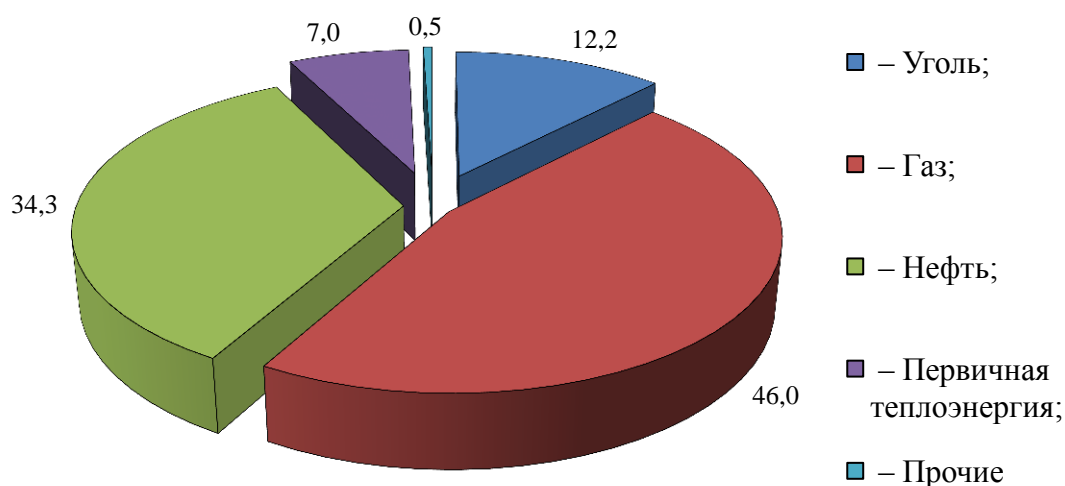


Рисунок 1.3 – Структура производства энергетических ресурсов России в 2017 г., %

Россия обладает вторыми по величине запасами угля в мире (173 млрд т) после США (263 млрд т). Угольная индустрия объединяет 176 угольных

участков, в том числе 61 шахту и 115 разрезов. Угольные предприятия являются градообразующими для более чем 30 городов и поселков общей численностью более 1,5 млн человек [6, 8, 10]. Динамика объемов добычи угля по годам представлена на рисунке 1.4 [12–17].

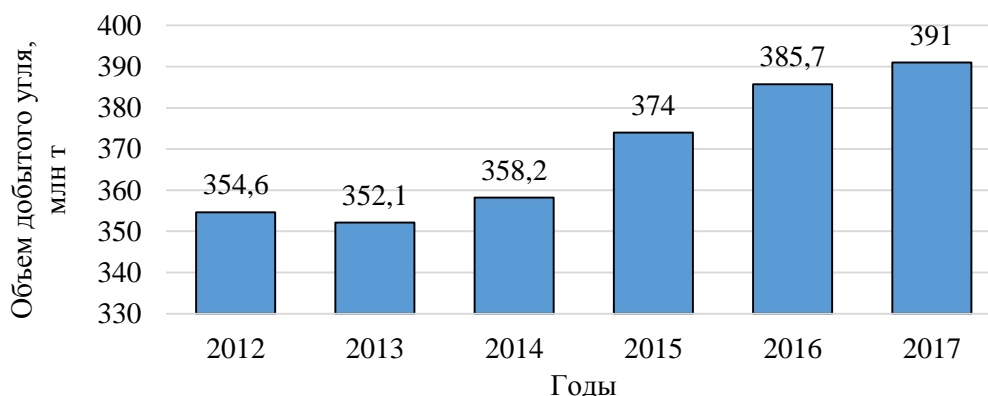


Рисунок 1.4 – Добыча угля в России

Добыча угля осуществляется на территории 22 угольных бассейнов, 129 отдельных месторождений. Основные запасы угля расположены в Кузнецком (52 %), Канско-Ачинском (12 %), Печорском (5 %), Южно-Якутском бассейнах (3 %) (рисунок 1.5). Доказанных запасов угля в России хватит на 800 лет использования [11, 18].

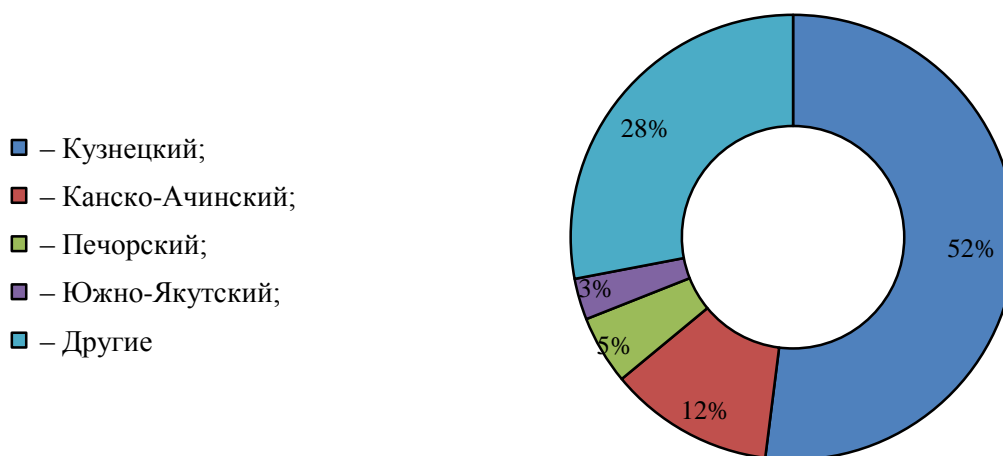


Рисунок 1.5 – Добыча угля по основным бассейнам

На рисунке 1.6 представлено распределение объемов добытого угля по основным угольным компаниям России. В тройку самых больших входят

Сибирская угольная энергетическая компания – СУЭК (один из крупнейших в мире производителей угля), УК «Кузбассразрезуголь» (самая большая в России компания по добыче угля открытым способом) и Холдинговая компания «СДС-Уголь» (около 88 % добываемого угля поставляет на экспорт).

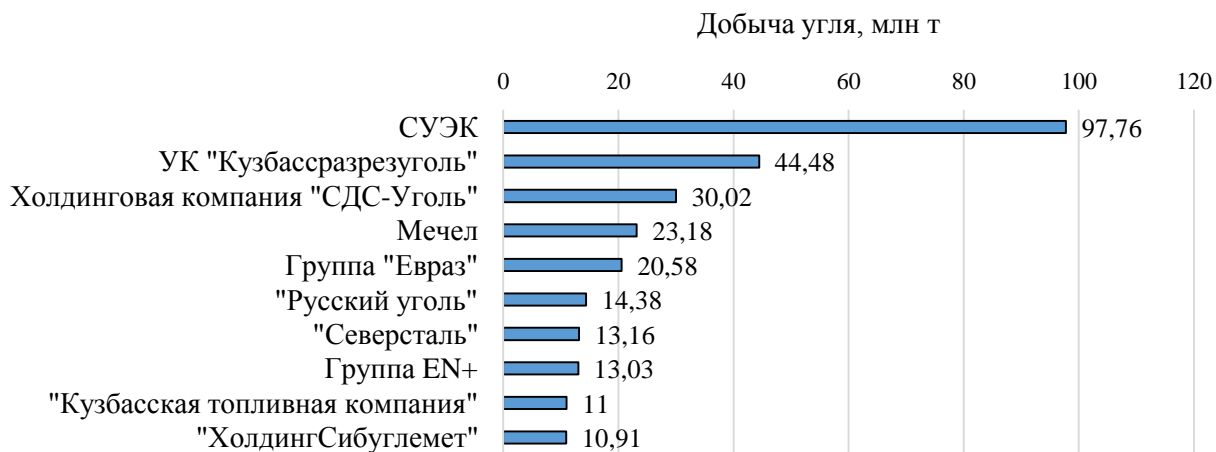


Рисунок 1.6 – Объемы производства основных угольных компаний России, млн т

Указанные компании суммарно обеспечивают 75 % всего объема добычи угля в России. Крупнейшие угольные компании частные, что является предпосылкой к их высокой конкурентоспособности. Угольная отрасль работает в условиях рыночного ценообразования, финансирование инвестиционных проектов осуществляется за счет собственных и привлеченных средств (около одной третьей общего объема инвестиций) [9, 18]. Себестоимость добычи 1 т угля за 2017 г. составила 1 736,98 руб. и распределена по статьям затрат следующим образом (рисунок 1.7).

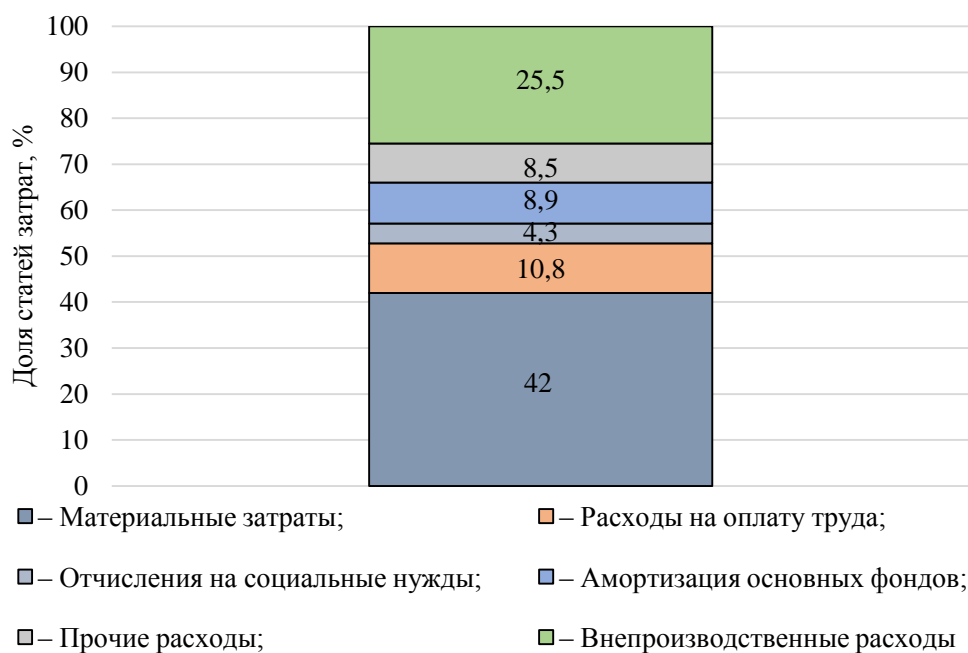


Рисунок 1.7 – Структура себестоимости добычи 1 т угля в 2017 г.

В базовом сценарии развития мировой энергетики до 2040 г. институтом ИНЭИ РАН прогнозируется, что добыча угля в России будет снижаться, но использование угля для выработки энергии увеличится [18].

Активное применение угля в энергетической отрасли России и ниспадающий спрос на него как источник энергии обусловлен, прежде всего, ценовым фактором и большими объемами запасов. Однако в угольной энергетической промышленности существуют значимые проблемы, решение которых позволит поддержать и повысить конкурентоспособность угля как топлива. Одной из основных проблем является экологическая: при сжигании угля на электростанциях происходят значительные выбросы углекислого газа в атмосферу. Из ископаемого топлива уголь считается наиболее проблематичным с точки зрения изменения климата, поскольку у него самое высокое содержание углерода [19, 20]. Также добыча угля и его транспортировка сопровождаются сильным загрязнением воздушного бассейна и прилегающей территории угольной пылью. Довольно часто угольные разрезы располагаются вблизи населенных пунктов. Согласно аналитическим данным за 2017 г., сильному загрязнению окружающей среды на территории России подвержено 15,2 млн чел. Поэтому первоочередной задачей угольной промышленно-

сти для поддержания ее конкурентоспособности является обеспечение соответствующего качества топлива (согласно ИСО–9000) при сокращении негативного воздействия на экологию.

Таким образом, уголь служит стратегически важным сырьем для мировой энергетики и энергетики России. Рост конкурентоспособности угля невозможен без повышения его качества и экологизации отрасли.

## **1.2 Сортовой уголь как один из главных топливно-энергетических ресурсов страны**

Требования к качеству угля выражаются в виде государственных стандартов, технических условий и технических норм [21, 22]. Основными показателями качества углей являются зольность, влажность, размер кусков (сортность), содержание серы, выход летучих веществ, теплота сгорания, содержание минеральных примесей. Зольность – косвенный показатель содержания минеральных частиц и пород в угле. Наличие этих примесей снижает теплоту сгорания угля и КПД топочных устройств. Повышение содержания влаги увеличивает смерзаемость угля при транспортировании в холодный период года, а также расход тепла на испарение влаги при сжигании. Крупность добываемого угля нормируется по величине максимального куска и влияет на получение сортового топлива крупных и средних классов [22].

Сортовой уголь на данный момент времени является наиболее качественным и маржинальным продуктом топливно-энергетической отрасли. Поэтому одним из направлений роста конкурентоспособности угля за счет повышения и поддержания его качества становится более широкое использование сортового угля для потребителей со слоевым сжиганием топлива.

Рядовой уголь имеет значительные недостатки по сравнению с сортовым:

– зольность низкосортного угля выше, чем у сортового, таким образом, для получения требуемой теплоты сгорания необходимо сжечь большее ко-

личество рядового угля, также повышенная зольность приводит к загрязнению котлов, дымоходов и прилегающей территории;

– большое содержание инородных тел, породы, серы в рядовом угле обуславливает ускоренный износ камер сгорания;

– влажность рядового угля выше, таким образом, часть тепла тратится на нагрев и испарение воды, что также увеличивает расход низкосортного угля.

В настоящее время угольная промышленность России выпускает значительное количество сортового топлива. Общий объем переработки угля за 2017 г. составил 164,4 млн т (на 9 % выше уровня 2016 г.). Большая часть переработана на обогатительных фабриках – 155,9 млн т (на 10 % больше, чем годом ранее), выпуск концентрата составил 91,6 млн т (на 11 % больше по сравнению с предыдущим годом); выпуск углей крупных и средних классов – 18,5 млн т (на 3 % больше, чем годом ранее) [8].

Стимулирующим фактором столь быстрого и масштабного развития углепереработки стал рост экспорта, объем которого к 2017 г. превысил 100 млн т. Однако мировой рынок предъявляет жесткие требования к качеству угля: зольность – 8–12 %, содержание серы – менее 0,5 %, влага – менее 8–9 %, калорийность – свыше 6 000 ккал [23, 24].

Существующие технологии получения сортового угля позволяют добиться высоких качественных показателей топлива. Наряду с переработкой сортовой уголь проходит ряд этапов, которые приводят к потерям стабильности качественных и количественных характеристик, полученных в начале. Рассмотрим эти этапы подробнее.

*Первый этап* – переработка рядового угля и получение сорта, т. е. процесс классификации угля по крупности. Сорт угля устанавливается по нижнему значению самой мелкой фракции и верхнему значению самой крупной фракции, указанной в марке угля (таблица 1.1) [22].



Таблица 1.1 – Классификация сортовых углей

Класс	Пределы крупности кусков, мм	
	нижний	верхний
Плитный	100	300
Крупный кулак	50	100
Орех	25	50
Мелкий	13	25
Семечко	6	13
Штыб	0	6

Получение сортового угля в настоящее время основано на использовании стационарных и мобильных дробильно-сортировочных установок (ДСУ) и комплексов (ДСК) [25–28]. Один из таких стационарных комплексов установлен в Красноярском крае на Переясловском угольном разрезе АО «Русский Уголь» (рисунки 1.8, 1.9) [29; 30].

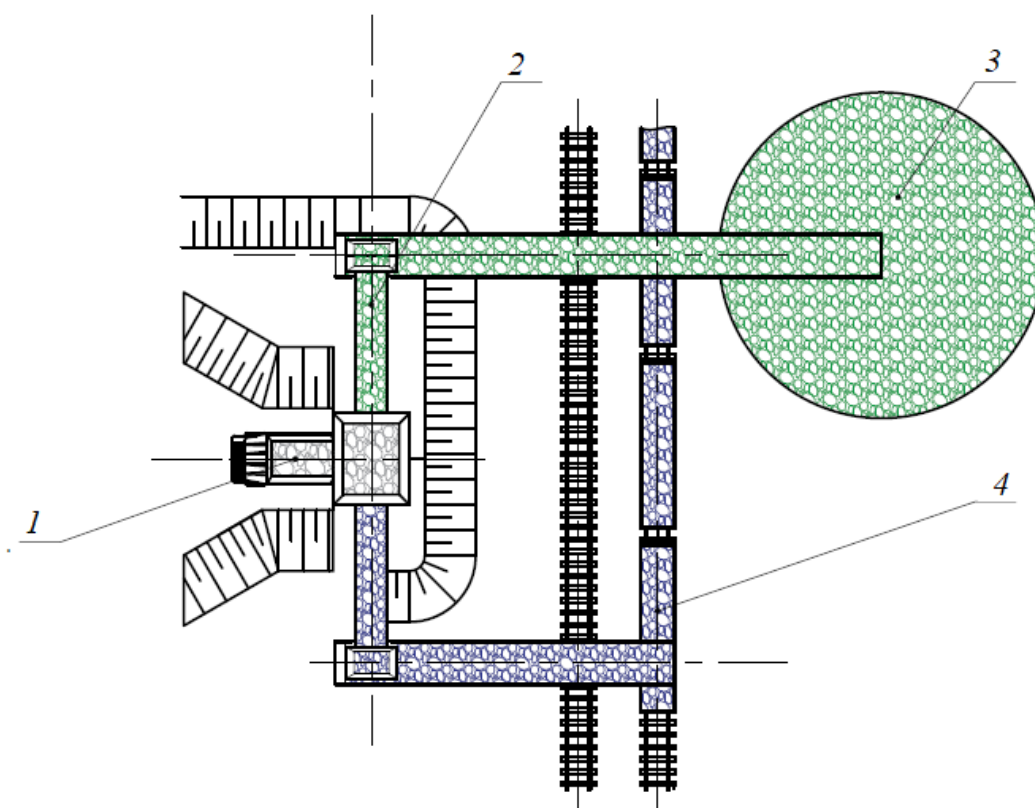


Рисунок 1.8 – Схема стационарного перерабатывающего комплекса: 1 – ДСК; 2 – склад угля (класс 0–25 мм); 3 – отсыпка угля (класс 25–200 мм) в железнодорожные вагоны; 4 – железнодорожные вагоны



Рисунок 1.9 – Конструкция стационарного ДСК (Переясловский разрез)

Рядовой уголь автосамосвалами доставляют в приемный бункер ДСК 1, где установлена валковая дробилка. Далее рядовой уголь (фракция 0–200 мм) поступает на скребковый конвейер (рисунок 1.9), снабженный колосниковыми решетками с щелью 25 мм, который выполняет роль гравитационного классификатора. Уголь разделяется на классы 0–25 и 25–200 мм. Класс 0–25 мм попадает через решетку на дно скребкового конвейера и далее транспортируется на ленточный конвейер, а затем к месту складирования 2 или в железнодорожные вагоны. Класс 25–200 мм также транспортируется к ленточному конвейеру и на погрузку в железнодорожные вагоны 3.

В филиале АО «СУЭК–Красноярск» «Разрез Бородинский имени М. И. Щадова» установлен мобильный ДСК (рисунок 1.10), который благодаря наличию гусеничного шасси имеет возможность перемещаться по разрезу и также осуществлять погрузку сортового угля в железнодорожные вагоны или складировать его.



Рисунок 1.10 – Мобильный дробильно-сортировочный комплекс  
(Бородинский разрез)

Второй этап – транспортировка сортового угля до склада временного хранения или места потребления. Транспортировка является важнейшим звеном в технологии передвижения сортового угля от места получения (забой, дневная поверхность угледобывающего предприятия, самостоятельное углеперерабатывающее предприятия) до потребителя. В зависимости от расстояния и вида применяемого транспорта на рассматриваемый этап приходится до 50 % затрат от стоимости топлива. Основными видам транспорта при внутренних и экспортных перевозках сортового угля являются железнодорожный, автомобильный и водный [31]. Независимо от вида используемого транспорта перевозке сортового угля навалом присущ ряд недостатков:

– количественные потери в результате выдувания потоком воздуха. Уголь загружают с «шапкой» для увеличения использования грузоподъемности транспортных средств, что приводит к значительным потерям как от выдувания, так и от падения из кузова. Анализ статистических данных показал,



что потери угля составляют до 5 % от перевозимого объема (рисунок 1.11) [32];



Рисунок 1.11 – Загрязнение проезжей части в результате транспортировки угля навалом автомобильным и железнодорожным транспортом

- снижение качественных характеристик. При транспортировке происходит измельчение сортового угля, что приводит к нестабильности его гранулометрического состава и ухудшению качества. В зимнее время уголь смерзается. В результате открытой транспортировки повышается влажность;
- загрязнение прилегающей территории и воздушного бассейна;
- необходимость перевалки. В среднем при доставке потребителю сортового угля навалом он проходит через четыре перевалки (на примере автомобильного транспорта: ДСК – автосамосвал – склад временного хранения – автосамосвал – склад потребителя). Перевалки способствуют активному измельчению сорта, количественным потерям и загрязнению территории перевалочных пунктов.

*Третий этап* – хранение сортового угля навалом. Хранение угля навалом на открытых складах повышает зольность, обуславливает его выдувание, вымывание, самовозгорание. Все это приводит к ежегодным потерям до 7 % добываемого угля, а также к сильному загрязнению прилегающей территории и воздушного бассейна (рисунок 1.12).



Рисунок 1.12 – Загрязнение воздушной среды и территории при разгрузке угля у частного потребителя

*Четвертый этап* – сжигание в топке потребителя. Сжигание сортового угля является более эффективным, чем рядового, и способствует повышению КПД топочного устройства. Как известно, из-за просыпи мелочи в колосниковую решетку в топках со слоевым сжиганием эффективность сжигания топлива снижается в 2,0–2,5 раза по сравнению со сжиганием угля одного гранулометрического состава [32]. Поэтому измельчение сортового угля на предшествующих этапах негативно сказывается на эффективности его сжигания.

Анализ этапов прохождения сортового угля до потребителя показал, что полученные при переработке высокие качества топлива теряют свою стабильность. По характеристикам сортовой уголь может приблизиться к рядовому, и, как следствие, понижается эффективность его использования. Поэтому для обеспечения и сохранения стабильных качественных характеристик угля необходим комплексный подход, который должен предусматривать: уменьшение потерь при добыче ископаемого угля, получении, транспортировке и хранении сортового угля; обеспечение стабильных качествен-

ных характеристик готового продукта; сокращение транспортных затрат; уменьшение количества перевалок; минимизацию вреда экологии.

Для решения представленного выше вопроса предлагается комплексный подход. Предлагаемая технология получения сортового угля непосредственно в забое разреза и доставки готового продукта из забоя в специализированных контейнерах включает в себя совокупность взаимосвязанных процессов, способов и приемов механизированного производства горных работ. Поэтому для обоснования технологии важной задачей является выбор и обоснование средств ее механизации. К средствам механизации технологии получения сортового угля в забое относятся горные машины и оборудование, представленные на рисунке 1.13.

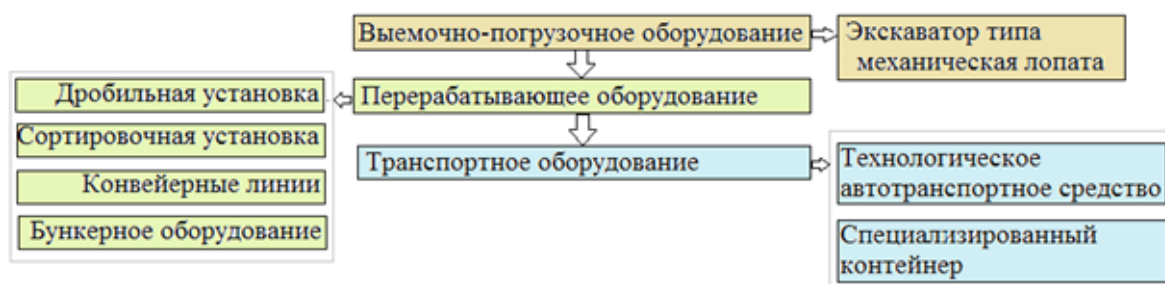


Рисунок 1.13 – Средства механизации предлагаемой технологии

Данная технология предназначена для забоев, разрабатываемых экскаваторами типа механическая лопата с использованием автомобильного транспорта (по циклической технологии).

Перерабатывающее оборудование включает в себя дробильную установку, промежуточный конвейер, сортировочную установку (грохот), аккумулярующие бункеры (при необходимости) и погрузочный конвейер. Перерабатывающее оборудование установлено в забое в существующую технологическую цепочку следом за экскаватором.

Транспортное оборудование – звено, которое является главной отличительной особенностью предлагаемой технологии, так как в качестве грузонесущего элемента автомобильного шасси применяются специализированные емкости (контейнеры), позволяющие изолировать полученный сор-

товой уголь на месте добычи и исключить тем самым качественные и количественные потери и загрязнение окружающей среды на последующих технологических этапах до момента сжигания сортового угля в топке.

Главными вопросами при обосновании предлагаемой технологии являются возможность переноса перерабатывающего оборудования в забой и обеспечение бесперебойной работы всех средств механизации. Для их решения необходимо обосновать параметры оборудования.

### **1.3 Цель и задачи исследования**

Обоснование описанной выше технологии получения сортового угля даст возможность обеспечить сохранение его стабильных качественных и количественных показателей при экологизации технологических процессов его получения и транспортировки на разрезе и тем самым позволит поддержать его конкурентоспособность. Технология получения сортового угля в разрезе неразрывно связана с обоснованием параметров оборудования, задействованного в ней.

Отсутствие необходимых результатов научных исследований, позволяющих принять решение по обоснованию предлагаемой технологии, снижает эффективность разработки угольных месторождений и делает поставленную задачу актуальной.

Таким образом, целью настоящего исследования является обоснование технологии управления качеством энергетического угля.

Основные задачи исследования:

1. Обзор применяемых методов повышения качества угля. Анализ существующих способов получения сортового угля.
2. Обоснование номенклатуры и параметров оборудования, обеспечивающего получение сортового угля в забое разреза и сохранение стабильных качественных и количественных характеристик готового продукта.

3. Разработка математической модели, определяющей возможность расположения оборудования в забое с целью получения сортового угля при различных технологических схемах.

4. Технико-экономическая оценка предлагаемых технологических и технических решений в конкретных горнотехнических условиях.



## **2 ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ДОСТАВКИ СОРТОВОГО УГЛЯ**

Откатка сортового угля, полученного в забое разреза, технологическим автотранспортным средством (ТАТС) с грузонесущим элементом в виде съемных специализированных емкостей (контейнеров), представляющих собой видоизмененный кузов, имеет ряд доказанных и обоснованных преимуществ: сохранность качества и количества топлива, улучшение экологии, обеспечение высокого КПД топочного оборудования за счет использования сортового угля [32]. Возможность снятия контейнеров с ТАТС и дальнейшей доставки их до потребителя любым видом транспорта повышает механизацию и экономичность процесса доставки за счет снижения площади складов, эксплуатационных затрат.

Изменение способа доставки путем применения специализированных контейнеров в качестве тары для перевозки и хранения сортового угля приводит к изменению всех этапов процесса обеспечения топливом различных групп потребителей. В зависимости от группы конечного потребителя, среди которых могут быть частные потребители, котельные средней мощности и крупные, предлагается использовать крупно-, средне- и малотоннажные специализированные контейнеры.

Значительно изменяется технологическая схема размещения и структура горнотранспортного оборудования в забое разреза, требующая появления средств переработки углей, использование которых позволит на выходе осуществлять погрузку полученного в забое сортового угля в специализированные контейнеры, расположенные на технологическом автотранспортном средстве, непосредственно в забойных условиях.

Поэтому параметры специализированных контейнеров для сортового угля должны обеспечивать возможность их загрузки в забое разреза, транспортировки в забойных условиях разреза и различными видами транспорта в

процессе доставки заказчику, а также разгрузки и хранения у различных групп потребителей.

## **2.1 Конструкции специализированных контейнеров для перевозки и хранения сортового угля**

Предлагаемые промышленностью специализированные контейнеры непригодны для перевозки и хранения сортового угля в силу специфических свойств угля как груза, особенностей их эксплуатации, в частности погрузо-разгрузочных работ.

В связи с этим разработан ряд основных требований к конструкциям специализированных контейнеров для сортового угля:

- унифицированные габаритные размеры и минимальная масса тары;
- относительно простая конструкция при невысокой стоимости, обеспечивающая эксплуатацию контейнера в течение не менее 10 лет;
- конструктивная приспособленность к верхней загрузке в забое разреза;
- возможность единовременной или порционной разгрузки в зависимости от типоразмера контейнера и требований заказчика;
- обеспечение сохранности количества и качества сортового угля;
- снабжение элементами, необходимыми для строповки и крепления на транспортном средстве.

Конструкции специализированных контейнеров по грузоподъемности можно разделить на три класса: крупно- (30–10 т), средне- (10–3 т) и малотоннажные (меньше 3 т).

Крупно- и среднетоннажные специализированные контейнеры предназначены для котельных крупной и средней мощности или ТЭЦ. Они должны быть приспособлены к быстрой разгрузке – донной либо опрокидыванием.

Известные конструкции специализированных крупнотоннажных контейнеров обеспечивают верхнюю загрузку сортового угля и разгрузку опрокидыванием. Верхняя загрузка осуществляется через сдвижную крышу, имеющую варианты конструктивного исполнения. На рисунке 2.1 представлен вариант крупнотоннажного контейнера со сдвижной крышей из двух створок. Створки состоят из шарнирно установленных ламелей, оси которых по краям снабжены свободно вращающимися бочкообразными колесами. Процесс открывания и закрывания створок производится как с использованием пневматического привода, связанного с зубчатой рейкой, так и вручную путем вращения рукояткой кремальерной шестерни, также связанной с зубчатой рейкой [33].

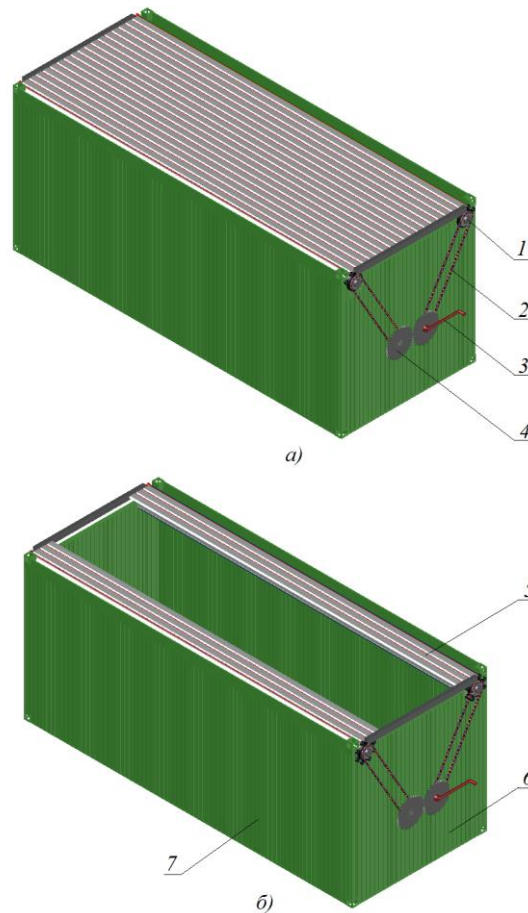


Рисунок 2.1 – Крупнотоннажный контейнер для перевозки угля со сдвигом створок крыши при открытии за боковые стенки: *а* – вид контейнера со сдвинутыми створками; *б* – вид контейнера с раздвинутыми створками; 1 – вал со звездочкой; 2 – цепь; 3 – рукоятка; 4 – зубчатое колесо; 5 – створка крыши, состоящая из пластин; 6 – торцевая стенка; 7 – боковая стенка

На рисунке 2.2 представлен другой способ исполнения крыши контейнера из двух створок, особенностью которого является возможность скатывания их в рулон, располагаемый в верхней части боковых бортов. При этом половинки крыши контейнера также выполнены раздвижными. Они состоят из продольно расположенных ламелей, соединенных между собой шарнирно. Крайние ламели крыши со стороны боковых стенок шарнирно соединены с валами круглой или октогональной формы, выполненными с возможностью вращения в верхней части торцевых стенок и позволяющими скатывать половинки крыши в рулон. Процесс открывания и закрывания створок в данном случае происходит с помощью рукоятки либо внешнего привода [34].

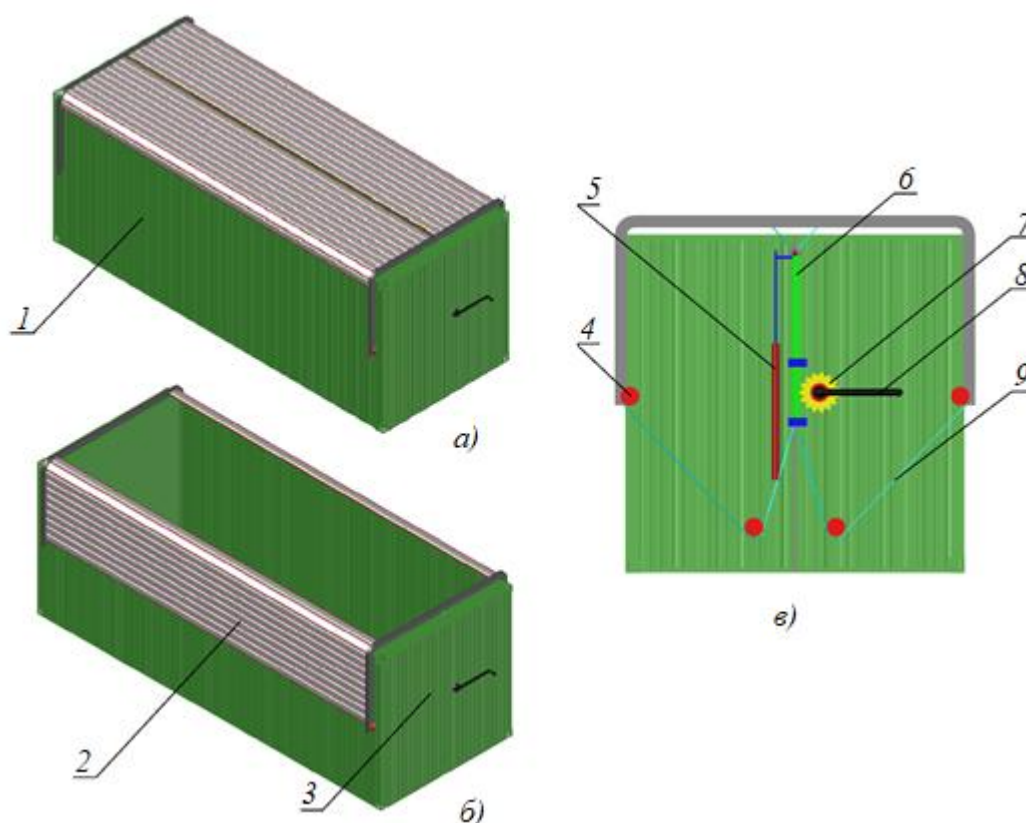


Рисунок 2.2 – Крупнотоннажный контейнер для перевозки угля со скатыванием створок крыши при открытии в рулон, располагаемый в верхней части боковых бортов: *а* – вид контейнера с закрытым загрузочным люком; *б* – вид контейнера с открытым загрузочным люком; *в* – вид торцевой стенки с рабочими механизмами; *1* – боковая стенка; *2* – створка крыши, состоящая из пластин; *3* – торцевая стенка; *4* – поддерживающие блочки; *5* – пневмоцилиндр; *6* – зубчатая рейка; *7* – кремальерная шестерня; *8* – рукоятка; *9* – трос.

В среднетоннажном контейнере (рисунок 2.3) створки крыши выполнены цельными и подпружинены относительно боковых стенок [35].

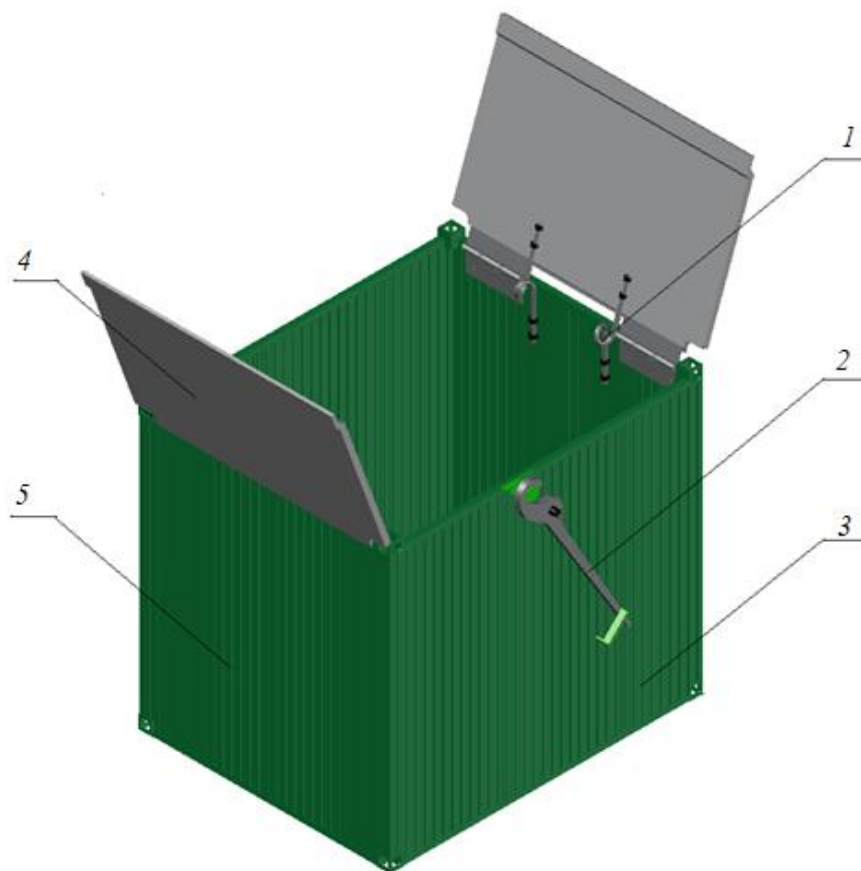


Рисунок 2.3 – Среднетоннажный контейнер для перевозки сортового угля: 1 – пружина кручения; 2 – рычаг с крюком; 3 – торцевая стенка; 4 – боковая створка; 5 – боковая стенка

В данном случае открытие и закрытие крышки происходит вручную путем воздействия на запорное устройство. Разгрузка контейнера также осуществляется опрокидыванием.

Малотоннажные контейнеры предназначены для индивидуальных потребителей в коммунально-бытовом секторе. Это обуславливает особые требования к их конструкции. Во-первых, конструктивно или с помощью сторонних устройств и приспособлений должна быть обеспечена транспортировка контейнера с транспортного средства до места установки у потребителя. Для данной цели было специально разработано вспомогательное транспортное устройство, позволяющее перемещать снятый с транспортного сред-

ства специализированный контейнер на место временного хранения и разгрузки [36]. Во-вторых, должно быть обеспечено удобство порционной разгрузки.

В Сибирском федеральном университете было предложено несколько вариантов конструкций малотоннажных контейнеров [37–39]. Рассмотрим вариант конструкции с разборной стенкой, состоящей из съемных пластин (рисунок 2.4).

Конструкция из съемных пластин передней стенки позволяет потребителю удобно и порционно выгружать сортовой уголь.

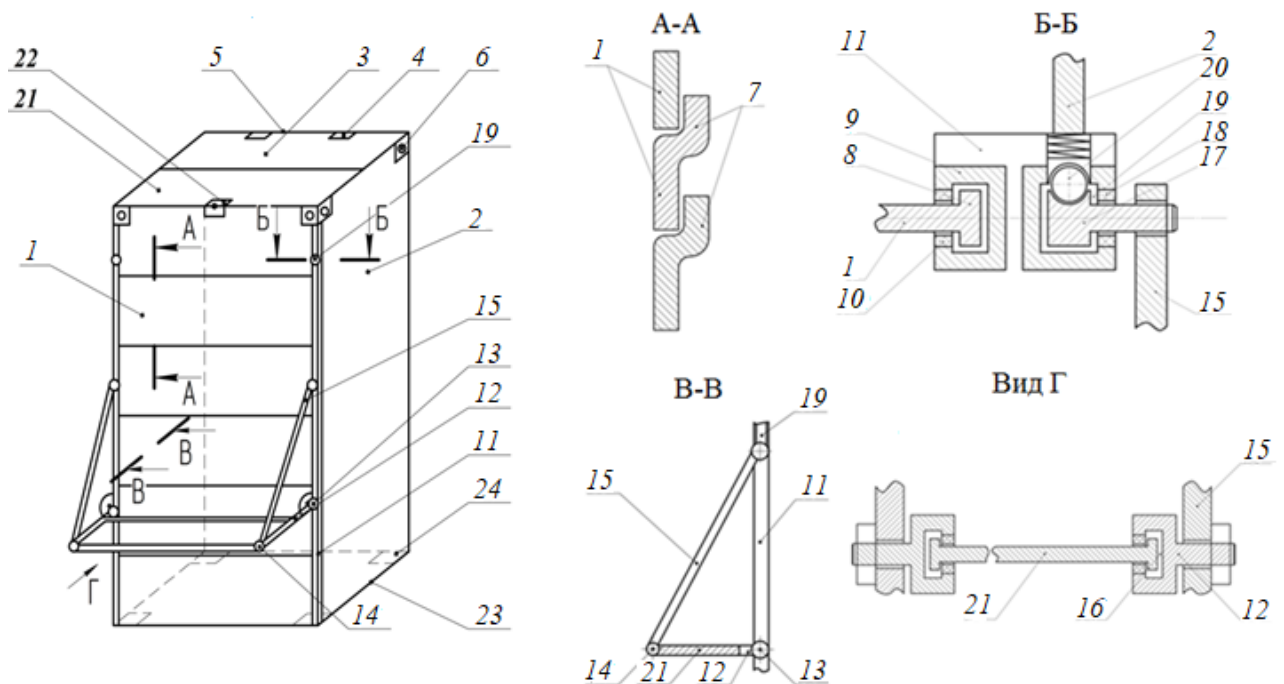


Рисунок 2.4 – Контейнер для перевозки, хранения и порционной разгрузки углепродуктов

Малотоннажные контейнеры устанавливают на технологическое автотранспортное средство. При этом каждый контейнер опирается на опоры 24, находящиеся под днищем 23. При загрузке открывают крышку 3 посредством шарниров 4, закрепленных на задней стенке 5 контейнера, и производят загрузку. После чего крышку закрывают запирающим механизмом 22, элементы которого находятся как на крышке, так и на передней стенке. Элементы строповки 6 позволяют осуществлять перегрузочные операции на пути перемещения контейнера от забоя до мест разгрузки у потребителя.

Перед разгрузкой открывают запирающий механизм 22. Для удобства разгрузки фиксатором 20 освобождают ползун 17, расположенный в верхней точке тяги 15 и находящийся в сопряжении на внешней стороне ребер жесткости 11 у боковых стенок 2. При этом ползун 17 перемещается вниз по направляющим 19, снабженным уплотнением 18, посредством шарнира 14 увлекает откидывающиеся упоры 12, установленные на шарнире 13. Длина направляющих 19 рассчитана таким образом, что при нахождении ползуна 17 в нижней точке упоры 12 принимают угол  $90^\circ$  к передней стенке контейнера. Затем выдвиганием снимают крайнюю пластину 21 крышки 3 и вставляют ее в пазы 16 упоров 12, с образованием ступеньки для удобного отбора твердого топлива при полностью заполненном контейнере. При необходимости оставшаяся несъемная панель крышки 3 может быть открыта посредством шарниров 4.

По мере разгрузки контейнера для удобства выемки топлива снимают верхнюю пластину 1 передней стенки, передвигая ее утолщением 8 вверх по фигурным пазам 9 с уплотнением 10, расположенным в ребрах жесткости 11. Точно так же при необходимости снимаются следующие панели передней стенки. Когда разгрузка контейнера подходит к концу, панель 21, установленная в пазы 16 упоров 12 и организующая ступеньку, уже не нужна и ее снимают. Для сбора последних остатков топлива в контейнере в него можно войти через разобранную на панели 1 переднюю стенку.

Полностью разгрузив контейнер, осуществляют его сборку в обратной последовательности, для чего панели 1 с утолщением 8 вставляют в фигурные пазы 9 с уплотнением 10, расположенным на ребрах жесткости 11. Следующую панель 1 вставляют таким образом, чтобы ее нижняя тыльная сторона вошла в продольную изогнутую грань 7 предыдущей панели, что герметизирует в целом переднюю стенку. Последней на переднюю стенку устанавливают панель, снабженную элементом запирающего механизма 22. Точно так же устанавливают в крышку 3 съемную панель 21 и закрывают крышку запирающим механизмом 22. Далее тягу 15 поднимают вверх по направляю-

щим 19 до тех пор, пока ползун не зафиксирован в верхней точке фиксатором 20, а тяга 15 и упор 12 не займут вертикального примыкающего положения у ребра жесткости 11. Точно так же поступают с тягой на противоположном ребре жесткости. Контейнер подготовлен для транспортировки к месту погрузки. Предлагаемый контейнер для сыпучих грузов отличается простотой конструкции и удобством порционной выгрузки углепродукции индивидуальными потребителями [39].

Для проверки предложенных технических решений и отработки конструкции была изготовлена действующая модель специализированного малотоннажного контейнера, которая в основном подтвердила правильность принятых решений (рисунок 2.5).

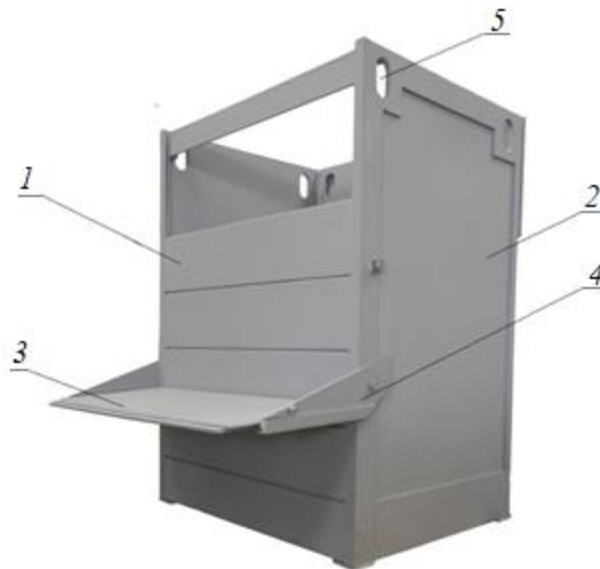


Рисунок 2.5 – Модель малотоннажного специализированного контейнера для сортового угля: 1 – съемные панели передней стенки; 2 – боковая стенка; 3 – половина крышки контейнера, установленная в пазы откидывающейся опоры с образованием ступеньки для отбора сортового угля; 4 – откидывающиеся опоры; 5 – элементы строповки

Предложенные конструкции специализированных контейнеров показывают возможность их создания и эффективного использования на всех этапах технологического процесса загрузки, транспортировки, разгрузки и хранения сортового угля без потерь количества и качества и загрязнения окружающей среды.



## 2.2 Определение номенклатуры параметров специализированного контейнера

Для проектирования специализированного контейнера необходимо выбрать и обосновать его конструктивные и режимные параметры. Комплекс параметров, полученный в результате анализа технологического процесса доставки сортового угля и брикетов в специализированных контейнерах, представлен в виде схемы на примере малотоннажного контейнера (рисунок 2.6).

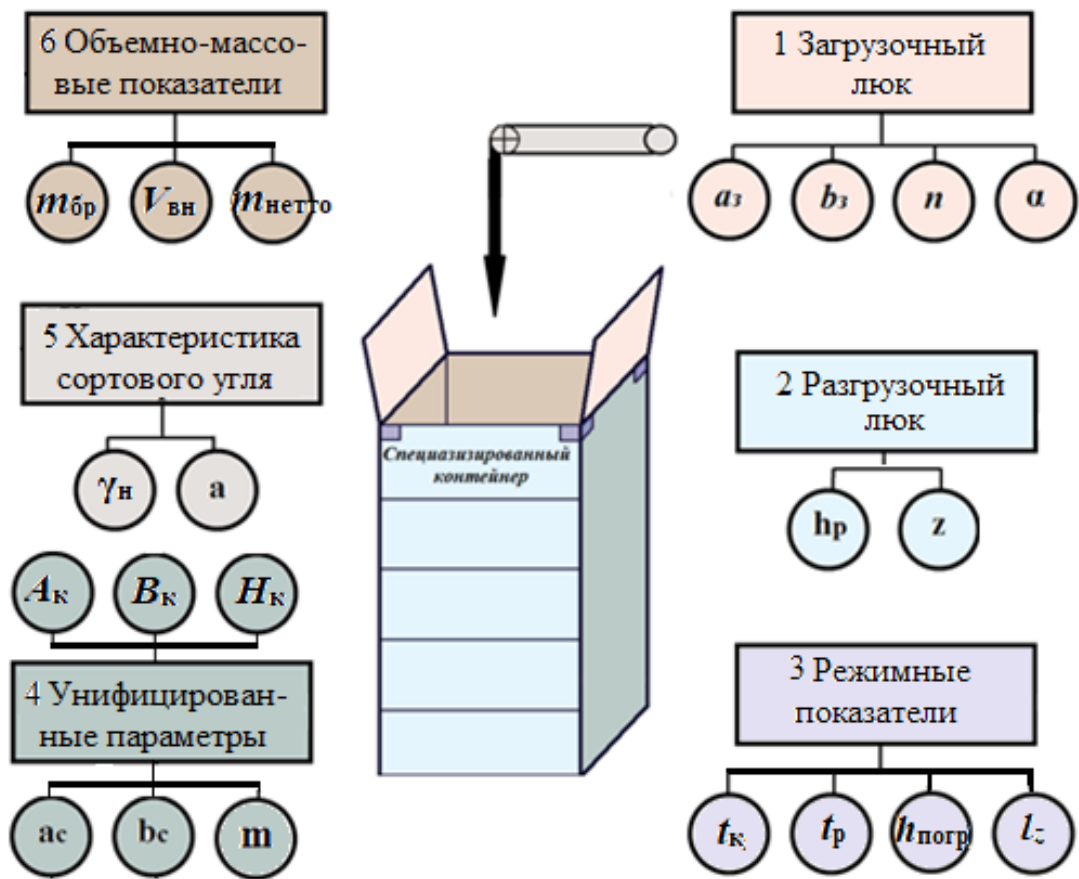


Рисунок 2.6 – Схема параметров специализированного контейнера для доставки углеродных продуктов:  $a_3$ ,  $b_3$  – длина и ширина створки загрузочного люка, м;  $n$  – количество створок, ед.;  $a$  – угол открытия створки загрузочного люка; град;  $h_p$  – высота пластины разгрузочного люка, м;  $z$  – количество составных пластин разгрузочного люка, ед.;  $t_k$ ,  $t_p$  – время загрузки и разгрузки соответственно, ч;  $h_{\text{погр}}$  – высота расположения конвейера погрузки над верхней кромкой контейнера (погрузочная высота);  $l_z$  – расстояние между смежными контейнерами на погрузочной платформе, м;  $A_k$ ,  $B_k$ ,  $H_k$  – соответственно, длина, ширина, высота

специализированного контейнера, м;  $a_c$ ,  $b_c$  – расстояние между рымными узлами по длине и ширине контейнера соответственно, м;  $m$  – количество ярусов установки груженых контейнеров на складе, ед.;  $\gamma_n$  – насыпная плотность углепродукта, т/м<sup>3</sup>;  $a$  – гранулометрический состав;  $m_{бр}$  – максимальная масса брутто контейнера, т;  $m_{нетто}$  – масса нетто, т;  $V_{вн}$  – погрузочный объем, м<sup>3</sup>

Выбор и обоснование параметров специализированного контейнера осуществляется с учетом его типоразмера, конструктивных особенностей, режимных показателей и свойств загружаемого материала при соблюдении требуемых унифицированных параметров.

Рассмотрим представленные на рисунке 2.6 параметры специализированного контейнера по группам.

*Параметры загрузочного люка.* Погрузка угля осуществляется с использованием сил гравитации, поэтому загрузочный люк выполнен сверху и представляет собой модифицированную крышу контейнера – съемную, раздвижную или открывающуюся для обеспечения загрузки [40]. Таким образом, крыша специализированного контейнера может состоять из одной или двух створок с параметрами:  $a_3$  – длина, м, и  $b_3$  – ширина, м, створки крыши;  $\alpha$  – угол, на который створка откидывается при загрузке относительно горизонтальной плоскости, град;  $n$  – количество створок. Значения параметров  $a_3$ ,  $b_3$  определены и ограничены унифицированными габаритами специализированного контейнера – длиной  $A_k$  и шириной  $B_k$ . Угол  $\alpha$  створок загрузочного люка принимает значения от 90 до 270°.

*Параметры разгрузочного люка.* Конструктивные особенности и параметры разгрузочного люка должны обеспечивать удобный отбор разгружаемого угля – порционную разгрузку контейнера. В рассмотренной конструкции разгрузочный люк представляет собой разборную переднюю стенку, состоящую из съемных пластин, с параметрами:  $h_p$ , – высота пластины, м;  $z$  – количество пластин. Выделенные параметры взаимозависимы ( $z = H_k/h_p$ ) и определяются унифицированными габаритными размерами контейнера ( $h_p$

кратна габаритной высоте  $H_k$ ) и способностью выдерживать давление со стороны груза.

*Режимные параметры.* Данные параметры определяются процессом погрузки и дальнейшими этапами эксплуатации специализированного контейнера. К ним относятся:  $t_k, t_p$  – время загрузки и время разгрузки контейнера соответственно, ч;  $h_{\text{погр}}$  – высота расположения конвейера погрузки над плоскостью пола контейнера (погрузочная высота), м;  $l_z$  – расстояние между смежными контейнерами на погрузочной платформе, м;  $m$  – количество ярусов установки груженых контейнеров на складе.

Время загрузки специализированного контейнера  $t_k$  зависит от производительности горного погрузочного комплекса, максимальной грузоподъемности специализированного контейнера, конструктивных особенностей загрузочного люка и характеристики загружаемого продукта.

Время загрузки контейнера прямо пропорционально размеру вмещаемой массы угля и обратно пропорционально производительности перерабатывающего оборудования, ч [40]:

$$t_k = \frac{V_{\text{внi}} \cdot \gamma_n \cdot K_{\text{нап}}}{Q_{\text{об}} \cdot K_{\text{п}}}, \quad (2.1)$$

где  $V_{\text{внi}}$  – внутренний объем контейнера,  $\text{м}^3$ ;  $\gamma_n$  – объемный вес угля,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $K_{\text{нап}}$  – коэффициент наполняемости контейнера,  $K_{\text{нап}}=0,90-0,95$ ;  $Q$  – производительность перерабатывающего оборудования,  $\text{т}/\text{ч}$ ;  $K_{\text{п}}$  – поправочный коэффициент, учитывающий долю сорта на выходе из дробильно-сортировочного комплекса оборудования, его значение принадлежит интервалу от 0,3 до 0,8 в зависимости от вида и параметров добычного и перерабатывающего оборудования.

Для удобства обозначим специализированные контейнеры согласно их типоразмерам, равным размерам соответствующих универсальных контейнеров. Например, КСУ-3,3 – контейнер специализированный угольный, через

дефис укажем максимальную расчетную массу брутто в тоннах. Расчет массы брутто приведен в п. 2.3.

Значения времени загрузки  $t_k$  одного специализированного контейнера в зависимости от его типоразмера и производительности комплекса перерабатывающего оборудования  $Q_{об}$  представлены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Расчетное время погрузки одного КСУ (при  $K_{п} = 0,8$ )

Типоразмер КСУ	Время погрузки КСУ $t_k$ , с, перерабатывающим оборудованием в зависимости от его производительности, $Q_{об}$ , т/ч								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
КСУ-1,55	59,3	29,6	19,8	14,8	11,9	9,9	8,5	7,4	6,6
КСУ-3,3	126,2	63,1	42,1	31,6	25,2	21,0	18,0	15,8	14,0
КСУ-5,7	218,0	109,0	72,7	54,5	43,6	36,3	31,1	27,3	24,2
КСУ-11,3	432,2	216,1	144,1	108,1	86,4	72,0	61,7	54,0	48,0
КСУ-15,6	596,7	298,4	198,9	149,2	119,3	99,5	85,2	74,6	66,3
КСУ-32,1	1227,8	613,9	409,3	307,0	245,6	204,6	175,4	153,5	136,4
КСУ-49	1874,3	937,1	624,8	468,6	374,9	312,4	267,8	234,3	208,3
КСУ-65,6	2509,2	1254,6	836,4	627,3	501,8	418,2	358,5	313,7	278,8

График времени погрузки угля в КСУ в зависимости от его типоразмера и производительности комплекса оборудования  $Q_{об}$  представлен на рисунке 2.7.

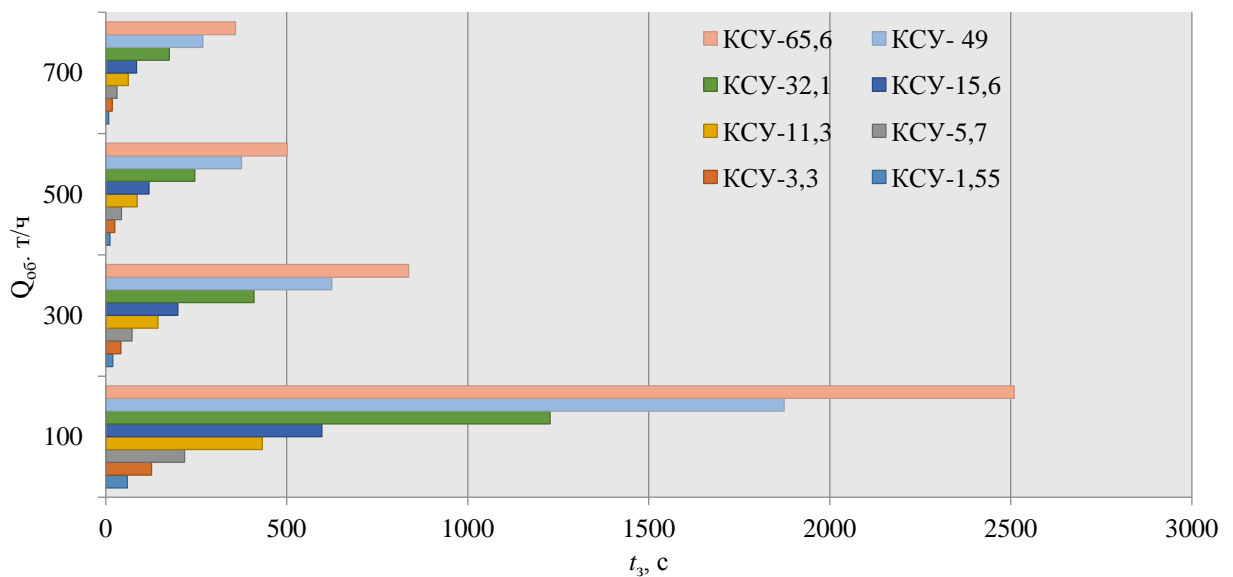


Рисунок 2.7 – Зависимость времени погрузки одного специализированного контейнера от производительности перерабатывающего оборудования

Таким образом, время загрузки определяется преимущественно типоразмером КСУ и производительностью горного погрузочного оборудования.

Разгрузка угля из специализированного контейнера предполагается либо опрокидыванием, либо порционно. При опрокидывании время разгрузки  $t_p$  будет суммироваться со временем открытия створок крыши и строповки контейнера траверсой грузоподъемного оборудования, временем перемещения контейнера к бункеру разгрузки и временем вращения контейнера на траверсе. При порционной разгрузке  $t_p$  будет зависеть от объемов дневного потребления угля потребителем и конструкции разгрузочного люка.

Разгрузка контейнера с платформы ТАТС осуществляется на дневном складе временного хранения. Время разгрузки контейнера определено нормативной документацией и составляет от 114 до 154 с [41].

Расстояние между установленными на грузовой платформе транспортного средства контейнерами  $l_z$  должно быть минимальным для рационального использования площади грузовой платформы и грузоподъемности транспортного средства. Расстояние  $l_z$  определяется размерами створок загрузочного люка  $b_3$  и углом их установки в открытом положении  $\alpha$ :

$$l_z = n \cdot b_3 \cdot \cos(180^\circ - \alpha) \quad (2.2)$$

Как видно из формулы (2.2),  $l_z \rightarrow 0$ , когда  $\alpha \rightarrow 90^\circ$ . На практике угол  $\alpha$  двустворчатого загрузочного люка не может быть равен  $90^\circ$ , т. к. такому положению створок мешает толщина стенок и выступы рымных узлов за габариты контейнера (рисунок 2.8). При исполнении загрузочного люка с одной откидной створкой за счет увеличения  $b_3$  возрастает погрузочная высота  $h_{\text{погр}}$ .

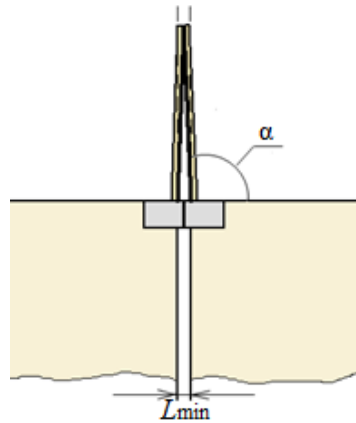


Рисунок 2.8 – Положение створок при минимальном угле открытия

Для определения  $h_{\text{погр}}$  необходимо знать минимально допустимую высоту расположения загрузочного горного оборудования над уровнем плоскости загрузочной платформы и высоту контейнера при загрузке  $h_3$ , которая рассчитывается по формуле

$$h_3 = H_k + b_3 \cdot \sin(180 - \alpha), \quad (2.3)$$

где  $H_k$  – габаритная высота контейнера, м.

При исполнении створок загрузочного люка в виде сдвижных ламелей (см. рисунок 2.1) увеличивается толщина стенок, так как сдвижные створки убираются при открытии загрузочного люка на боковые стенки. В варианте скатывания створок крыши в рулоны (см. рисунок 2.2) уменьшается ширина погрузочного люка. Однако при таком конструктивном исполнении погрузочная высота  $h_{\text{погр}}$  минимальна, так как высота контейнера, подготовленного для загрузки,  $h_3 = H_k$ .

*Унифицированные параметры.* Это основная группа показателей, значения которой являются обязательными, установленными и закрепленными государственными стандартами [42, 43]. К ним относятся геометрические размеры:  $A_k$  – длина,  $B_k$  – ширина,  $H_k$  – высота контейнера, м;  $a_{\text{стр}}$ ,  $b_{\text{стр}}$  – расстояние между строповочными элементами по длине и ширине контейнера

соответственно,  $m$ ;  $m$  – количество ярусов установки контейнеров при складировании.

Специализированные контейнеры делятся на типоразмерные группы аналогично универсальным контейнерам [32, 43].

*Характеристика загружаемого угля.* Как известно, сортовой уголь, аналогично любой сыпучей массе, характеризуется рядом параметров [44], основным из которых является насыпная плотность.

Насыпная плотность угля – относительная величина, которая зависит от горно-геологических условий добычи угля, влажности, гранулометрического состава и изменяется в широких пределах [44].

Насыпную плотность можно рассчитать для каждого класса сортового угля по формуле

$$\gamma_n = \gamma_0(1 - m_0) \quad (2.4)$$

где  $\gamma_0$  – действительная плотность,  $\text{т/м}^3$ ;  $m_0$  – порозность. Действительная плотность углей изменяется в пределах от 1,0 до 1,7  $\text{т/м}^3$  [44].

Порозность  $m_0$  зависит от гранулометрического состава и находится по выражению [44].

$$m_0 = 0,46/S^n, \quad (2.5)$$

где  $n$  – показатель степени, равный 0,14;  $S$  – гранулометрический параметр, определяемый величиной соотношения средневзвешенных диаметров самых крупного  $d_k$  и мелкого кусков  $d_m$ :

$$S = d_k/d_m \quad (2.6)$$

Применим методику для расчета насыпной плотности сортовых углей (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Расчет насыпной плотности сортовых углей  $\gamma_H$ , т/м<sup>3</sup>

Класс	Условное обозначение	Пределы крупности кусков, мм		S	m <sub>0</sub>	$\gamma_H$	
		нижний	верхний			$\gamma = 1$	$\gamma = 1,7$
Плитный	П	100	250	2,500	0,405	0,595	1,012
Крупный (кулак)	К	50	100	2,000	0,417	0,583	0,990
Орех	О	25	50	2,000	0,417	0,583	0,990
Мелкий	М	13	25	1,923	0,420	0,580	0,986
Семечко	С	6	13	2,167	0,413	0,587	0,998
Штыб	Ш	0	6	2,167	0,413	0,587	0,998

Из таблицы 2.2 можно определить, что расчетное значение насыпной плотности для сортового угля лежит в пределах от 0,587 до 1,012 т/м<sup>3</sup>. Среднее значение расчетной насыпной плотности составляет 0,584 т/м<sup>3</sup> при  $\gamma = 1$  и 0,99 т/м<sup>3</sup> при  $\gamma = 1,7$ . Максимальное отклонение каждого частного значения от среднего менее 1 %, т. е. находится в пределах допустимых 5 %, что позволяет убедиться в том, что насыпная плотность угля не зависит от его класса. Насыпная плотность в большей степени обуславливается типом и маркой угля.

Таким образом, определены и обоснованы выделенные параметры КСУ, в частности его конструктивные особенности и соответствие нормативной документации, характеристикам технологического процесса и транспортной характеристике угля, значение насыпной плотности которой приводит к увеличению максимальной загрузки КСУ и нагрузок на его силовой каркас. Конструкции рассмотренных специализированных контейнеров и составные элементы должны быть рассчитаны на нагрузки, обеспечивающие их безопасную эксплуатацию при перевозке сортовых углей и брикетов. Адаптация конструкций специализированных контейнеров к перевозке сортовых углей и брикетов обусловит изменение массы КСУ.



### 2.3 Нахождение массы специализированных контейнеров на основании прочностных расчетов

К объемно-массовым параметрам относят максимальную массу брутто контейнера  $m_{бр}$ , т; массу нетто  $m_{нетто}$ , т, и внутренний объем  $V_{вн}$ , м<sup>3</sup>.

Максимальная масса брутто  $m_{бр}$  равна сумме собственной массы контейнера и допустимой массы груза, которая может быть загружена в контейнер. Собственная масса контейнера – это масса порожнего контейнера и его постоянного оборудования в рабочем состоянии.

На основании данных таблицы 2.2 определим  $m_{нетто}$  специализированных контейнеров с размерами, соответствующими универсальным (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Масса нетто специализированных контейнеров для сортового угля ( $\gamma = 1,7$ )

Типоразмер КСУ*	Внутренний объем, м <sup>3</sup>	Масса нетто, $m_{нетто}$ , т/насыпная плотность $\gamma_n$ , т/м <sup>3</sup>		
		min / 0,58	средняя / 0,8	max / 1
КСУ-65,6	61,3	35,6	48,8	62,0
КСУ-49	45,7	26,5	36,4	46,2
КСУ-32,1	30	17,4	23,9	30,4
КСУ-15,6	14,3	8,3	11,4	14,5
КСУ-11,3	10,4	6,0	8,3	10,5
КСУ-5,7	5,1	3,0	4,1	5,2
КСУ-3,3	3,7	1,7	2,4	3,0
КСУ-1,55	1,9	0,8	1,1	1,4

\*Типоразмеры КСУ соответствуют типоразмерам универсальных контейнеров [42].

Масса нетто специализированного контейнера превышает грузоподъемность универсального контейнера с соответствующими габаритными размерами.

Расчет массы тары специализированных контейнеров требует установления номенклатуры основных элементов его конструкции, геометрических и массовых параметров каждого элемента. Для выбора конкретного элемента с

определенными массовыми параметрами необходимо знать нагрузки, которые будут на него действовать.

Грузовые контейнеры испытывают нагрузку, вызванную массой груза – максимальной загрузкой контейнера и внешними силами. Нагрузки на контейнер регламентированы в нормативной документации [45–46].

В связи с изменениями конструкции и массы нетто специализированных контейнеров изменится значение нагрузок на силовой каркас. Силовой каркас КСУ представляет собой рамную конструкцию, которая включает в себя в качестве основы (рисунок 2.9):

- нижний пояс, выполненный нижними торцевыми и продольными балками из профиля в виде швеллера. При необходимости для усиления конструкции могут быть добавлены поперечные балки;
- верхний пояс, состоящий также из четырех балок из профиля в виде швеллера;
- вертикальные связи нижнего и верхнего поясов в виде стоек из профиля неравнополочного гнутого швеллера [47].

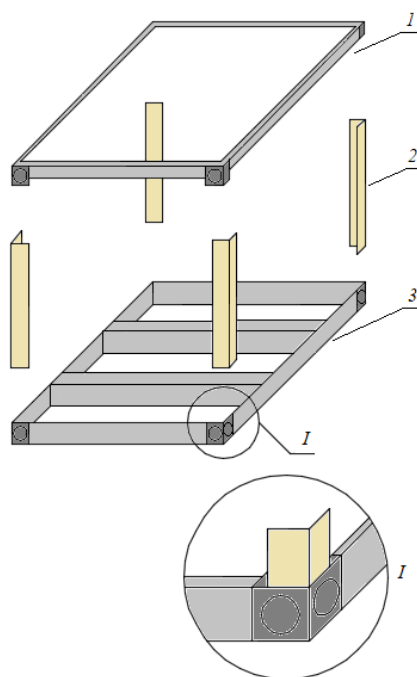


Рисунок 2.9 – Конструкция силового каркаса КСУ: 1 – верхний пояс; 2 – вертикальные связи; 3 – нижний пояс, усиленный промежуточными поперечными балками; I – элемент строповки

Ниже выделены основные нагрузки на стойки, нижний и верхний пояса, возникающие при штабелировании, подъеме за четыре угловых строповочных элемента и нагрузки на стенки при движении транспортного средства [46].

При штабелировании КСУ на несущую конструкцию нижнего контейнера будут действовать силы  $P_1$  (верхняя нагрузка на стойку) и  $P_2$  (нижняя нагрузка на стойку). Конструкция пола испытывает нагрузку  $P_3$  (рисунок 2.10).

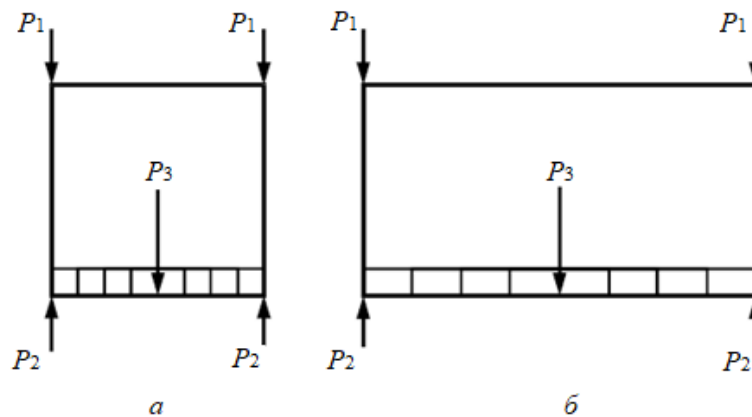


Рисунок 2.10 – Схема воздействия сил на КСУ при штабелировании:

$a$  – вид с торца;  $b$  – вид сбоку

Силы  $P_1$  и  $P_3$  вычисляются по формулам:

$$P_1 = \frac{m_{\text{оп}} \cdot z \cdot 1,8g}{4}, \quad (2.7)$$

где  $z$  – количество ярусов установки КСУ,  $z = 6$ ;  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$

$$P_2 = P_1 + \frac{1,8m_{\text{оп}} \cdot g}{4}, \quad (2.8)$$

$$P_3 = 1,8m_{\text{оп}} - m_0, \quad (2.9)$$

В результате подъема КСУ за четыре верхних строповочных элемента на несущую конструкцию действует сила  $P_4$ , максимальная сила  $P_5$  направлена на пол контейнера, (рисунок 2.11):

$$P_4 = \frac{m_{\text{бр}} \cdot g}{2}, \quad (2.10)$$

$$P_5 = 2m_{\text{бр}} - m_0. \quad (2.11)$$

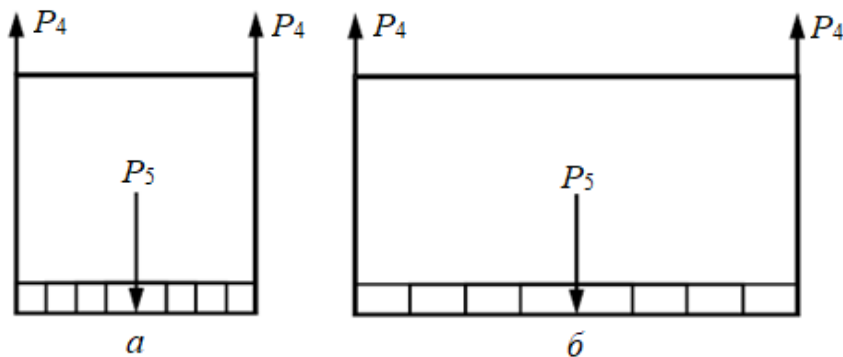


Рисунок 2.11 – Схема воздействия сил на КСУ при подъеме за четыре верхних строповочных элемента: *a* – вид с торца; *б* – вид сбоку

В связи с увеличением максимальной загрузки КСУ изменяются нагрузки на боковые  $P_6$  и на торцевые стенки  $P_7$  от массы угля, находящегося в контейнере, значение которых с учетом ускорений определяется по следующим формулам (рисунок 2.12)

$$P_6 = 0,6m_{\text{нетто}} \cdot g, \quad (2.12)$$

$$P_7 = 0,4m_{\text{нетто}} \cdot g, \quad (2.13)$$

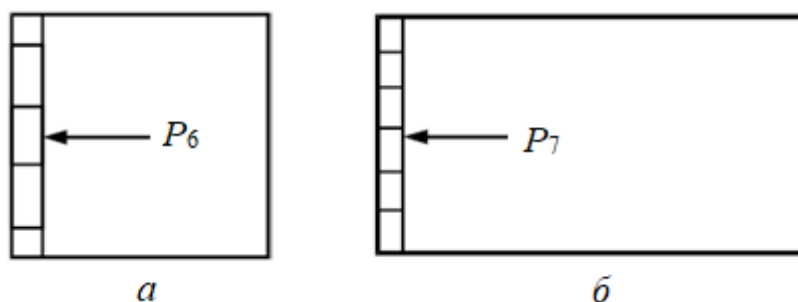


Рисунок 2.12 – Прочность торцевых (а) и боковых (б) стенок

Значения представленных выше нагрузок на КСУ различных типоразмеров указаны в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Значения нагрузок  $P$ , действующих на КСУ, кН

Типоразмер КСУ	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_7$
КСУ-65,6	1428,84	1714,61	113,14	317,52	126,10	360,44	240,30
КСУ-49	1067,22	1280,66	84,42	237,16	94,10	268,72	179,14
КСУ-32,1	696,78	836,14	55,28	154,84	61,60	176,40	117,60
КСУ-15,6	337,37	404,84	26,54	74,97	29,60	84,08	56,06
КСУ-11,3	244,76	293,71	19,24	54,39	21,46	60,92	40,61
КСУ-5,7	123,48	148,18	9,56	27,44	10,68	29,87	19,91
КСУ-3,3	88,20	105,84	6,86	19,60	7,66	21,52	14,35
КСУ-1,55	44,10	52,92	3,43	9,80	3,83	10,76	7,17

При выборе элементов силового каркаса КСУ необходимо учитывать его характеристики и способность выдерживать представленные в таблице 2.4 нагрузки.

В первую очередь проводится расчет на устойчивость вертикальных элементов – стоек контейнера, именно на них приходится большая нагрузка при штабелировании и главным образом при неустойчивости стоек деформируется вся конструкция контейнера. Расчет осуществляется по следующей методике [48].

На первом этапе определяется гибкость стойки  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}}, \quad (2.14)$$

где  $\mu$  – коэффициент приведения длины,  $\mu = 1$  для стойки, жестко закрепленной с двух сторон;  $l$  – длина стойки (высота контейнера), м;  $i_{\min}$  – наименьший радиус сечения, м, справочная величина, определяемая для сечения стойки [48].

По таблице 7 приложения [48] находят значение коэффициента уменьшения основного напряжения  $\varphi$  в зависимости от материала. Методом интерполяции находится  $\varphi$  для рассчитанного  $\lambda$ .

Нормальное напряжение  $\sigma$ , кПа, будет равно

$$\sigma = \frac{P}{\varphi \cdot F}, \quad (2.15)$$

где  $P$  – сосредоточенная нагрузка, кН (см. таблицу 2.4);  $F$  – площадь поперечного сечения, м<sup>2</sup>.

Удовлетворение условия устойчивости сжатой стойки:  $\sigma \leq [\sigma]^-$ , где  $[\sigma]^-$  – допустимое напряжение на простое сжатие,  $[\sigma]^- = 160$  МПа [49], указывает на возможность ее использования в качестве конструктивного элемента КСУ.

При этом необходимо, чтобы отклонение составляло  $\pm 5\%$ :

$$-5\% \leq \frac{[\sigma]^- - \sigma}{[\sigma]^-} \cdot 100 \leq 5\% . \quad (2.16)$$

В конструкции контейнера допускаются нагрузки значительно меньше критических, при которых прямолинейная форма оси стойки становится неустойчивой и стойка приходит к новой криволинейной форме равновесия, при которой наблюдается резкое нарастание прогибов и напряжений в стойке. Значение критической силы  $P_{кр}$  при  $\lambda > \lambda_{пред}$ ,  $\lambda_{пред} = 100$  для стали, определяется по формуле

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{(\mu \cdot l)^2}, \quad (2.17)$$

где  $E$  – модуль продольной упругости, для стали  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа;  $I_{min}$  – наименьший из главных центральных моментов инерции [47], [50].

Коэффициент запаса устойчивости рассчитывается по формуле

$$n_y = \frac{P_{кр}}{P}, \quad (2.18)$$

Для стальной стойки  $n_y = 1,5–3,0$ .

Значение критической нагрузки при  $\lambda < \lambda_{пред}$  определяется по формуле Ф.

С. Ясинского [50]:

$$P_{кр} = F(a - b \cdot \lambda), \quad (2.19)$$

где  $a$  и  $b$  – числовые коэффициенты, имеющие размерность напряжения, для стали  $a = 310$  МПа,  $b = 1,14$  МПа.

Проверка на устойчивость приводит к выбору определенного типоразмера нормированного элемента стойки. Предпочтительно в качестве стойки использовать гнутые профили в виде швеллера, так как они при достаточной гибкости, прочности и жесткости имеют минимальную массу по сравнению с литыми швеллерами и уголками. Поэтому в первую очередь идет подбор элементов из гнутого профиля.

После проверки на устойчивость необходимо убедиться, что выбранная стойка выдержит нагрузки на сжатие: по формуле рассчитывается значение напряжения на сжатие:

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{4F}. \quad (2.20)$$

Затем проверяется выполнение условия  $\sigma_{сж} \leq [\sigma]$ .

Использование гофрированных стенок позволяет распределить на них часть нагрузки, поэтому значение  $P$ , кН (см. таблицу 2.4) не в полной мере идет на стойки. Нагрузка, которую принимают на себя гофрированные стенки, рассчитывается по формуле 2.17.

Толщину гофрированного листа вычисляют следующим образом:

$$\delta = \frac{P \cdot H \cdot n_0^3}{16B \cdot E}, \quad (2.22)$$

где  $H_k$ ,  $B_k$  – высота и ширина контейнера соответственно;  $n_0$  – допустимый прогиб.

Согласно расчетам силового каркаса контейнера и его стенок определены варианты использования в конструкции КСУ основных элементов (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Элементы конструкции КСУ, определенные в результате прочностного расчета

Типоразмер КСУ	Площадь поперечного сечения $F$ , см <sup>2</sup>	Наименьший радиус сечения $i_{min}$ , см	Расчетное напряжение $\sigma$ , МПа	Стойки, мм (рис. 2.13)			Толщина стенки, мм
				$b$	$h$	$s$	
КСУ-65,6	84,2	4,12	162,47	120	105	8	3
КСУ-49	71,1	3,49	161,4	120	105	8	3
КСУ-32,1	46,5	2,97	164,3	120	105	8	3
КСУ-15,6	23,47	3,35	154,89	120	105	8	2
КСУ-11,3	16,07	5,18	159,65	100	160	4	2
КСУ-5,7	8,87	2,59	154,36	80	80	4	1,5
КСУ-3,3	6,47	1,92	154,21	60	60	4	1,5
КСУ-1,55	3,5	1,28	152,17	50	40	3	1,5

Как видно из таблицы 2.5, для каждого типоразмера КСУ подобраны конструктивные элементы силового каркаса с параметрами, при которых их



расчетное напряжение  $\sigma$  имеет отклонение от допустимого напряжения  $[\sigma]$  не более 5 % (см. формулу 2.16).

На рисунке 2.13 представлены варианты исполнения стоек из профилей различной формы. Стойки КСУ-31,6 и большего типоразмера из гнутого профиля 120×105×8 (рисунок 2.13, *а*) могут быть усилены посредством использования гнутого профиля в виде неравнополого швеллера (рисунок 2.13, *б*) или добавления пластины и преобразования гнутого профиля в коробчатое сечение. При этом увеличивается площадь поперечного сечения,  $F$  (рисунок 2.13, *в*). Возможно исполнение стоек КСУ из литых элементов: швеллеров (рисунок 2.13, *г*), уголков (рисунок 2.13, *д*), однако это приведет к увеличению массы конструкции до 1,5 раз.

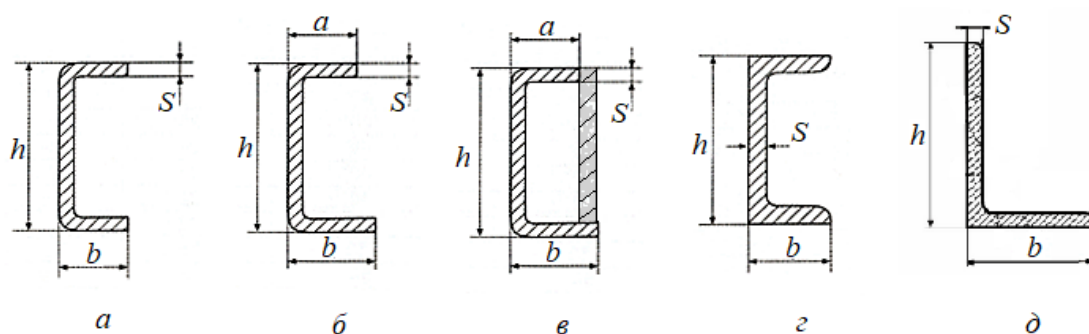


Рисунок 2.13 – Формы поперечного сечения стойки КСУ: *а* – гнутый профиль, равнополочный швеллер; *б* – гнутый профиль, неравнополочный швеллер; *в* – коробчатое сечение; *г* – прокатный швеллер; *д* – прокатный неравнополый уголок

Пол КСУ выполняется из 3-миллиметрового рифленого листа. Для усиления могут быть добавлены поперечные стальные балки. Количество балок определяется в зависимости от геометрических размеров пола. Их количество было выявлено в результате расчетов по методике, приведенной в нормативной документации [49]. Результаты вычислений представлены в таблицах 2.6–2.8.

Для определения массы тары и массы брутто специализированных контейнеров составлены таблицы их основных элементов. Масса брутто является суммой массы тары и массы угля – нетто. В таблице 2.6 приведены рас-

четные значения массы тары для малотоннажных специализированных контейнеров с разборной передней стенкой (см. рисунок 2.4).

Таблица 2.6 – Определение  $m_0$  и  $m_{бр}$ , кг, малотоннажного КСУ с разборной передней стенкой

Элементы конструкции	Количество элементов	КСУ-1,55	КСУ-3,3
Рымный узел	4	10,0	12,0
Верхняя торцевая балка	2	11,3	17,6
Нижняя торцевая балка	2	11,3	17,6
Верхняя продольная балка	2	9,8	10,3
Нижняя продольная балка	2	9,8	10,3
Задняя боковая стойка	2	5,6	11,2
Передняя боковая стойка с пазами	2	6,4	12,8
Гофрированная задняя стенка	1	15,5	48,6
Гофрированная боковая стенка	2	27,0	56,7
Пластина передней стенки	4	13,7	42,8
Створка крыши закрепленная	1	9,4	14,7
Створка крыши съемная	1	4,7	7,3
Пол	1	13,5	22,1
Элементы откидывающихся упоров	1	10,0	15,0
Итого масса тары		144,9	280,1
Масса нетто		1900	3700
Масса брутто		2047,9	4019,1

Конструкция представленных малотоннажных КСУ адаптирована под максимальную загрузку. Технические характеристики основных элементов и материалов, из которых они изготовлены, соответствуют данным, полученным в результате прочностного расчета и анализа нормативной документации [45, 46]. Несущие элементы конструкции изготовлены из холодногнутых профилей, стенки – из гофрированного листа толщиной 1,5 мм (см. таблицу 2.5), крыша – из тонколистового прокатного листа толщиной 1,5 мм, пол – из рифленого листа толщиной 3 мм.

Для специализированных контейнеров с массой нетто от 5 до 10 т рассчитана масса контейнера (таблица 2.7), имеющего конструкцию, представленную на рис. 2.3.

Таблица 2.7 – Определение  $m_0$  и  $m_{бр}$ , кг, среднетоннажного КСУ

Элементы конструкции	Количество элементов	КСУ-5,7	КСУ-11,3
Строповочный элемент	4	15,0	20,0
Верхняя торцевая балка	2	38,0	38,0
Нижняя торцевая балка	2	38,0	38,0
Верхняя продольная балка	2	23,9	47,7
Нижняя продольная балка	2	23,9	47,7
Задняя боковая стойка	2	33,9	61,0
Передняя боковая стойка	2	39,04	62,4
Гофрированная торцевая стенка	2	136,7	136,7
Гофрированная боковая стенка	2	85,9	171,7
Створка крыши	2	32,7	65,4
Механизм открытия створок (рычаг, пружины, шарниры)	1	10,0	15,0
Пол	1	37,7	65,4
Итого масса тары		500,0	769,06
Масса нетто		5100	10400
Масса брутто		5600	11169,0

Расчет массы тары крупнотоннажных контейнеров (таблица 2.8) с массой нетто более 10 т произведен по конструкции (см. рисунок 2.1).

Таблица 2.8 – Определение  $m_0$  и  $m_{бр}$ , кг, крупнотоннажного КСУ

Элементы конструкции	Количество элементов	КСУ-15,6	КСУ-32,1	КСУ-49	КСУ-65,6
Строповочный элемент	4	15,0	20,0	25,0	30,0
Верхняя торцевая балка	2	53,8	109,0	164,3	219,5
Нижняя торцевая балка	2	53,8	109,0	164,3	219,5
Верхняя продольная балка	2	43,9	43,9	43,9	43,9
Нижняя продольная балка	2	43,9	43,9	43,9	43,9
Задняя боковая стойка	2	89,7	91,2	94,1	95,3
Передняя боковая стойка	2	89,7	91,2	94,1	95,3
Гофрированная торцевая стенка	2	196,9	398,8	600,7	852,9
Гофрированная боковая стенка	2	160,5	160,5	160,5	170,6
Крыша, состоящая из ламелий	1	85,3	172,8	260,3	347,8
Механизм сдвига створок (тросы, рейки, скобы, шестерня, рукоятка, блок)	1	30,0	35,0	40,0	45,0
Пол	1	98,4	172,8	300,3	347,8

Элементы конструкции	Количество элементов	КСУ-15,6	КСУ-32,1	КСУ-49	КСУ-65,6
Поперечная балка основания	5-10	134,6	272,6	821,3	1097,3
Итого масса тары		1080,6	1715,8	2777,5	3583,7
Масса нетто		14300	30000	45700	61300
Масса брутто		15380,6	31715,8	48477,5	64883,7

Сравнение массогабаритных характеристик универсальных и специализированных КСУ контейнеров представлено в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Массогабаритные характеристики универсальных и специализированных КСУ контейнеров

Габаритные размеры контейнера, м			Контейнер			
			Универсальный		Специализированный	
Длина $A_k$	Ширина $B_k$	Высота $H_k$	Обозначение	Масса тары, т	Обозначение	Масса тары, т
12,192	2,438	2,438	1А	3,95	КСУ-65,6	3,58
9,125	2,438	2,438	1В	3,05	КСУ- 49	2,78
6,058	2,438	2,438	1С	2,1	КСУ-32,1	1,72
2,991	2,438	2,438	1D	1,75	КСУ-15,6	1,08
2,110	2,650	2,400	УУК-5	0,96	КСУ-11,3	0,77
2,110	1,325	2,400	УУК-3	0,55	КСУ-5,7	0,5
1,800	1,050	2,000	АУК-1,25	0,3	КСУ-3,3	0,28
1,150	1,000	1,700	АУК-0,625	0,2	КСУ-1,55	0,145

Как видно из таблицы 2.9, масса брутто КСУ, соответствующих по размерам универсальным, значительно увеличивается, масса тары – уменьшается.

На рисунке 2.14 показаны значения коэффициента тары  $K_T = m_0/m_{бр}$ , оценивающего металлоемкость конструкции грузового контейнера: чем ниже  $K_T$ , тем выше уровень его полезной загрузки [51].

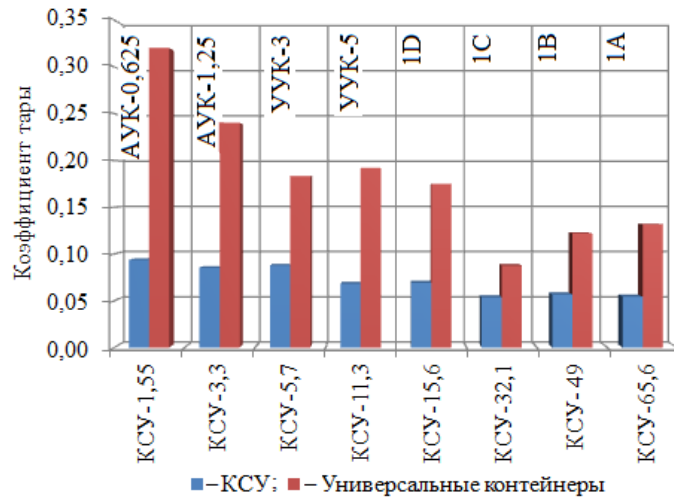


Рисунок 2.14 – Коэффициент тары КСУ и универсальных контейнеров

Как видно из диаграммы, представленной на рисунке 2.14, коэффициент тары КСУ ниже коэффициента тары универсальных контейнеров по конструкциям различных типоразмеров на 17–68 %, что свидетельствует об эффективности предлагаемых конструкций КСУ и высоком уровне их полезной загрузки. Разброс значений объясняется особенностью конструктивного исполнения малотоннажных КСУ, у которых наблюдается максимально низкая металлоемкость, и недостаточной линейкой стандартизированных профилей, которая не позволяет осуществить более точный выбор конструктивного элемента по расчетным параметрам.

## Выводы по главе 2

1. Рассмотрены и предложены новые конструкции специализированных контейнеров КСУ, адаптированные к их использованию на всех этапах технологического процесса, начиная от загрузки сортовым углем в добычном забое разреза, перевозки различными видами транспорта и заканчивая хранением и разгрузкой у конечного потребителя.

2. Определена номенклатура параметров специализированных контейнеров для перевозки сортового угля, среди которых рассмотрены размеры

загрузочного и разгрузочного люков, режимные и унифицированные параметры, характеристика загружаемого материала и объемно-массовые показатели.

3. Проведены прочностные расчеты, на базе которых установлены основные параметры конструктивных элементов специализированных контейнеров. Для определения массы тары КСУ выполнены прочностные расчеты и выбраны параметры его конструктивных элементов. Конструкция КСУ обладает меньшей металлоемкостью по сравнению с конструкцией универсальных контейнеров,  $K_T$  КСУ в среднем снижается на 17–68 %. Рассчитанные массогабаритные параметры КСУ в дальнейшем определяют грузоподъемность и параметры грузовой платформы ТАТС при доставке сортового угля на дневную поверхность.

### **3 ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ВЫВОЗКИ СОРТОВОГО УГЛЯ ИЗ ЗАБОЯ РАЗРЕЗА**

В цикличной технологии добычи угля, где вывозка полезного ископаемого производится карьерными автосамосвалами, предлагается отгружать полученный в забое сортовой уголь в специализированные контейнеры, установленные на технологическом автотранспортном средстве для вывозки их из забоя на склад, находящийся на дневной поверхности.

Параметры ТАТС должны обеспечивать выполнение следующих требований:

– конструктивную адаптацию к условиям эксплуатации. Для карьерного автотранспорта характерны небольшие расстояния перевозки (от 1 до 7 км), движение по дорогам со сложно переменным профилем и большим числом крутых поворотов, по временным дорогам с плохим покрытием. Продольный профиль карьерных дорог представляет собой чередование подъемов и спусков разной величины и длины, для преодоления которых должны быть обеспечены достаточная скорость и необходимое тормозное усилие. Предельно-допустимые параметры внутрикарьерных дорог и их отдельных элементов принимают, руководствуясь требованиями действующих СНиП. Поперечный уклон проезжей части двухскатных дорог, выполняемый в сторону борта карьера, равен 10–40 ‰, односкатных (вираж) внутрь кривой – 20–60 ‰. Продольный профиль дорог для современных автосамосвалов достигает 120 ‰ [52, 53];

– эксплуатацию в стесненных условиях. Радиус поворота ТАТС должен соответствовать размерам рабочей площадки и радиусам кривых карьерной дороги. Кроме того часть заходки занята комплексом перерабатывающего оборудования для получения сортового угля, поэтому возможность маневров транспортного средства на погрузку и развороты должна быть обеспечена с учетом данного факта;

– конструктивную приспособленность ТАТС к перевозке и погрузке специализированных контейнеров разных типоразмеров с сортовым углем – наличие грузовой платформы, приспособлений для крепления контейнеров, ограниченная высота платформы ТАТС;

– грузоподъемность ТАТС, коррелирующую с производительностью комплекса перерабатывающего оборудования для получения сортового угля [54].

### **3.1 Выбор номенклатуры параметров технологического автотранспортного средства**

С целью определения параметров ТАТС, обеспечивающих возможность его использования для вывозки высококачественной углепродукции из забоя до дневной поверхности, проведем анализ исходных факторов.

Обоснование параметров специализированного автотранспортного средства должно осуществляться с учетом его эксплуатации, при этом влияющие факторы разделены на следующие группы (рисунок 3.1) [55]:

1. Производительность горнотранспортного оборудования. От производительности комплекса перерабатывающего оборудования  $Q_{об}$ , соответственно и от размера спроса на сортовой уголь  $C$ , зависит номинальная грузоподъемность  $q_{тс}$ , которая является одним из основных параметров. Помимо этого на грузоподъемность влияет объемно-массовый показатель специализированного контейнера  $m_{бр}$ , установленного на платформу транспортного средства. В дальнейшем расчет остальных параметров ведется так, чтобы обеспечить требуемую грузоподъемность  $q_{тс}$ .

2. Параметры специализированных контейнеров. Помимо объемно-массовых показателей необходимо знать конструктивные особенности и габаритные размеры специализированных контейнеров. Внешние габариты контейнера ( $A_k, B_k, H_k$ ) и особенности его конструкции (загрузочный, разгрузочный люки, внешнее оборудование, выходящее за габариты контейнера)



являются исходными данными при выборе оптимального варианта расстановки контейнеров на грузовой платформе (количество контейнеров по длине платформы  $z_a$ , количество контейнеров по ширине платформы  $z_b$ ) и определяют при заданной грузоподъемности  $q_{тс}$  габаритные размеры платформы ( $a_{п}$ ,  $b_{п}$ ,  $h_{п}$ ). Высота контейнера  $H_{к}$ , помимо всего прочего, взаимосвязана с техническими характеристиками загрузочного элемента комплекса оборудования.

3. Горнотехнические условия разработки. Ширина заходки  $A$  и ширина рабочей площадки  $Ш_{р.п}$  определяют минимальный радиус поворота транспортного средства  $R$ , который, в свою очередь, зависит от конструктивных параметров шасси самого автомобиля – его базы  $L_{тс}$ , длины  $A_{тс}$ , ширины  $B_{тс}$ . Минимальный радиус поворота транспортного средства  $R$  также должен соотноситься с радиусом кривизны дорог  $R_k$ . Типы забоя и заходки обуславливают возможность маневрирования транспортного средства при заданных конструктивных параметрах.

Помимо выделенных групп исходных факторов, напрямую влияющих на параметры ТАТС, необходимо определить тип его конструктивного исполнения. По характеру использования технологический автомобильный транспорт для транспортировки специализированных контейнеров с сортовым углем можно разделить на две группы – одиночные автомобили и автопоезда.

Итак, основными определяемыми параметрами ТАТС являются (рисунок 3.1):

- номинальная грузоподъемность транспортного средства  $q_{тс}$ , т;
- габариты грузовой платформы (длина  $a_{п}$ , м; ширина  $b_{п}$ , м; высота  $h_{п}$ , м);
- габариты ТАТС (длина  $a_{тс}$ , м; ширина  $b_{тс}$ , м; высота  $h_{тс}$ , м);
- минимальный радиус поворота  $R_{min}$ , м;
- мощность двигателя  $N$ , кВт.

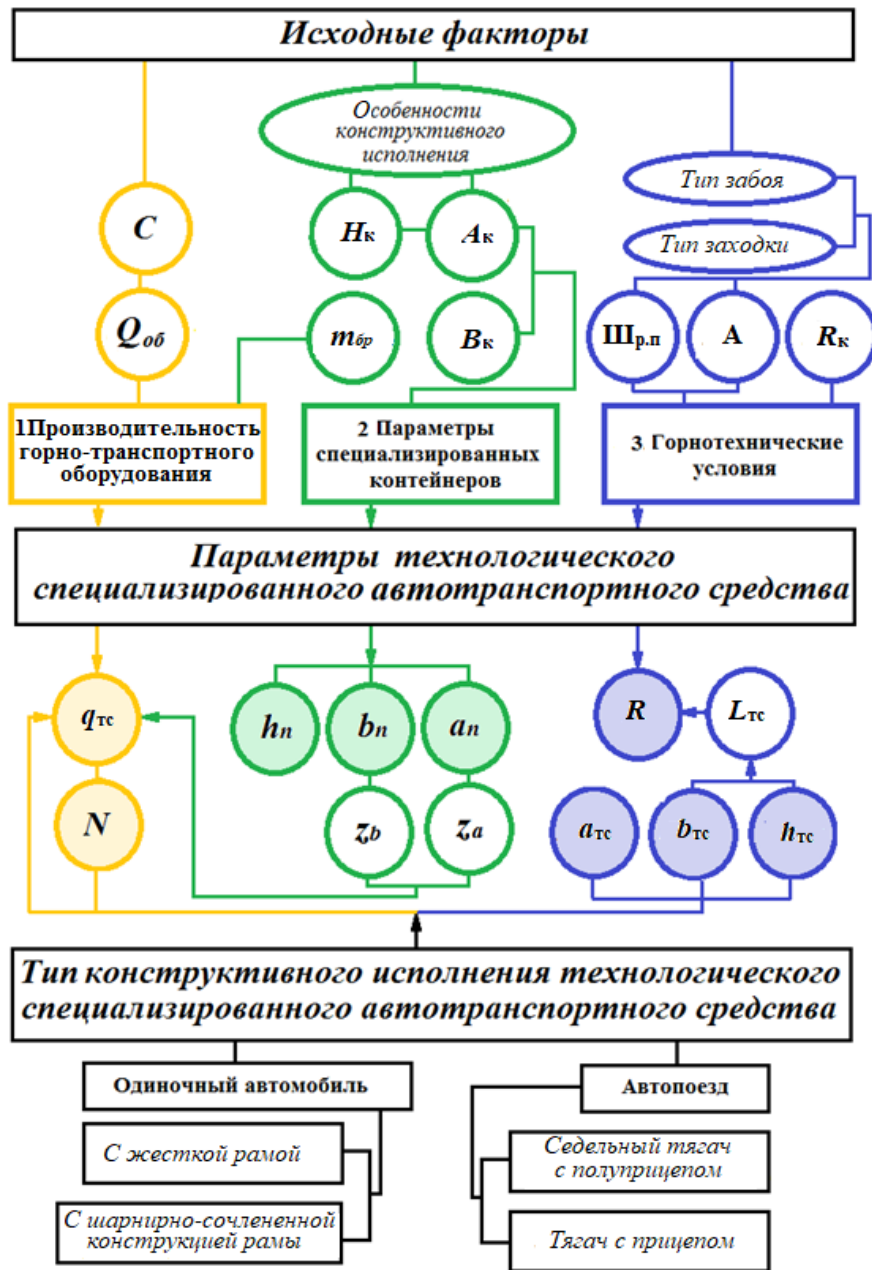


Рисунок 3.1 – Влияние исходных факторов на параметры специализированного транспортного средства:  $C$  – размер спроса;  $Q_{об}$  – производительность комплекса перерабатывающего оборудования;  $A_k$ ,  $B_k$ ,  $H_k$  – соответственно, длина, ширина и высота контейнера;  $m_{бр}$  – масса брутто контейнера;  $A$  – ширина заходки;  $Ш_{р.п}$  – ширина рабочей площадки;  $R_k$  – радиус кривизны дорог;  $q_{тс}$  – номинальная грузоподъемность ТАТС;  $N$  – мощность двигателя;  $a_n$ ,  $b_n$ ,  $h_n$  – соответственно, длина, ширина, высота погрузочной платформы ТАТС;  $z_a$  – количество контейнеров по длине платформы,  $z_b$  – количество контейнеров по ширине платформы;  $R$  – минимальный радиус поворота ТАТС;  $L_{тс}$  – база;  $a_{тс}$ ,  $b_{тс}$ ,  $h_{тс}$  – соответственно, длина, ширина и высота ТАТС

### 3.2 Определение грузоподъемности технологического автотранспортного средства

Грузоподъемность является одним из основных факторов определения конструктивного исполнения, габаритных размеров и мощности двигателя ТАТС.

Грузоподъемность транспортирующего элемента технологического процесса добычи полезного ископаемого должна коррелировать с производительностью комплекса перерабатывающего оборудования, установленного в забое, во избежание сбоев в добычной, перерабатывающей и транспортирующей составляющих технологического процесса работы карьера.

Для обеспечения синхронной работы комплекса перерабатывающего оборудования и ТАТС необходимо, чтобы ритм работы погрузочного звена технологической цепочки оборудования совпадал с интервалом поступления ТАТС на территорию заходки для вывоза сортового угля [56], т. е.

$$R_{\text{погр}} = I \quad (3.1)$$

где  $R_{\text{погр}}$  – ритм работы погрузочного звена, ч;  $I$  – интервал движения автомобилей, ч.

В свою очередь, ритм работы  $R_{\text{погр}}$  погрузочного звена будет соответствовать времени погрузки  $t_{\text{тс}}$  специализированных контейнеров, одновременно установленных на грузовой платформе ТАТС:

$$R = t_{\text{тс}}. \quad (3.2)$$

Интервал движения автомобилей  $I$  определяется по известной формуле [57]:

$$I = \frac{q_{\text{тс}} \cdot \gamma}{Q_{\text{об}} \cdot \eta}, \quad (3.3)$$

где  $\gamma$  – коэффициент использования грузоподъемности;  $\eta$  – коэффициент неравномерного поступления автомобилей на погрузку.

С учетом формул (3.1) – (3.3) находим грузоподъемность ТАТС  $q_{\text{тс}}$ , определяемую параметрами комплекса перерабатывающего оборудования  $Q_{\text{об}}$  и технологией погрузки  $t_{\text{тс}}$ :

$$q_{\text{тс}} = \frac{Q_{\text{об}} \cdot \eta \cdot t_{\text{тс}}}{\gamma}. \quad (3.4)$$

Фактическое время погрузки ТАТС  $t_{\text{тс}}$  является временем загрузки КСУ различного типоразмера, установленных единовременно на его грузовой платформе. Время загрузки одного КСУ, определяем по формуле

$$t_{\text{тс}} = \sum_{i=1}^8 \left( n_i \frac{V_{\text{вн}i} \cdot \gamma_{\text{н}} \cdot K_{\text{нап}}}{Q_{\text{об}} \cdot K_{\text{п}}} \right), \quad (3.5)$$

где  $i$  – значение номинальной шкалы, классифицирующей специализированные контейнеры по типоразмеру;  $n_i$  – количество контейнеров  $i$ -го типоразмера.

Таким образом, время погрузки  $t_{\text{тс}}$  напрямую зависит от вмещаемой массы угля в контейнер определенного типоразмера, количества контейнеров на грузовой платформе и производительности комплекса оборудования.

Фактическая грузоподъемность ТАТС  $q'_{\text{тс}}$ , показывающая массу перевозимого груза в момент времени, с учетом выражения (3.5) имеет вид

$$q'_{\text{тс}} = Q_{\text{об}} \cdot \eta \sum_{i=1}^8 \left( n_i \frac{V_{\text{вн}i} \cdot \gamma_{\text{н}} \cdot K_{\text{нап}}}{Q_{\text{об}}} \right). \quad (3.6)$$

Номинальная же грузоподъемность ТАТС  $q_{тс}$ , определяющая наибольшее количество груза, которое может быть перевезено транспортным средством одновременно, соотносится с количеством ТАТС, работающих на линии для вывоза переработанного объема сортового угля.

Согласно выражениям (3.1) и (3.2) интервал движения  $I$  равен времени погрузки  $t_{тс}$ :

$$I = R_{погр} = t_{тс}. \quad (3.7)$$

Интервал движения транспортных средств  $I$  определяется по известной формуле [56]:

$$I = \frac{t_{об}}{A}, \quad (3.8)$$

где  $t_{об}$  – время оборота ТАТС, зависящее от длины плеча откатки и скорости движения ТАТС;  $A$  – количество ТАТС, обслуживающих комплекс оборудования.

Тогда

$$t_{тс} = \frac{t_{об}}{A}. \quad (3.9)$$

Подставив выражение (3.9) в формулу (3.4), получим зависимость для нахождения номинальной грузоподъемности:

$$q_{тс} = \frac{Q_{об} \cdot \eta \cdot \frac{t_{об}}{A}}{\gamma}, \quad (3.10)$$

$$t_{об} = t_{тс} + 2t_{дв} + t_{р}, \quad (3.11)$$

где  $t_{тс}$  – время погрузки ТАТС, определяется по формуле (3.5);  $t_{дв}$  – время движения;  $t_{р}$  – время разгрузки ТАТС.

Время движения ТАТС варьируется в зависимости от условий транспортировки, места расположения склада временного хранения на дневной поверхности и тяговых характеристик ТАТС. С учетом скорости до 45 км/ч и расстояния транспортирования от 3 до 7 км время оборота составит не более 0,17 ч. Расчетная номинальная грузоподъемность ТАТС в зависимости от количества используемых автомобилей для обслуживания комплекса перерабатывающего оборудования производительностью  $Q_{об}$  при максимальной длине плеча перевозки представлена в таблице 3.1 и на рисунке 3.2.

Таблица 3.1 – Расчетная номинальная грузоподъемность ТАТС  $q_{тс}$ , т

Количество ТАТС <i>A</i>	Производительность комплекса перерабатывающего оборудования $Q_{об}$ , т/ч								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1	16,2	32,4	48,6	64,8	81,0	97,1	113,3	129,5	145,7
2	8,1	16,2	24,3	32,4	40,5	48,6	56,7	64,8	72,9
3	5,4	10,8	16,2	21,6	27,0	32,4	37,8	43,2	48,6
4	4,0	8,1	12,1	16,2	20,2	24,3	28,3	32,4	36,4
5	3,2	6,5	9,7	13,0	16,2	19,4	22,7	25,9	29,1
6	2,7	5,4	8,1	10,8	13,5	16,2	18,9	21,6	24,3
7	2,3	4,6	6,9	9,3	11,6	13,9	16,2	18,5	20,8
8	2,0	4,0	6,1	8,1	10,1	12,1	14,2	16,2	18,2
9	1,8	3,6	5,4	7,2	9,0	10,8	12,6	14,4	16,2
10	1,6	3,2	4,9	6,5	8,1	9,7	11,3	13,0	14,6
11	1,5	2,9	4,4	5,9	7,4	8,8	10,3	11,8	13,2
12	1,3	2,7	4,0	5,4	6,7	8,1	9,4	10,8	12,1
13	1,2	2,5	3,7	5,0	6,2	7,5	8,7	10,0	11,2
14	1,2	2,3	3,5	4,6	5,8	6,9	8,1	9,3	10,4
15	1,1	2,2	3,2	4,3	5,4	6,5	7,6	8,6	9,7
16	1,0	2,0	3,0	4,0	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1
17	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6

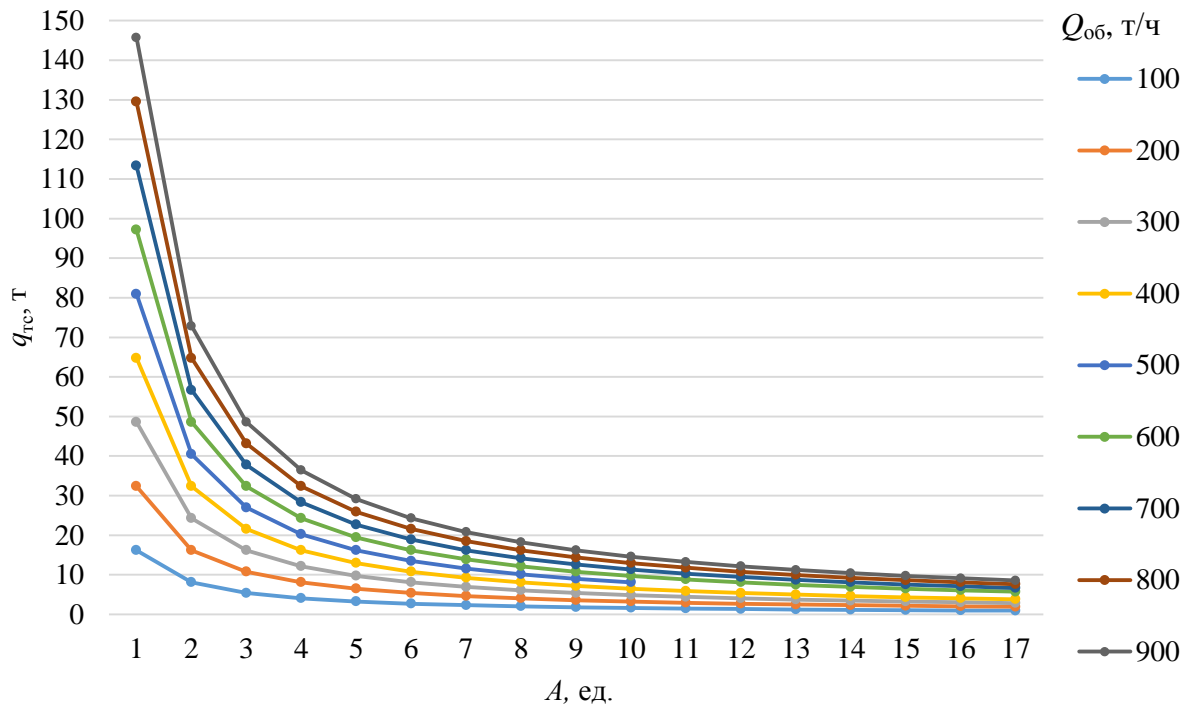


Рисунок 3.2 – Зависимость грузоподъемности ТАТС  $q_{тс}$  от количества используемых автомобилей  $A$

С учетом определений номинальной и фактической грузоподъемности, обосновывающих неравенство  $q_{тс} \geq q'_{тс}$ , необходимо выполнение условия

$$\frac{Q_{об} \cdot \eta \cdot \frac{t_{об}}{A}}{\gamma} \geq \frac{Q_{об} \cdot \eta \sum_{i=1}^8 (n_i \frac{V_{внi} \cdot \gamma_n \cdot K_{нап}}{Q_{об}})}{\gamma},$$

$$\frac{t_{об}}{A} \geq \sum_{i=1}^8 (n_i \frac{V_{внi} \cdot \gamma_n \cdot K_{нап}}{Q_{об}}), \quad (3.12)$$

Проверяем справедливость условия (3.12) с учетом данных таблиц 2.1 и 3.1 на примере комплекса оборудования с  $Q_{об} = 500$  т/ч.

Таблица 3.2 – Расчетные значения показателей номинальной и фактической грузоподъемностей ТАТС

Количество используемых на линии ТАТС $A$	Время погрузки ТАТС при номинальной грузоподъемности $t_{тс}$ (см. формулу 3.9)	Номинальная грузоподъемность ТАТС, $q_{тс}$ (см. формулу 3.10)	Время погрузки ТАТС фактическое $t'_{тс}$	Фактическая грузоподъемность ТАТС $q'_{тс}$ (см. формулу 3.6)
1	0,2644	132,2	0,186	87,8
2	0,1322	66,1	0,0930	43,9
3	0,0881	44,1	0,0674	31,8
4	0,0661	33,1	0,0501	23,7
5	0,0529	26,4	0,0375	17,7
6	0,0441	22,0	0,0315	14,9
7	0,0378	18,9	0,0284	13,4
8	0,0331	16,5	0,0236	11,1
9	0,0294	14,7	0,0218	10,3
10	0,0264	13,2	0,0179	8,4
11	0,0240	12,0	0,0179	8,4
12	0,0220	11,0	0,0156	7,4
13	0,0203	10,2	0,0158	7,4
14	0,0189	9,4	0,0144	6,8
15	0,0176	8,8	0,0123	5,8
16	0,0165	8,3	0,0123	5,8
17	0,0156	7,8	0,0099	4,7

Как видно из таблицы 3.2, при определении фактической и номинальной производительностей по выведенным зависимостям (3.6) и (3.10) выполняется условие  $q_{тс} \geq q'_{тс}$ .

Таким образом, значение грузоподъемности ТАТС имеет прямую зависимость от производительности комплекса перерабатывающего оборудования  $Q_{об}$ . Фактическое значение грузоподъемности  $q'_{тс}$  определяется способом расстановки КСУ на грузовой платформе ТАТС и временем загрузки данных КСУ  $t'_{тс}$ . При определении номинальной грузоподъемности  $q_{тс}$  наблюдается прямая зависимость от времени оборота  $t_{об}$  и обратная зависимость от количества автомобилей  $A$ , работающих на линии.



### 3.3 Расчет габаритных размеров грузовой платформы технологического автотранспортного средства

Грузовая платформа ТАТС длиной  $a_{\text{п}}$ , шириной  $b_{\text{п}}$  и высотой  $h_{\text{п}}$  является площадкой для расстановки транспортируемых специализированных контейнеров с сортовым углем.

Комплектация грузовой платформы ТАТС специализированными контейнерами различных типоразмеров (типоразмеры КСУ, их основные габаритные и массовые характеристики см. в таблице 2.9) происходит на дневной поверхности (на складе временного хранения либо перегрузочном пункте) и зависит от структуры спроса и наличия порожних контейнеров.

Количество контейнеров  $n$ , одновременно установленных на грузовой платформе, должно удовлетворять двум основным условиям:

1) суммарная масса брутто специализированных контейнеров  $m_{\text{бр}}$ , установленных на грузовой платформе, стремится к номинальной грузоподъемности ТАТС и равна ее фактической грузоподъемности:

$$\sum_i^1 m_{\text{бri}} \cdot n_i = q'_{\text{тс}} \leq q_{\text{тс}} , \quad (3.12)$$

где  $m_{\text{бri}}$  – масса брутто контейнера  $i$ -го типоразмера;  $n_i$  – количество контейнеров  $i$ -го типоразмера, установленных на грузовой платформе;

2) суммарная площадь основания  $S_{\text{осн}}$  установленных контейнеров стремится к полезной площади грузовой платформы ТАТС  $S_{\text{п}}$ , определяемой произведением длины  $a_{\text{п}}$  на ширину  $b_{\text{п}}$ :

$$\sum_n^1 S_{\text{осни}} \cdot n_i \leq S_{\text{п}} , \quad (3.13)$$

где  $S_{\text{осн}}$  – суммарная площадь основания КСУ;  $S_{\text{п}}$  – полезная площадь грузовой платформы ТАТС.

Эффективное использование грузоподъемности ТАТС и полезной площади грузовой платформы определяется коэффициентами использования грузоподъемности  $\gamma$  и полезной площади  $\eta$ :

$$\gamma = \frac{q'_{\text{тс}}}{q_{\text{тс}}}, \quad (3.14)$$

$$\eta = \frac{S_{\text{осн}}}{S_{\text{п}}}. \quad (3.15)$$

При оптимальных габаритных параметрах ТАТС значения коэффициентов  $\gamma$  и  $\eta$  стремятся к 1.

Габаритные размеры грузовой платформы  $a_{\text{п}}$  и  $b_{\text{п}}$  обусловлены следующим:

– ширина грузовой платформы ТАТС  $b_{\text{п}}$  не должна превышать ширину карьерных самосвалов, участвующих в конкретном технологическом процессе в качестве транспортирующего элемента для рядового угля. Данная характеристика связана с параметрами карьерных дорог в забое, разработанных для движения транспортных средств с определенными габаритными размерами;

– максимальные длина  $a_{\text{п}}$  (являющаяся составной частью длины транспортного средства) и ширина платформы  $b_{\text{п}}$ , должны обеспечивать возможность прохождения кривых карьерных дорог с радиусом поворота  $R$  и маневрирования на рабочих площадках забоя.

Для определения зависимости фактической грузоподъемности ТАТС от габаритных размеров (длины и ширины) грузовой платформы при различных вариантах размещения типоразмеров КСУ на платформе ТАТС составлена программа для ЭВМ [58].

Задача, решаемая данной программой, состоит в следующем: на основе исходных данных о КСУ (см. таблицу 2.9) необходимо произвести их расста-

новку на грузовой платформе ТАТС с заданными размерами и определить в зависимости от варианта расстановки фактическую и номинальную грузоподъемности ТАТС. Был создан рабочий модуль, запускаемый пользователем на любом IBM PC с удобным интерфейсом, в котором отражены исходные данные, результаты всех вариантов расстановки выбранных типоразмеров КСУ и визуализация способов расстановки КСУ на грузовой платформе ТАТС (рисунок 3.4).

В основе программы заложен алгоритм, графическая интерпретация которого в виде блок-схемы представлена на рисунке 3.3. Программа, реализующая данный алгоритм, написана на языке C++.

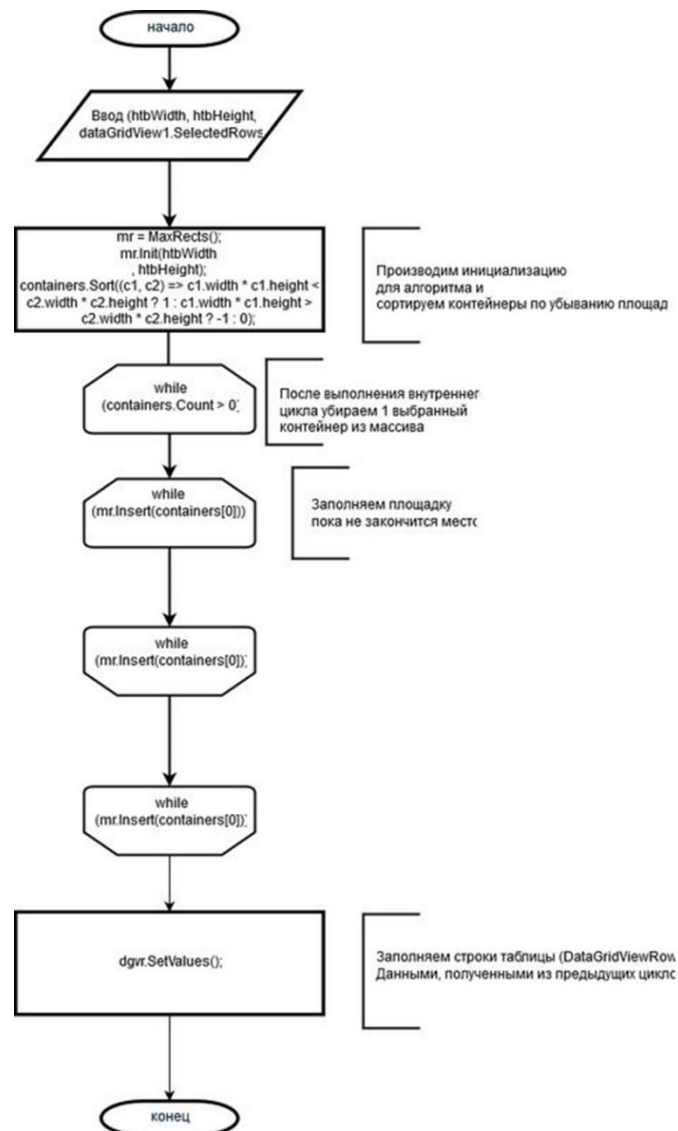


Рисунок 3.3 – Блок-схема программы ЭВМ для определения параметров грузовой платформы ТАТС

Определение параметров технологического специализированного автотранспортного средства

Размеры грузовой площадки : 2,65 6,058 Расчёт

Параметры контейнеров

Наименование	Длина, м	Ширина, м	Площадь, м <sup>2</sup>	Масса нетто, т	Масса тары, т	Масса брутто, т
КСУ-64,8	12,192	2,438	29,724	62	3,950	66
КСУ-48,4	9,125	2,438	22,247	46,200	2,900	48,300
КСУ-33,0	6,058	2,438	14,769	30,400	2,100	32,500
КСУ-15,3	2,991	2,438	7,292	14,500	1,300	15,500
КСУ-11,1	2,110	2,650	5,592	10,500	0,960	11,500
КСУ-6,6	2,110	1,325	2,796	5,200	0,550	5,800
КСУ-4	1,800	1,050	1,890	3	0,220	3,200
КСУ-2	1,150	1	1,150	1,400	0,110	1,500

Варианты

Использовано, %	фактическая грузоподъемность транспортного средства, т	КСУ-15,3	КСУ-11,1	КСУ-4
90,846	31	2	0	0
80,253	27	1	1	0
70,149	21,100	0	1	3
69,660	23	0	2	0
68,969	21,900	1	0	2
58,865	16	0	0	5
58,376	17,900	0	1	2
57,196	18,700	1	0	1
47,092	12,800	0	0	4
46,603	14,700	0	1	1
45,423	15,500	1	0	0
35,319	9,600	0	0	3
34,830	11,500	0	1	0
23,546	6,400	0	0	2
11,773	3,200	0	0	1

Грузовая платформа ТАТС, вид в плане

Рисунок 3.4 – Модуль программы ЭВМ для определения параметров грузовой платформы ТАТС: 1 – окно «Размеры грузовой площадки» (устанавливается пользователем); 2 – таблица с исходными данными; 3 – таблица результатов, 4 – окно визуализации расстановки КСУ на грузовой платформе ТАТС

На рисунке 3.4 представлен модуль программы с результатами реализации ее алгоритма. Пользователь вносит в окно 1 размеры грузовой платформы ТАТС (таблица 3.3). Из заданного списка КСУ в окне 2 выбирает типоразмеры, которые предполагается одновременно установить на грузовую платформу. После нажатия кнопки «Расчет» модуль в окне 3 выдает результат: всевозможные варианты расстановки выбранных типоразмеров КСУ в табличном виде в порядке убывания занимаемой контейнерами площади грузовой платформы. При выделении строки с каким-либо вариантом расстановки результирующей таблицы окна 3 в окне 4 появляется схема расстановки КСУ в соответствии с этим вариантом. Для удобства визуализации каждому типоразмеру КСУ присвоен свой цвет. Номинальная грузоподъемность ТАТС с заданными размерами грузовой платформы определяется путем нахождения максимального значения в столбце «Фактическая грузоподъемность транспортного средства» результирующей таблицы окна 3.

Анализ значений фактической грузоподъемности, выдаваемых программой ЭВМ, при различных вариантах компоновки платформы контейнерами позволяет выявить зависимость между номинальной грузоподъемностью ТАТС и габаритными размерами ее платформы. В таблице 3.3 приведены значения номинальной грузоподъемности ТАТС при заданных значениях длины  $a_{п}$  и ширины  $b_{п}$  его платформы. Для определения зависимости номинальной грузоподъемности от габаритных размеров платформы взяты следующие контрольные значения ее ширины  $b_{п}$ , м:

2,44 – максимальная ширина специализированного контейнера из всех предполагаемых в использовании, определяющая минимальную ширину платформы ТАТС, обеспечивающую расположение специализированных контейнеров любого типоразмера из предложенных [32];

3,86 – ширина самосвала БелАЗ-7540 грузоподъемностью 30 т [59];

4,24 – ширина самосвала грузоподъемностью 45 т [60];

4,74 – ширина самосвала грузоподъемностью 55 т [61].

Контрольные значения длины погрузочной платформы соответствуют максимальным длинам специализированных контейнеров.

Таблица 3.3 – Зависимость номинальной грузоподъемности ТАТС  $q_{тс}$ , т от габаритных размеров грузовой платформы

Длина грузовой платформы $a_{п}$ , м	Ширина грузовой платформы $b_{п}$ , м			
	2,44	3,86	4,24	4,74
12,192	66	90	105	106
9,125	48	67	77	86
6,058	33	38	49	57
2,991	12	16	22	26

Результаты определения зависимости номинальной грузоподъемности от габаритных размеров грузовой платформы ТАТС показаны на рисунке 3.5. Карьерное транспортное средство, взятое за базу, указано по горизонтальной оси. По вертикальной оси отложены габаритные параметры платформы, для каждого ТАТС представлено по четыре комбинации длины и ширины платформы. Контрастным цветом выделены варианты комбинации длины и ширины платформы, соответствующие или близкие к номинальным грузоподъемностям карьерного транспортного средства, на базе которого оно выполняется.

Например, для ТАТС, исполненного на базе БелАЗ-7555, оптимальными размерами платформы будут длина 6,06 м и ширина 4,74 м, при которых максимально возможная номинальная грузоподъемность ТАТС составит 57 т.

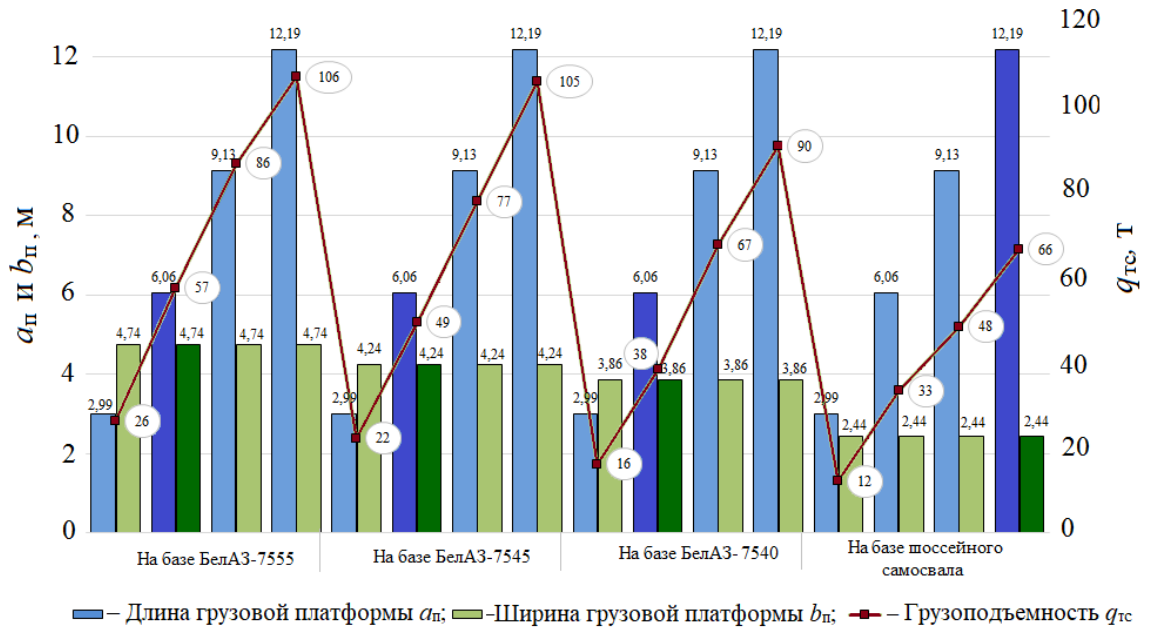


Рисунок 3.5 – Зависимость номинальной грузоподъемности от габаритных размеров платформы ТАТС

Для определения закономерности, которой подчиняется зависимость грузоподъемности ТАТС от габаритных длины и ширины его платформы, произведена аппроксимация данных, полученных при анализе фактической грузоподъемности ТАТС, укомплектованного специализированными контейнерами различных типоразмеров (рисунок 3.6). Ширина грузовой платформы соответствует минимальной ширине карьерного автосамосвала БелАЗ-7540, равной 3,85 м.

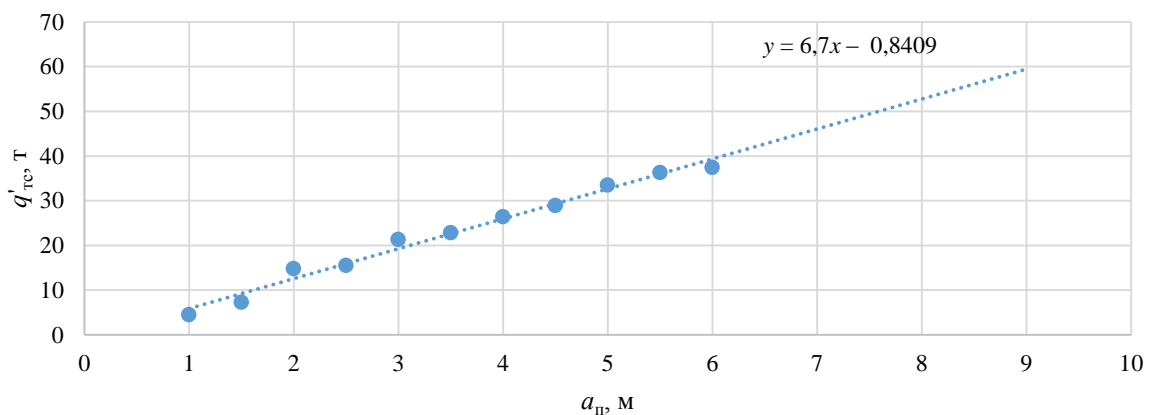


Рисунок 3.6 – Взаимосвязь фактической грузоподъемности и размеров платформы ТАТС на базе БелАЗ-7540:  $y$  – фактическая грузоподъемность ТАТС  $q'_{ТС}$ ;  $x$  – длина грузовой платформы  $a_{п}$

В результате аппроксимации выявлен линейный характер зависимости фактической грузоподъемности от габаритных размеров платформы:

$$q_{\text{ТС}} = 6,7a_{\text{пл}} - 0,8409. \quad (3.16)$$

Значение высоты грузовой платформы, или погрузочная высота ТАТС,  $h_{\text{п}}$  определяет его приспособленность к погрузочным работам. При верхней загрузке в специализированные контейнеры необходимо обеспечить выполнение условия

$$h_{\text{сб}} \geq h_{\text{п}} + H, \quad (3.17)$$

где  $h_{\text{сб}}$  – высота сброса угля с погрузочного конвейера;  $H$  – высота специализированного контейнера, установленного на платформу.

Итак, габаритные длина  $a_{\text{п}}$  и ширина  $b_{\text{п}}$  грузовой платформы ТАТС определяются параметрами специализированных контейнеров и ограничиваются габаритными параметрами базы ТАТС, предназначенного для вывозки сортового угля. Зависимость грузоподъемности ТАТС от параметров его грузовой платформы имеет линейный характер.

Высота грузовой платформы ТАТС  $h_{\text{п}}$  обусловлена технологией погрузочных работ и ограничена сверху высотой сброса угля с разгрузочного конвейера, высотой специализированных контейнеров и снизу высотой расположения рамы базового транспортного средства, на базе которого выполняется ТАТС.



### 3.4 Установление габаритных размеров технологического автотранспортного средства и радиуса поворота

Рассмотрим габаритные размеры ТАТС. Габаритная длина ТАТС  $A_{\text{тс}}$  определяется его конструктивным исполнением.

*Одиночный автомобиль.*

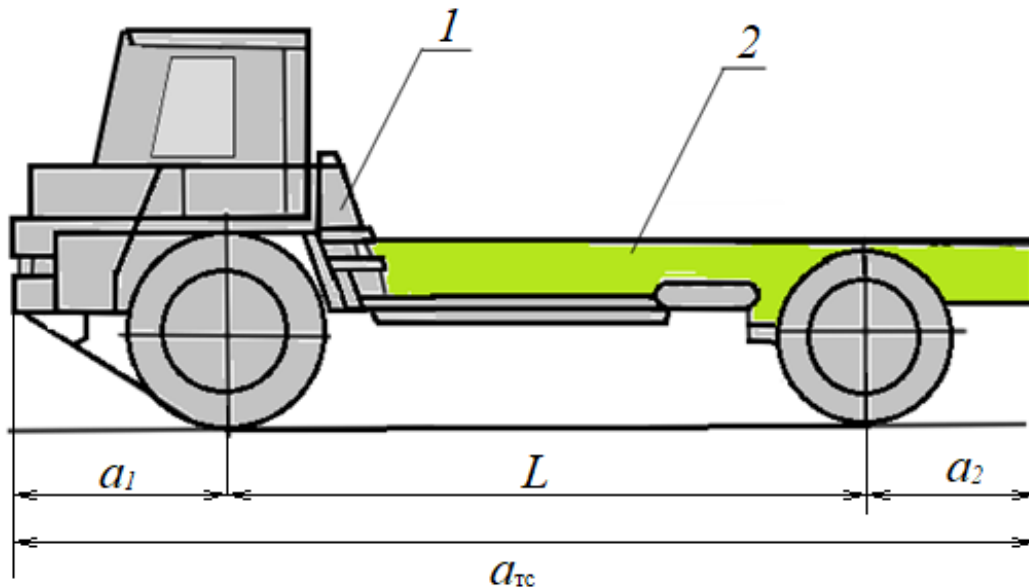


Рисунок 3.7 – Одиночное ТАТС с жесткой рамой: 1 – автомобиль с жесткой рамой; 2 – грузовая платформа;  $a_1$  – передний свес;  $L$  – межколесная база;  $a_2$  – задний свес;  $a_{\text{тс}}$  – длина транспортного средства

Одиночное ТАТС имеет жесткую конструкцию рамы и в качестве кузова – платформу для транспортировки специализированных контейнеров (рисунок 3.7).

В авто- и тракторостроении помимо жесткой рамы применяются шарнирно-сочлененные конструкции (рисунок 3.8). Основное отличие шарнирно-сочлененной рамы от жесткой – это ее подвижность в горизонтальной плоскости. Эта особенность делает шарнирно-сочленённые автомобили исключительно проходимыми и выносливыми транспортными средствами.

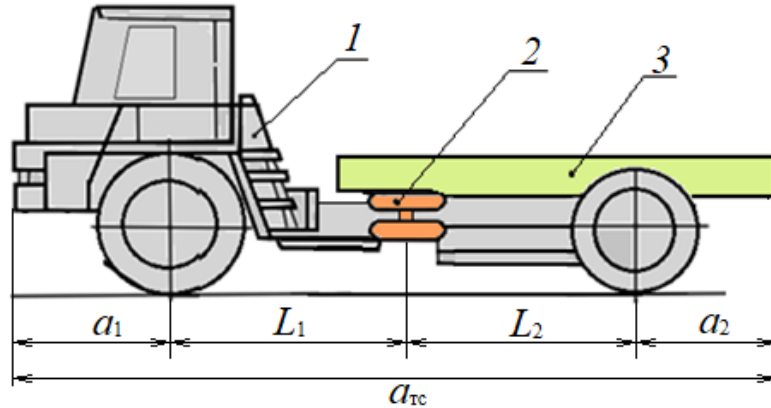


Рисунок 3.8 – Одиночное ТАТС с шарнирно-сочлененной конструкцией рамы: 1 – передняя полурама автомобиля; 2 – шарнирное сочленение полурам; 3 – грузовая платформа; выполненная на задней полураме;  $a_1$  – передний свес;  $L_1$  – передняя полурама;  $L_2$  – задняя полурама;  $a_2$  – задний свес

Конструкция сочленения дает возможность секциям поворачиваться по отношению друг к другу. При этом удается избежать огромных нагрузок на несущие конструкции при переезде через большие неровности. Кроме того, данное конструктивное исполнение позволяет постоянно сохранять контакт колес с грунтом и маневрировать в узком пространстве.

Длина ТАТС  $a_{TC}$  в данном случае определяется длиной одиночного автомобиля – цельной конструкции. Причем для одиночного автомобиля с жесткой рамой длина ТАТС находится как сумма составляющих:

$$a_{TC1} = a_1 + L + a_2, \quad (3.18)$$

где  $a_1$  – передний свес;  $L$  – межколесная база;  $a_2$  – задний свес

Сумма  $(L+a_2)$ , в свою очередь, ограничивает длину грузовой платформы:

$$l_{пл} \leq L + a_2. \quad (3.19)$$

Для одиночного автомобиля с жесткой конструкцией рамы длина ТАТС определяется суммой составляющих:

$$a_{\text{тс2}} = a_1 + L_1 + L_2 + a_2 \quad (3.20)$$

где  $L_1$  – длина передней полурамы;  $L_2$  – длина задней полурамы.

Длина грузовой платформы для автомобиля с шарнирно-сочлененной конструкцией рамы имеет ограничение

$$l_{\text{п}} \leq L_2 + a_2. \quad (3.21)$$

Грузовая платформа ТАТС при шарнирно-сочлененной конструкции располагается на задней полураме.

*Автопоезд.* Автопоездом называется сочлененное транспортное средство, состоящее из автомобиля-тягача и одного или нескольких прицепных звеньев. По типу связи прицепные звенья автопоездов подразделяют на полуприцеп (рисунок 3.9) и прицеп (рисунок 3.10). Прицепы обычно работают с базовыми автомобилями, полуприцепы – с седельными тягачами.

Преимуществами автопоезда являются:

- меньший собственный вес;
- заменяемость прицепов при направлении их в ремонт, что исключает простои тягачей;

К недостаткам автопоезда можно отнести:

- меньшую маневренность прицепов, трудность подъезда под загрузку;
- меньшие преодолимые уклоны и кривые [54].

Для преодоления больших уклонов и движения на более высоких скоростях как на прямолинейных, так и криволинейных трассах возможно формирование автопоездов на базе крупных тягачей большой грузоподъемности и удельной мощности со всеми ведущими осями или из прицепов, у которых все оси ведущие.

Собственный вес тягача и полуприцепа в современных конструкциях составляет не более 50 % грузоподъемности автопоезда.

Вследствие того, что вес прицепного состава используется в качестве сцепного, представляется возможность применить существующие тягачи. Кроме того, требуются меньшие металлоемкости на единицу грузоподъемности поезда.

Автопоезда обычно включают один полуприцеп и несколько (чаще один) прицепов. Увеличение количества единиц автопоезда более двух затрудняет управление и снижает маневренность.

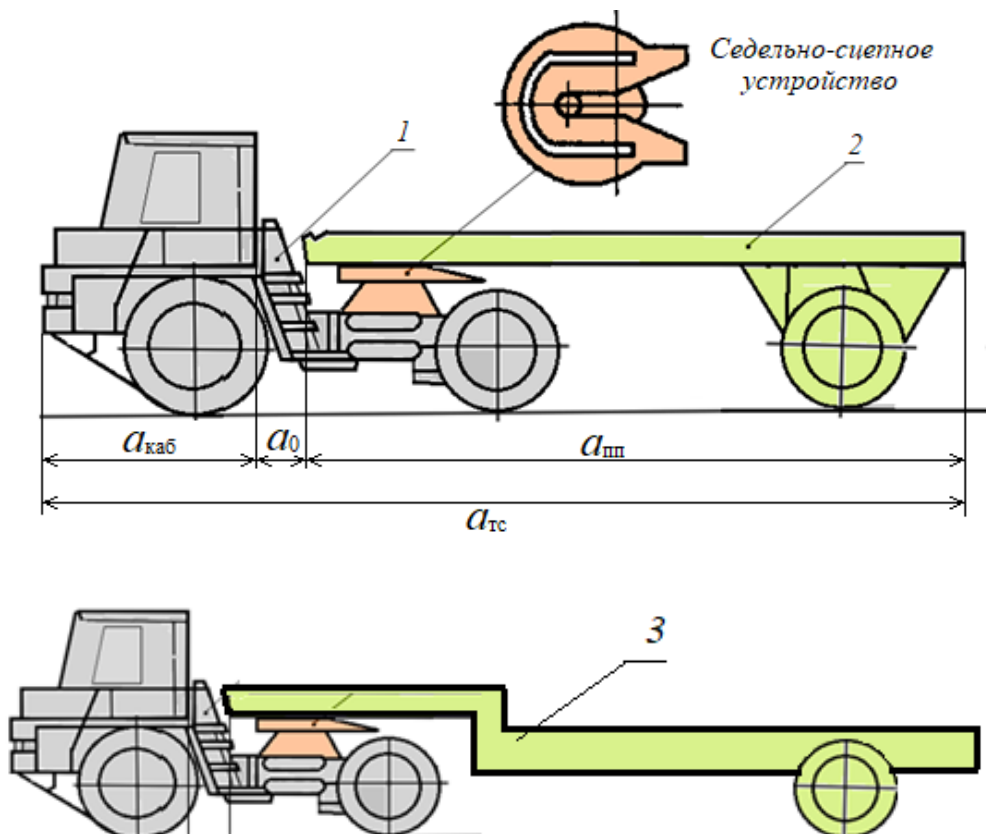


Рисунок 3.9 – Седельный тягач с полуприцепом-платформой: 1 – седельный тягач; 2 – грузовая платформа; 3 – низкорамная платформа;  $a_{\text{каб}}$  – длина кабины седельного тягача;  $a_{\text{пп}}$  – длина полуприцепа;  $a_0$  – длина зазора между кабиной седельного тягача и грузовой платформой полуприцепа

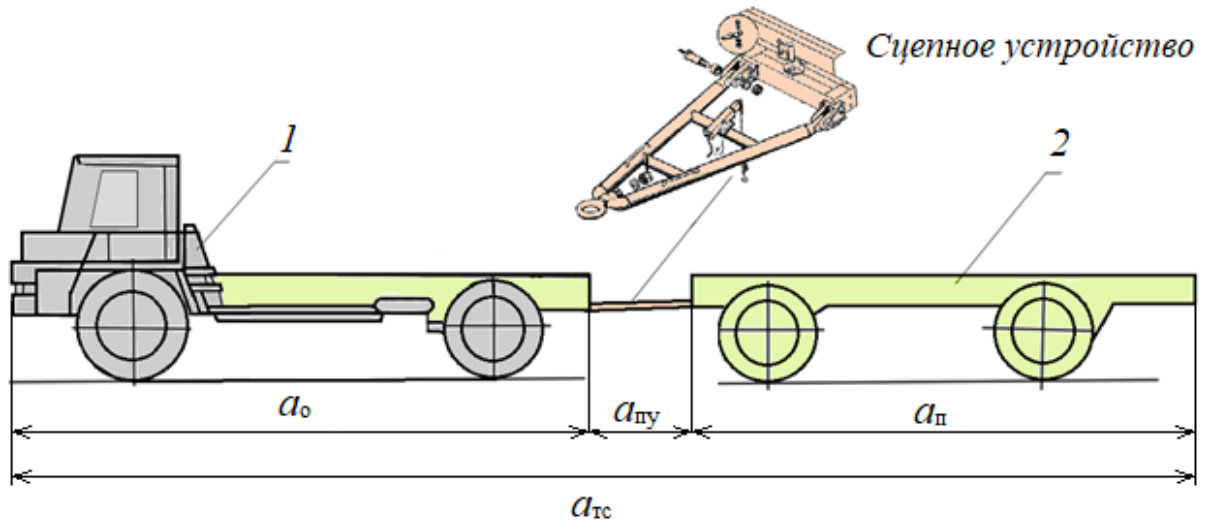


Рисунок 3.10 – Одиночный автомобиль-тягач с прицепом-площадкой: 1 – одиночный автомобиль; 2 – прицеп-грузовая платформа;  $a_0$  – длина одиночного автомобиля;  $a_{\text{п}}$  – длина прицепа;  $a_{\text{пу}}$  – длина прицепного устройства.

Длина ТАТС в случае его исполнения в виде полуприцепного автопоезда определяется по формуле

$$a_{\text{тс3}} = a_{\text{каб}} + a_{\text{пп}} + a_0, \quad (3.22)$$

Длина платформы  $l_{\text{пл}}$  соответствует длине полуприцепа  $a_{\text{пп}}$ .

Длина прицепного автопоезда складывается из длины цельного автомобиля, используемого в качестве тягача, длины прицепа и длины прицепного устройства, соединяющего между собой элементы автопоезда

$$a_{\text{тс4}} = a_0 + a_{\text{п}} + a_{\text{пу}} \quad (3.23)$$

Тип конструктивного исполнения оказывает также влияние и на минимальный радиус поворота ТАТС (рисунок 3.11)  $R_{\text{min}}$ , который определяет возможность его проходимости и маневренности [62].

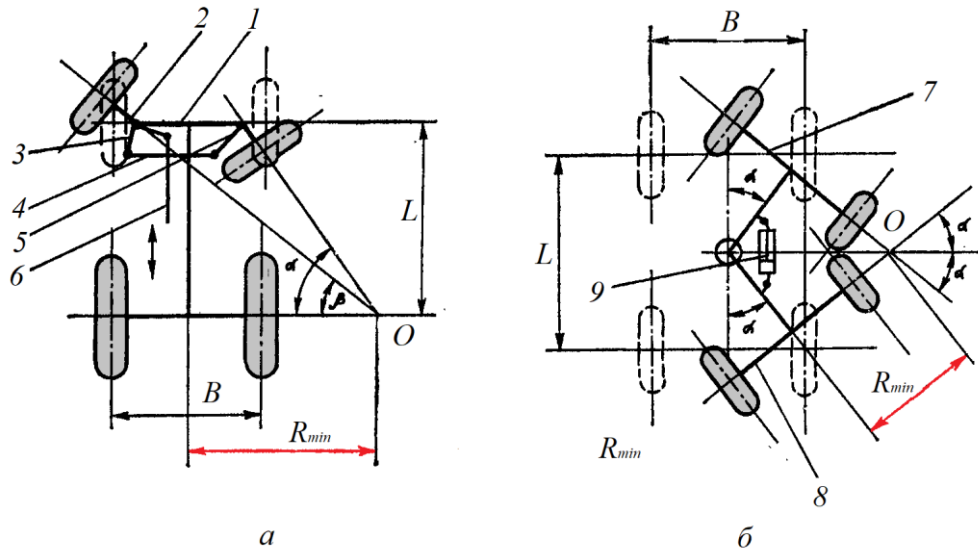


Рисунок 3.11 – Определение радиусов поворотов одиночного ТАТС:

$a$  – с жесткой рамой;  $b$  – с шарнирно-сочлененной рамой;  $R_{min}$  – радиус поворота,  $L$  – база,  $B$  – колея,  $O$  – центр поворота, 1 – передняя ось, 2 – поворотная цапфа, 3 и 5 – поворотные рычаги, 4 – поперечная рулевая тяга, 6 – продольная рулевая тяга, 7 и 8 – полурамы, 9 – гидроцилиндр поворота

Минимальный радиус поворота  $R_{min}$  – расстояние от оси вращения (точка  $O$ ) до середины заднего моста ТАТС, которое определяется по формуле [63]

$$R_{min} = L \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \quad (3.24)$$

где  $L$  – база автомобиля;  $\alpha$  – угол отклонения переднего колеса от его нейтрального положения при прямолинейном движении, град. Обычно  $\alpha_{max} = 35\text{--}45^\circ$ .

Минимальный радиус поворота для шарнирно-сочлененных ТАТС [63]:

$$R_{min} = 0,5L \cdot \operatorname{ctg} \alpha_{max}. \quad (3.25)$$

К показателям маневренности транспортного средства помимо  $R_{min}$  относятся конструктивные радиусы: наружный радиус поворота  $R_H$  и радиус поворота внутреннего колеса  $R_B$  (рисунок 3.12)[64].

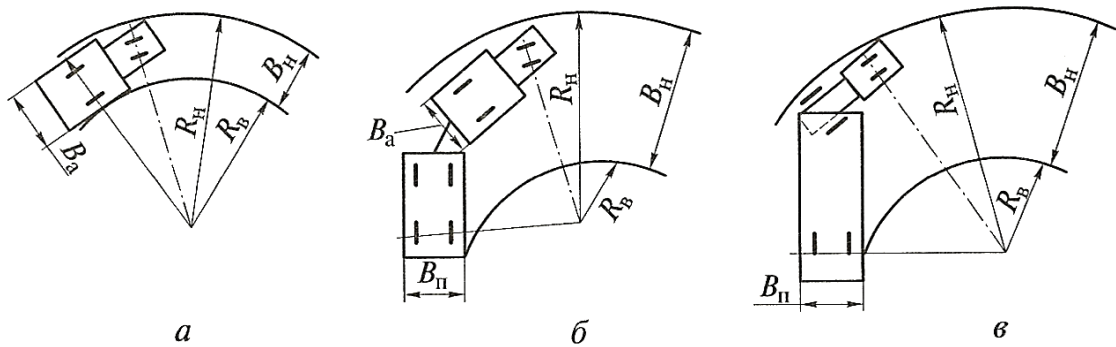


Рисунок 3.12 – Показатели маневренности ТАТС: *a* – одиночного автомобиля; *б* – тягача с прицепом; *в* – седельного тягача с полуприцепом;  $R_b$  – радиус поворота внутреннего колеса;  $R_n$  – наружный радиус поворота;  $B_n$  – ширина коридора движения;  $B_a$  – ширина одиночного автомобиля;  $B_п$  – ширина прицепа, полуприцепа.

Ширина коридора движения ТАТС  $B_n$  определяет необходимую ширину проезжей части дороги на поворотах, для возможности их прохождения транспортным средством.

Наружный радиус поворота ТАТС  $R_n$  является показателем возможности совершения маневров на территории рабочей площадки. Ширина рабочей площадки разреза определяется рабочими параметрами экскаватора и возможностями карьерного автотранспорта, используемого для вывозки рядового угля [65]:

$$B + 1,7R_{ч.у} \geq Ш_{р.п} = a + D_{раз} + B_п + b + B_о \quad (3.26)$$

где  $B$  – ширина площадки между верхней бровкой добычного уступа и нижней бровкой вскрышного уступа, м;  $R_{ч.у}$  – радиус черпанья экскаватора на уровне стояния, м;  $Ш_{р.п}$  – ширина рабочей площадки;  $a$  – расстояние от нижней бровки вышестоящего уступа (развала пород) до кромки проезжей части автодороги, 2,5 м;  $D_{раз}$  – диаметр разворотной площадки, м;  $B_о$  – ширина обочины дороги, 0,5 м;  $b$  – ширина насыпного ограждения под насыпью, м;  $B_п$  – ширина призмы обрушения, м.

Ширина заходки экскаватора во всех источниках [66-70] определяется в зависимости от радиуса черпания экскаватора на уровне стояния. На основе этих источников можно установить ограничения диаметра разворотной площадки для разных горнотехнических условий (рисунок 3.13).

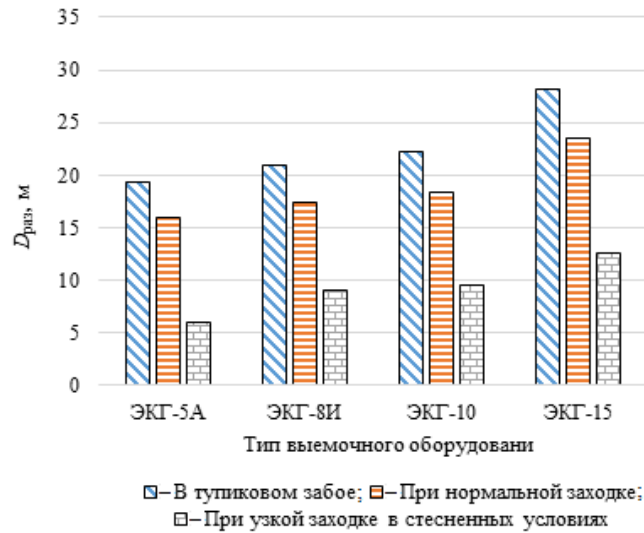


Рисунок 3.13 – Максимальное значение диаметра площадки разворота ТАТС при разных горнотехнических условиях

Для того чтобы ТАТС смогло выполнять маневры на территории рабочей площадки необходимо, соблюдение следующего условия:

$$2R_n \leq D_{\text{раз}} . \quad (3.27)$$

Таким образом, габаритные размеры ТАТС зависят от его конструктивного исполнения: одиночное автотранспортное средство, полуприцепной или прицепной автопоезд. Минимальный радиус поворота ТАТС  $R_{\text{min}}$  определяется межколесной базой ТАТС  $L$ , максимально возможным углом поворота колес и конструктивным исполнением: минимальным радиусом поворота обладает одиночное ТАТС с шарнирно-сочлененной конструкцией рамы. Наружный радиус поворота  $R_n$ , зависящий от габаритных размеров ТАТС, обуславливает возможность маневрирования ТАТС на территории рабочей площадки.



### 3.5 Определение мощности двигателя технологического автотранспортного средства

Тяговые свойства любого автомобиля, в том числе ТАТС, зависят от мощности двигателя, массы транспортного средства и типа трансмиссии. На мощность двигателя, в свою очередь, основное влияние оказывает полная масса автомобиля  $m_{тс}$  и его максимальная скорость  $V_{max}$ . Мощность двигателя необходима для разгона автомобиля до максимально возможной скорости, движения как по карьерным автодорогам, так и автодорогам общей сети. При движении автомобиль испытывает сопротивление, складывающееся из сопротивлений качению колес, уклона, в кривых поворота, аэродинамического и инерционного при неустановившихся режимах движения. Мощность ТАТС на максимальной скорости определяется по методике [71]:

$$N_{max} = \frac{m_{тс} \cdot g \cdot f_{max} \cdot V_{max} + 0,5c_x \cdot \rho_v \cdot A_c \cdot V_{max}^3}{\eta_{тр} \cdot K_p}, \quad (3.27)$$

где  $m_{тс}$  – полная масса автомобиля, кг;  $V_{max}$  – максимальная скорость автомобиля, м/с;  $c_x$  – коэффициент обтекаемости;  $\rho_v$  – плотность воздуха на высоте 200 м над уровнем моря,  $\rho_v = 1,202 \text{ кг/м}^3$  [71];  $A_c$  – площадь миделева сечения автомобиля по формуле,  $\text{м}^2$ ;  $\eta_{тр}$  – КПД трансмиссии на прямой передаче в КП;  $K_p$  – коэффициент коррекции мощности, учитывающий потери мощности на привод генератора, компрессора кондиционера, насоса гидроусилителя руля, вентилятора системы охлаждения, потери в выхлопной системе и т. п.,  $K_p = 0,95$ ;  $f_{max}$  – сопротивление качению шины при максимальной скорости автомобиля,

$$f_{max} = f_0(1 + A_f \cdot V_{max}^2), \quad (3.28)$$

где  $f_0$  – коэффициент сопротивления качению при скорости, близкой к нулю, учитывающий конструкцию (свойства) шины и качество дороги,  $f_0 = 0,05$ ;  $A_f$  – коэффициент влияния скорости,  $c^2/m^2$ ,  $A_f = 3,25 \cdot 10^{-4} c^2/m^2$ .

Полная масса автомобиля  $m_{тс}$  определяется конструктивными исполнением и особенностями ТАТС [72]:

$$m_{тс} = m_c + q_{тс} = \eta_m \cdot q_{тс} + q_{тс}, \quad (3.29)$$

где  $m_c$  – снаряженная масса ТАТС;  $\eta_m$  – коэффициент снаряженной массы. Коэффициент снаряженной массы должен соответствовать требованиям обеспечения малой массы конструкции при достаточной ее прочности. В источниках [72, 73] приведены значения  $\eta_m$  в зависимости от конструктивного исполнения ТАТС:

- прицепные автопоезда –  $\eta_m = 0,55 - 0,70$ ;
- седельные автопоезда –  $\eta_m = 0,60 - 0,90$ ;
- одиночные автотранспортные средства повышенной и высокой проходимости –  $\eta_m = 1,60 - 2,00$ .

Беря за основу среднее значение коэффициента снаряженной массы, приведем зависимость полной массы автомобиля от его грузоподъемности по вариантам конструктивного исполнения:

- для прицепного автопоезда

$$m_{тс} = 1,63q_{тс}; \quad (3.30)$$

- для седельного автопоезда

$$m_{тс} = 1,75q_{тс}; \quad (3.31)$$

- одиночного автомобиля

$$m_{\text{ТС}} = 2,8q_{\text{ТС}}. \quad (3.32)$$

Значение мощности, необходимое для развития максимальной скорости эксплуатации ТАТС (см. формулу 3.27), используемого в карьерных условиях в виде одиночного автомобиля, седельного автопоезда и прицепного автопоезда, в зависимости от грузоподъемности ТАТС представлено на рисунке 3.14.

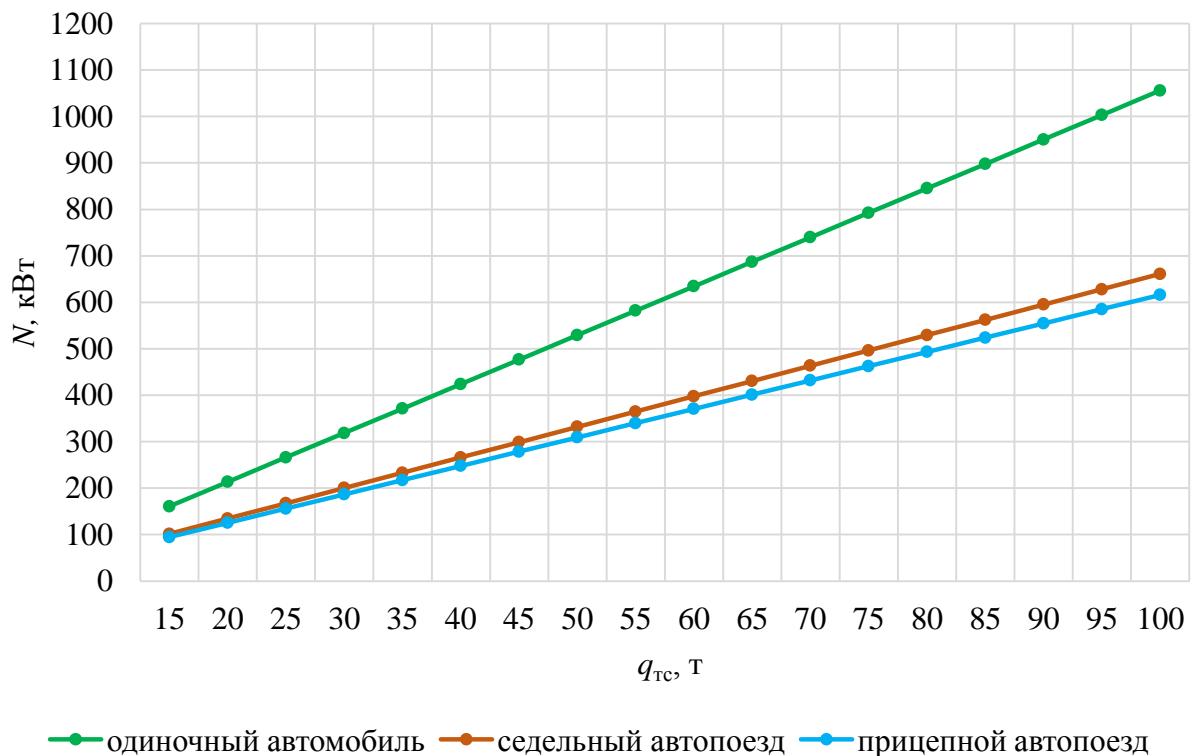


Рисунок 3.14 – Значение мощности двигателя ТАТС  $N$  в зависимости от его грузоподъемности  $q_{\text{ТС}}$

Как видно из рисунка 3.14, перевозка сортового угля автопоездами требует меньшей мощности двигателя тягового звена, чем при перевозке этой же массы сортового угля одиночным автомобилем.

Итак, определена зависимость мощности двигателя ТАТС от его грузоподъемности для одиночного автомобиля, седельного и прицепного автопоездов.

### 3.6 Влияние конструктивного исполнения технологического автотранспортного средства на устойчивость

Продольный профиль карьерных дорог представляет собой чередование подъемов и спусков разной величины и длины. В сложных условиях эксплуатации продольные уклоны дорог могут достигать 100 – 120‰, а на отдельных коротких участках и больше [54], при этом поперечный уклон может достигать 60‰. Поэтому необходимо уделить особое внимание параметрам ТАТС, определяющим устойчивость и проходимость в заданных условиях.

Так как ТАТС предполагается исполнять на базе существующих транспортных средств, основные параметры проходимости и устойчивости останутся неизменными [74]. Исполнение ТАТС на базе существующего транспортного средства предполагает переоборудование грузовой платформы для перевозки специализированных контейнеров, что может повлечь за собой смещение центра тяжести автомобиля (координаты  $X_c$ ,  $Y_c$ ). Вертикальная координата центра тяжести в первую очередь влияет на поперечную устойчивость, горизонтальная – на продольную устойчивость.

Определение центра тяжести произведено по известной методике [75] с помощью графоаналитического метода, согласно которой высота расположения центра тяжести над опорной поверхностью  $Y_c$  для порожнего автомобиля вычисляется по формуле

$$h_0 = 0,25L, \quad (3.33)$$

где  $L$  – база автомобиля, так как база автомобиля остается неизменной, то и высота центра тяжести порожнего ТАТС не изменится по сравнению с базовым вариантом.

Определение же абсциссы центра масс порожнего ТАТС (рисунок 3.15) изменится, так как снаряженная масса ТАТС  $G_0$  вследствие демонтажа кузова уменьшится.

$$X_0 = \frac{G_{02}L}{G_0}, \quad (3.34)$$

где  $X_0$  – абсцисса центра масс автомобиля (ЦМО) в снаряженном состоянии, м;  $G_0$  – вес автомобиля в снаряженном состоянии, т;  $G_{02}$  – часть веса автомобиля в снаряженном состоянии, приходящаяся на заднюю ось (тележку), т.

После вычисления координат центра масс порожнего ТАТС необходимо определить центр масс груза, находящегося на его платформе. Координаты центра масс груза зависят от типоразмеров и варианта расстановки КСУ. Поэтому координаты центра тяжести груза в каждом варианте расстановки будут различны. Однако условно можно рассчитать границы высот центра тяжести груженого автомобиля  $h_{\Gamma}$ , основываясь на высотах контейнеров, устанавливаемых на грузовую платформу:

$$h_{\Gamma \min} = H_{КСУ-1,55} / 2, \quad (3.37)$$

$$h_{\Gamma \max} = H_{КСУ-65,6} / 2, \quad (3.38)$$

где  $H_{КСУ-1,55}$  – высота контейнера минимального типоразмера;  $H_{КСУ-65,6}$  – высота контейнера максимального типоразмера.

Положение центра тяжести груза по горизонтали определяется в зависимости от варианта расстановки контейнеров. При этом необходимо соблюдать правила расстановки контейнеров на грузовой платформе транспортного средства [76]: расстановку следует производить, начиная с передней части платформы, распределяя контейнеры равномерно по ее площади.

Координаты центра тяжести груженого автомобиля находятся на линии, соединяющей координаты центра масс порожнего автомобиля и центра масс груза (рисунок 3.15).

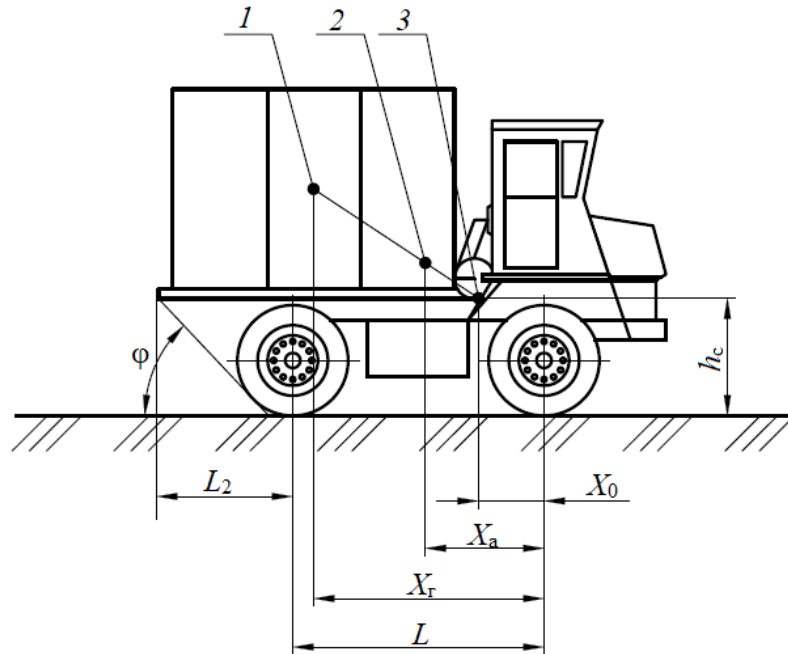


Рисунок 3.15 – Расчетная схема ТАТС: 1 – центр масс груза; 2 – центр масс груженого автомобиля; 3 – центр масс снаряженного автомобиля;  $h_c$  – ордината центра тяжести автомобиля в снаряженном состоянии;  $X_0$  – абсцисса центра масс в снаряженном состоянии;  $X_a$  – абсцисса центра масс в груженом состоянии;  $X_r$  – абсцисса центра масс груза;  $L$  – колесная база,  $L_2$  – задний свес;  $\varphi$  – угол заднего свеса

На рисунке 3.15 центр масс груза определен как центр пересечения диагоналей КСУ, установленного на платформе и занимающего всю ее площадь.

Координату  $X_a$  рассчитывают по формуле

$$X_a = \frac{X_0 G_0 + X_r G_r}{G_0 + G_r}, \quad (3.39)$$

где  $X_a$  – абсцисса центра масс (ЦМА) груженого автомобиля, м;  $X_r$  – абсцисса центра масс груза (ЦМГ), м;  $G_r$  – вес груза в кузове автомобиля, т.

Критическое значение  $X_a$ , определяющее его продольную устойчивость, находится на линии, проведенной по нормали к горизонтальной опорной поверхности через точку соприкосновения заднего колеса с поверхностью под продольным уклоном  $\beta$ .

Для обеспечения продольной устойчивости ТАТС необходимо, чтобы выполнялось условие

$$L - X_a \leq \operatorname{tg} \beta \cdot h_a, \quad (3.40)$$

где  $\beta$  – продольный уклон. Он ограничивается предельными значениями продольного уклона для карьерных дорог. Для каждого разреза уклон индивидуален в зависимости от конкретных горнотехнических условий;  $h_a$  – высота расположения центра тяжести груженого автомобиля, находится в пределах  $[h_0; h_r + h_{\text{п}}]$ .

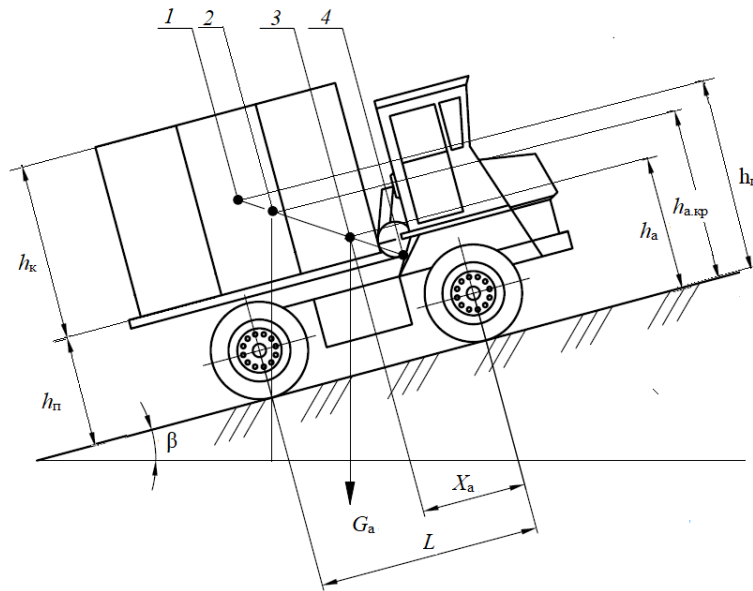


Рисунок 3.16 – Расчетная схема для определения продольной устойчивости ТАТС:  $h_a$  – высота расположения центра тяжести груженого ТАТС;  $h_{a,кр}$  – предельно допустимая высота положения центра тяжести при преодолении уклона  $\beta$ ;  $\beta$  – угол продольного уклона;

$h_r$  – высота расположения центра тяжести груза;  $h_{\text{п}}$  – высота расположения грузовой платформы над опорной поверхностью ТАТС;  $h_k$  – высота специализированного контейнера;  $G_a$  – вес груженого автомобиля

Зная значение предельного уклона  $\beta$ , преодолеваемого ТАТС в конкретных горнотехнических условиях, можно определить предельно допустимые значения координаты  $X_r$  центра масс груза (при установке контейнеров разных типоразмеров), а следовательно, и возможные варианты расстановки их на платформе ТАТС по критерию устойчивости автомобиля:

$$X_r = \frac{(G_0 + G_r) \cdot (L - \operatorname{tg}\beta \cdot h_a) - X_0 \cdot G_0}{G_r} . \quad (3.39)$$

При установке платформы также необходимо уделить внимание заднему свесу  $L_2$  для исключения понижения профильной проходимости ТАТС:

$$L_2 = \frac{h_n}{\operatorname{tg}\alpha} , \quad (3.40)$$

где  $\alpha$  – угол заднего свеса, град.; Задний угол свеса  $\alpha$  должен быть меньше угла подъема  $\beta$ .

Высота расположения центра тяжести груженого автомобиля ограничивается и возможностью преодоления поперечного уклона (рисунок 3.17).

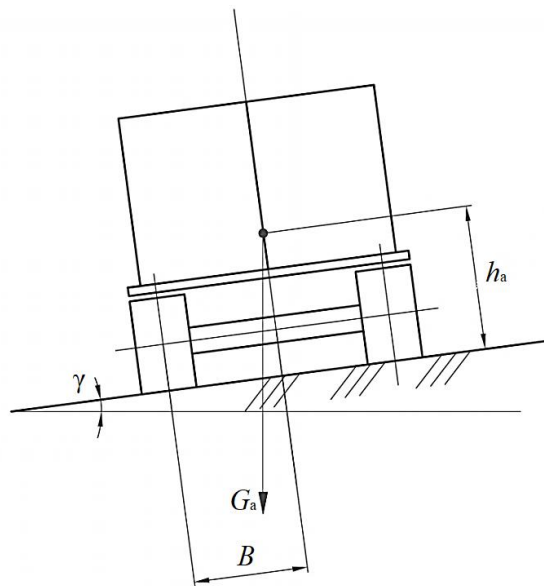


Рисунок 3.17 – Расчетная схема для определения поперечной устойчивости ТАТС:  $\gamma$  – угол поперечного уклона;  $B$  – расстояние от оси колеса до центра тяжести по горизонтали



Минимальное значение  $h_a$ , при котором сохраняется поперечная устойчивость ТАТС, определяется по формуле

$$h_a = \frac{B}{\operatorname{tg}\gamma}, \quad (3.41)$$

Проведенные проверочные расчеты на поперечную устойчивость показали, что при минимальном значении  $B$ , т. е. максимально возможном смещении центра тяжести в сторону противоположного колеса, опрокидывание ТАТС произойдет в случае, если высота расположения его центра тяжести  $h_a$  будет равна 8,4 м. При этом фактически максимально возможно расположение центра тяжести на высоте 2,4 м. Таким образом, поперечная устойчивость ТАТС достигается в любом случае.

Рассмотрены ТАТС на базе карьерного, шахтного и шоссейного автомобилей, как одиночных, так и с низкорамным полуприцепом.

Карьерные автосамосвалы являются самыми приспособленными и адаптированными технологическими транспортными средствами для работы в горнотехнических условиях разреза. Они конструктивно обеспечивают оптимальные параметры устойчивости и проходимости при эксплуатации на карьерных дорогах. Шахтные подземные вагоны выбраны по критерию минимальной погрузочной высоты вследствие низкого расположения рамы. Таким же достоинством обладают низкорамные полуприцепы. Шоссейный автотранспорт распространен в использовании на практике, поэтому тоже требует рассмотрения.

Расчетные высоты центра тяжести груженого ТАТС для преодоления максимального уклона 120 ‰ представлены на рисунке 3.18.

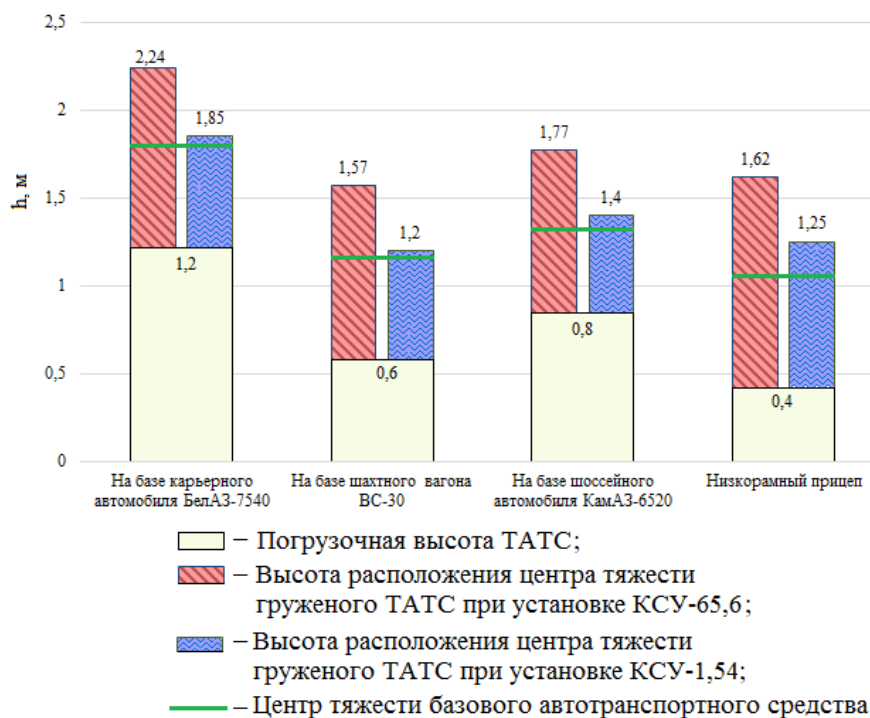


Рисунок 3.18 – Расчетные значения высот центра тяжести груженого ТАТС для преодоления продольного уклона 120 ‰, при перевозке горной массы с объемным весом  $1 \text{ кг/м}^3$

Проведенные проверочные расчеты на продольную устойчивость показали, что при минимальном значении  $X_a$ , т. е. максимально возможном смещении центра тяжести в сторону задней оси, опрокидывание ТАТС произойдет в случае, если высота расположения его центра тяжести  $h_a$  будет равна 9,8 м. При этом фактически максимально возможно расположение центра тяжести на высоте 2,24 м при исполнении ТАТС на базе БелАЗ-7540. Поэтому продольная устойчивость ТАТС достигается при любом его конструктивном исполнении.

Таким образом, рассмотренные варианты исполнения ТАТС позволили определить предельно допустимые координаты положения центра тяжести, обеспечивающие продольную и поперечную устойчивости подвижного состава на карьерных автодорогах с максимальными уклонами. При этом минимальный центр тяжести ТАТС отмечен при использовании шахтного вагона.

### Выводы по главе 3

1. В результате структурирования и анализа исходных факторов определены основные параметры ТАТС, предназначенного для вывозки специализированных контейнеров с сортовым углем из забоя на дневную поверхность: грузоподъемность; мощность двигателя; длина, ширина, высота грузовой платформы; габаритные размеры и радиусы поворота ТАТС.

2. Рассчитаны зависимости фактической грузоподъемности ТАТС от производительности комплекса перерабатывающего оборудования, которые определяются способом расстановки специализированных контейнеров с сортовым углем на грузовой платформе и временем их загрузки, а также номинальной грузоподъемности от времени оборота и количества ТАТС, работающих на линии.

3. Установлены зависимости габаритной длины, ширины и высоты грузовой платформы ТАТС от параметров специализированных контейнеров с учетом высоты сброса сортового угля с погрузочного конвейера, а также номинальной грузоподъемности ТАТС от размеров его грузовой платформы и габаритных размеров ТАТС от варианта его конструктивного исполнения.

4. Определена требуемая мощность двигателя ТАТС в зависимости от его грузоподъемности для различных вариантов конструктивного исполнения.

5. Установлены предельно допустимые координаты положения центра тяжести, обеспечивающие продольную и поперечную устойчивости подвижного состава на карьерных автодорогах с максимальными уклонами.

6. Разработана методика определения конкретных параметров ТАТС для заданных горнотехнических условий, в частности типов забоя, заходки и применяемого выемочно-погрузочного оборудования.

## **4 ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМАХ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

В данном исследовании процесс получения сортового угля в забойных условиях рассматривается в рамках цикличной технологии добычи при разработке экскаватором типа мехлопата с использованием автомобильного транспорта. При получении сортового угля непосредственно в забое в комплекс горнотранспортного оборудования добавляется перерабатывающее оборудование, включающее в себя дробильную установку для разделения крупных кусков угля, сортировочное оборудование, обеспечивающее на выходе материал заданного гранулометрического состава – сортовой уголь, конвейерное оборудование, посредством которого осуществляется связь между технологическими элементами, и бункерное – для временного хранения переработанных углепродуктов. Для вывоза рядового угля, не участвующего в процессе переработки, используются автосамосвалы, а получаемый сортовой уголь вывозится ТАТС на дневную поверхность в специализированных контейнерах.

### **4.1 Перерабатывающее оборудование и его составные элементы**

Технология переработки рядового угля в сортовой и загрузка его в специализированные контейнеры в забое представлена на общей схеме (рисунок 4.1) [77]. Уголь загружается в приемный бункер 1 мобильной дробильной установки, расположенной в зоне разгрузки 2 ковшом экскаватора. После чего уголь питателем подается непосредственно в дробилку 3, где большие куски измельчаются. Далее измельченный уголь по ленточному передаточному конвейеру 4 поступает в бункер 5, а затем на вибрационное поле 6 грохота, состоящее из сит с отверстиями разного размера.

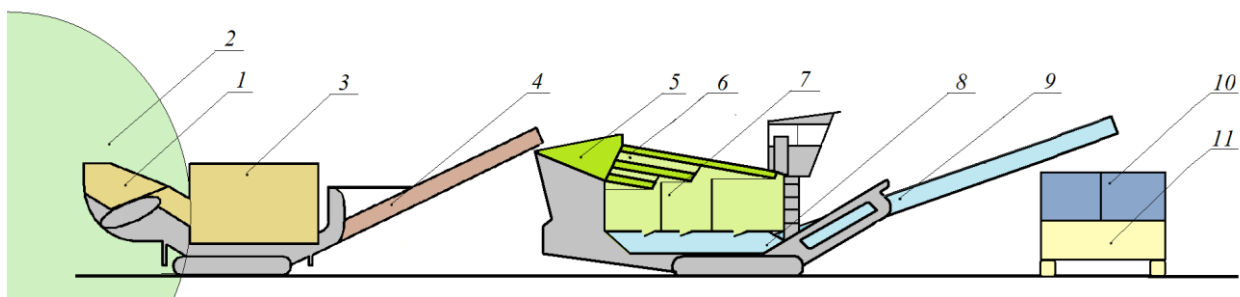


Рисунок 4.1 – Горнотранспортное оборудование для получения сортового угля в забое

На ситах уголь разделяется по фракциям, которые попадают в соответствующие определенному сорту аккумулярующие бункеры 7, расположенные под ситами. Количество бункеров должно совпадать с максимальным количеством типов сорта, которые можно получить на данной сортировочной установке.

Аккумулярующие бункеры могут быть выполнены отдельными емкостями либо как одна емкость, разделенная перегородками. Второй вариант удобен в использовании при больших колебаниях в спросе на определенные сорта угля. Например, когда на какой-либо сорт угля спрос минимален, а на другой – максимален, допускается исключение одной перегородки, способствующее увеличению емкости бункера для сорта с максимальным спросом.

Далее с аккумулярующего бункера уголь требуемой фракции посредством открытия шиберного затвора поступает в дозатор 8 погрузочного конвейера 9 для загрузки в специализированный контейнер 10, расположенный на ТАТС 11. При этом погрузочный конвейер 9 способен последовательно осуществлять погрузку различных по классу сортов угля и подрешетного продукта. Количество погрузочных конвейеров 9 в зависимости от технологических параметров процесса получения сортового угля может быть больше одного.

Комплекс оборудования является мобильным и должен быть адаптирован к передвижению со скоростью, соответствующей скорости движения фронта добычных работ. Поэтому технологические элементы установлены либо на автомобильном шасси, либо являются частью самоходной или пере-

движной дробильной, сортировочной или дробильно-сортировочной установки, оснащенной собственным ходовым механизмом. Ходовые механизмы выбирают в зависимости от несущей способности грунтов, сложности карьерных трасс, климатических и других горнотехнических условий, а также с учетом типа ходовых устройств смежно работающего забойного оборудования (экскаваторов) и их характеристик [25].

Дробилка является начальным звеном в технологическом процессе получения сортового угля в забое. Подача материала в дробилку осуществляется питателем. Для обеспечения непрерывной и равномерной подачи материала над питателем монтируется загрузочный (приемный) бункер. Его объем определяется исходя из производительности дробилки, типа питателя и емкости ковша экскаватора, которым подается исходный материал – рядовой уголь. Высота расположения бункера относительно земной поверхности должна быть не больше максимальной высоты разгрузки экскаватора – рабочего параметра, указанного в паспорте экскаватора. Размеры загрузочного отверстия бункера должны соответствовать размерам ковша экскаватора или превосходить их для устранения просыпаний при загрузке.

Размеры и исполнение дробилки выбираются в зависимости от характеристик исходного материала, заданной степени измельчения, необходимой производительности и требований, обусловленных технологическими схемами добычи [78, 79]. Степень измельчения дробильного агрегата обеспечивает выход с установки раздробленной породы с определенным диапазоном значений размеров кусков, которые на сортировочной установке делятся на соответствующие классы сортового угля.

В таблице 4.1 представлена зависимость выбора типа дробящего агрегата от степени измельчения [80].

Таблица 4.1 – Тип дробящего агрегата в зависимости от степени измельчения

Степень измельчения	Крупность, мм		Типы дробилок
	$d_n$	$d_k$	
Крупная	1500 – 150	250 – 40	Шнековые
Средняя	250 – 40	40 – 6	Конусные
Мелкая	25 – 3	6 – 1	Валковые, молотковые

Из таблицы 4.1 видно, что выход всех классов сортового угля может обеспечить шнековая дробилка. С учетом критерия минимальных габаритных размеров оборудования при высокой его производительности в качестве дробильного агрегата рационально использовать шнекозубчатые дробилки (таблица 4.2), обладающие относительно малыми габаритными размерами и общей массой, предназначенные для дробления кусков угля размером от 150 до 1500 мм при производительности от 12 до 5000 м<sup>3</sup>/ч [81, 82].

Таблица 4.2 – Технические характеристики шнекозубчатых дробилок\*

Модель дробилки	Рабочая длина вала, мм	Крупность, мм		Максимальная производительность, т/ч
		на входе	на выходе	
ДШЗ 150	200–500	150-200	20-50	12
ДШЗ 300	500–1200	300	25-60	70
ДШЗ 500	1000–1200	500	35-160	500
ДШЗ 625	1000–2500	650	35-250	1200
ДШЗ 800	1200–2800	800	35-300	1500
ДШЗ 1000	1600–3000	1000	35-300	2000
ДШЗ 1200	1800–3600	1200	35-400	3000
ДШЗ 1500	2000–4000	1500	35-500	5000

\* Изготовитель: ЗАО «Гормашэкспорт».

Раздробленный материал выдается на передаточный конвейер, обеспечивающий подачу исходного материала на грохот. Передаточный конвейер устанавливается на транспортную базу дробильной установки. Для передачи горной массы от одного агрегата к другому наибольшее применение получи-

ли ленточные конвейеры за счет надежной и прочной конструкции и высокой производительности.

Максимальный угол наклона ленточного конвейера может достигать 20–22°. При транспортировании разрушенных пород допустимый угол подъема 16–18°. При необходимости возможно изготовление конвейеров с большим углом наклона с применением специальных лент и дополнительных устройств. При регулировании положения става ленточного конвейера следует учитывать, что значение высоты сброса раздробленного угля должно коррелировать со значением высоты расположения загрузочного бункера грохота [83, 84].

Грохот обеспечивает на выходе уголь определенного фракционного состава. Главным функциональным элементом грохота является сито. Сита расположены друг над другом, а размер отверстий в них уменьшается от верхнего к нижнему. При данном способе получения сортового угля наблюдается высокое качество грохочения и небольшой износ мелких сит, однако увеличивается высота установки. Согласно технологической схеме получения сортового угля мобильный грохот снабжен аккумулялирующими бункерами, в нижней части которых имеется питатель для отгрузки полученного гранулометрического состава на погрузочный конвейер. Также установка снабжается кабиной для оператора, контролирующего процесс погрузки.

Для сортировки угля в основном используются инерционные грохоты (таблица 4.3). Максимально рекомендуемая крупность кусков питания составляет 300 мм [85].

Таблица 4.3 – Технические характеристики грохотов

Модель грохота	Производительность, т/ч	Габариты, мм		
		длина	ширина	высота
ГИЛ 32	40	3200	2410	1105
ГИЛ 42	80	4580	2820	1200
ГИЛ 43А	80	4340	2800	1580
ГИЛ 52А	100	4880	3050	1200
ГИСЛ 32	120	5700	2330	2460



Модель грохота	Производительность, т/ч	Габариты, мм		
		длина	ширина	высота
ГИСЛ 42	До 300	5700	2533	2461
ГИСЛ 62У-1	До 450	5773	2785	2650
ГИСТ 52	450	5765	2660	2730

Предоставляемые промышленностью модели грохотов должны быть адаптированы под предлагаемую технологию, а именно: количество используемых для сортировки сит должно соответствовать количеству требуемых классов сортового угля на выходе; должна иметься возможность замены сит в процессе изменения структуры спроса; сортировочная установка должна быть оборудована аккумулярующим бункером, оснащенный съемными перегородками, отделяющими требуемый сорт от отсева.

Аккумулярующий бункер является важной частью сортировочной установки, обеспечивающей накопление сорта для загрузки его в специализированные контейнеры. Те классы отсортированного угля, которые не востребованы в данный момент времени, аккумулируются, затем объединяются с рядовым углем и погрузочным конвейером грузятся в автосамосвал и транспортируются как рядовой уголь.

*Объем аккумулярующего бункера* – параметр, определяющий его габаритные размеры, связанный главным образом с грузоподъемностью транспортного средства и производительностью перерабатывающего оборудования (рисунок 4.2).

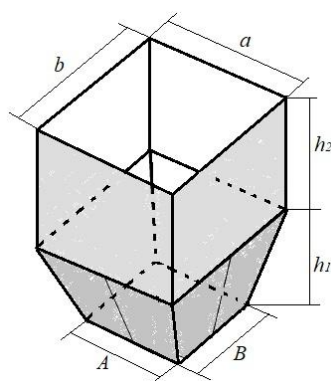


Рисунок 4.2 – Вариант внешнего вида и параметры аккумулярующего бункера

Вместимость бункера находят по известной формуле для расчета объема геометрической фигуры, верхняя часть которой представляет собой параллелепипед, нижняя – усеченную пирамиду, по которой и рассчитывается вместимость бункера, представленного на рисунке:

$$V = a \cdot b \cdot h_2 + \frac{1}{3} \cdot h_1 (a \cdot b + \sqrt{a \cdot b \cdot A_6 \cdot B_6} + A_6 \cdot B_6) \quad (4.1)$$

где  $a$ ,  $b$  – стороны прямоугольного бункера, м;  $A_6$ ,  $B_6$  – стороны выпускного отверстия, м;  $h_1$  – высота призмы, м;  $h_2$  – высота параллелепипеда, м.

Из формулы (4.1) видно, что вместимость бункера определяется его геометрическими размерами, которые, в свою очередь, имеют ограничения, обусловленные технологической схемой, а именно параметрами смежных элементов оборудования.

Уравнение для расчета вместимости аккумулирующего бункера с учетом рассматриваемой технологической схемы (см. рисунок 4.1) принимает вид

$$V = a_r \cdot b_r \cdot h_2 + 1/3 \cdot h_1 (a_r \cdot b_r + \sqrt{a_r \cdot b_r (a - 2h_1 \cdot \operatorname{tg}(90 - \gamma)) b_{\text{пит}}} + (a - 2h_1 \cdot \operatorname{tg}(90 - \gamma)) b_{\text{пит}}), \quad (4.2)$$

где  $a_r$  – длина сортировочного сита;  $b_r$  – ширина сортировочного сита;  $\gamma$  – угол естественного откоса угля,  $\gamma_y = 30-45^\circ$ ;  $b_{\text{пит}}$  – ширина ленты питателя.

Для обеспечения максимальной вместимости аккумулирующего бункера составляющая высоты  $h_1 \rightarrow \min$ . Параметры  $a_r$ ,  $b_r$  и  $b_{\text{пит}}$  численно определяются параметрами предлагаемых промышленностью для использования грохотов и питателей соответственно, обеспечивающих заданную производительность перерабатывающего комплекса. Параметры  $h_1$  и  $h_2$ , составляющие высоту аккумулирующего бункера, не могут быть обусловлены параметрами конкретных предлагаемых сортировочных установок. Они зависят от параметров предлагаемого комплекса в целом, в частности от высоты сброса угля с передаточного конвейера дробильной установки.

В системе с погрузочным ленточным конвейером работает питатель, обеспечивающий равномерное поступление угля на ленту погрузочного конвейера. Производительность ленточных питателей регулируется изменением скорости движения ленты с помощью частотного преобразователя и (или) высоты слоя материала с помощью шиберного затвора. Управление погрузкой угля в контейнеры посредством погрузочного конвейера осуществляется с помощью оператора, который находится в кабине, располагающейся таким образом, чтобы была обеспечена видимость процесса погрузки.

В зависимости от производительности, которую должен иметь комплекс оборудования, составляется цепочка из элементов подходящего оборудования. При этом необходимо учитывать, что при соединении элементов между собой производительность последующего должна быть на 20–30 % больше производительности предыдущего элемента. Бункера являются элементами, нивелирующими такое изменение производительности.

Согласно техническим характеристикам центральных технологических элементов оборудования (дробилки и грохота), для рассмотрения возможности использования их в комплексе при разных горнотехнических условиях целесообразно выделить четыре группы оборудования, по такому признаку, как максимальная часовая производительность (таблица 4.4). Помимо возможности совместного использования элементов дробильного и сортировочного оборудования по производительности, необходимо учитывать его параметры и конструктивные особенности.

Таблица 4.4 – Варианты использования основного технологического оборудования в комплексе\*

Элементы оборудования	Максимальная производительность оборудования $Q_{об}$ , т/ч			
	до 50	50–100	100–500	до 1200
Дробилка	ДШЗ 150	ДШЗ 300	ДШЗ 500	ДШЗ 625
Грохот	ГИЛ 32	ГИЛ 52А	ГИСЛ 62У-1	ГИСЛ 62У-1 (3 ед.)

\* Комплекс ориентирован на выход двух сортов угля

Основным требованием к перерабатывающему оборудованию являются его минимальные габаритные размеры при достаточно высокой производительности [86].

Зарубежные дробильно-сортировочные установки малой производительности (до 300 т/ч) представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Краткий обзор мобильных комбинированных дробильно-сортировочных установок

Установки	Производительность, т/ч	Рабочие габариты, м	Объем бункера, м <sup>3</sup>
<i>Дробильные</i>			
Powerscreen Pegson XH320	До 250	12,8×4,06×3,1	5,4
Sandvik QI340 (Extex I-C13)	До 200	13,96×4,11×3,81	6,4
Hartl Powercrusher PC 1060 I	До 200	13,5×5,25×3,3	5
Terex-finlay I-110RS	До 260	17,7×5,8×4,4	5
EXTEC C-10	До 225	13,82×2,64×3,29	4,95
<i>Сортировочные</i>			
Terex finlay 683	До 275	16,5×17,25×5,3	8
Maximus 409	До 300	12,53×14,27×3,8	3,84
Sandvik QA331 (Fintec F542)	До 275	15,34×16,34×3,37	8
Powerscreen Warrior 800	До 280	14,09×11,27×3,92	6,4

Существуют комбинированные дробильно-сортировочные установки, смонтированные на одном шасси, однако включают оборудование, не отвечающее требованиям предлагаемого технологического процесса. Например, большинство установок (ДСУ-30, ДСК-135 и др.) имеют в своем составе агрегаты первичного и вторичного дробления или агрегаты предварительного грохочения (Sandvik UF320), находящиеся перед дробилками.

Выпускаемое промышленностью дробильное и сортировочное оборудование отличается разнообразием конструкций и широким диапазоном производительностей, что открывает большие возможности для выбора конкретных видов и типов оборудования, их установки, размещения на рабочей площадке забоя и вариантов использования.

Варианты погрузки или размещения отсева представлены на рисунке 4.3.

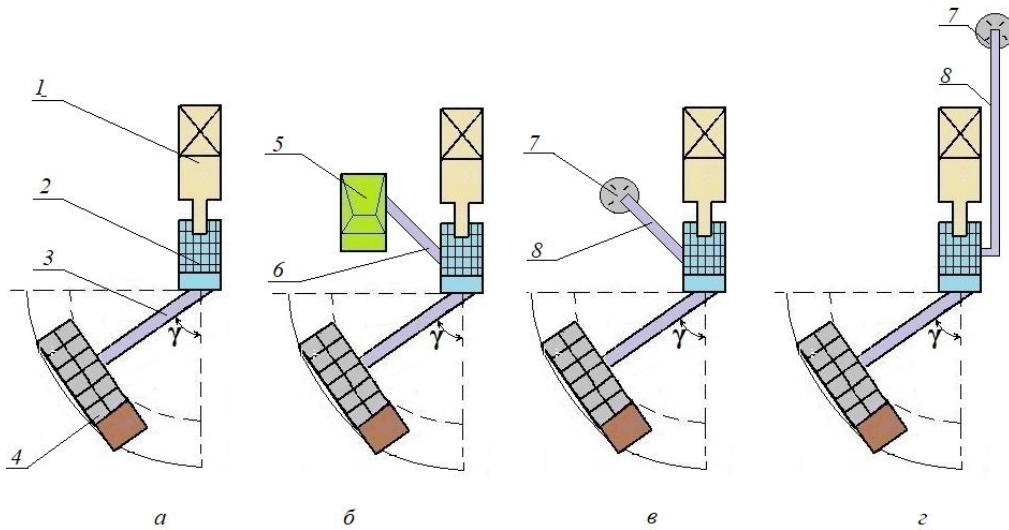


Рисунок 4.3 – Варианты отгрузки отсева и сортового угля с сортировочной установки предлагаемого комплекса оборудования: *a* – отгрузка отсева в автосамосвал и сорта в ТАТС по одному погрузочному конвейеру; *б* – одновременная отгрузка сорта в ТАТС и отсева в автосамосвал по разным погрузочным конвейерам; *в* – отгрузка сорта по погрузочному конвейеру в ТАТС, а отсева по штабелирующему конвейеру на рабочую площадку; *г* – отгрузка сорта по погрузочному конвейеру в ТАТС, отгрузка отсева по штабелирующему конвейеру в зону действия выемочного экскаватора; 1 – дробильная установка; 2 – сортировочная установка; 3 – погрузочный конвейер; 4 – ТАТС со специализированными контейнерами; 5 – автосамосвал; 6 – погрузочный конвейер для отсева; 7 – штабель; 8 – штабелирующий конвейер для отсева

В схеме комплекса оборудования, представленной на рисунке 4.3, *a*, предполагается *выход сортового угля и отсева по одному погрузочному конвейеру*. Данный способ погрузки угля требует наличия аккумулирующего бункера сортировочной установки вместимостью, позволяющей одновременно накапливать для дальнейшей поочередной загрузки сортового угля в контейнеры, расположенные на ТАТС грузоподъемностью  $q_{тс}$  и рядового угля в автосамосвал, грузоподъемностью  $q_{сам}$ . Для этого аккумулирующий бункер должен иметь отсеки для хранения сорта и отсева, как вариант – общий бункер, разделенный съемными перегородками, дающими возможность регули-

ровать емкость отсеков для различного гранулометрического состава сорта и отсева в зависимости от структуры спроса.

Данный способ погрузки угля в транспортные средства характеризуется необходимостью наличия аккумулирующего бункера, вместимость которого ограничена конструктивными параметрами элементов оборудования предлагаемого комплекса и задает грузоподъемность используемых транспортных средств для транспортировки угля. Помимо этого, тратится большое количество времени на поочередную погрузку сортового угля и отсева, определяемое производительностью конвейера и грузоподъемностью транспортных средств.

В схеме комплекса оборудования, представленной на рисунке 4.3, б, предполагается наличие второго погрузочного конвейера, по которому осуществляется погрузка отсева в автосамосвал. В данном случае нет необходимости аккумулировать отсев: посредством питателя он равномерно поступает по дополнительному погрузочному конвейеру в автосамосвал. Ширина комплекса, от которой зависит возможность использования его в конкретных горнотехнических условиях, определяется габаритными размерами элементов перерабатывающего оборудования заданной производительности, углом поворота погрузочного конвейера отсева и параметрами автосамосвала. Данная схема предполагает использование транспортных средств с габаритными размерами, позволяющими маневрировать им одновременно на территории забоя.

Этот способ погрузки угля характеризуется увеличением ширины комплекса оборудования за счет добавления дополнительного погрузочного конвейера. Однако при этом уменьшается время погрузки автотранспортных средств.

В варианте, представленном на рисунке 4.3, в предусматривается *штабелирование отсева*. Затем штабель обрабатывается либо дополнительным погрузчиком, либо экскаватором, который после отработки слоя перед продвижением вперед возвращается для погрузки штабеля в автосамосвалы. В

этом случае ширина комплекса перерабатывающего оборудования зависит от ширины технологических элементов и длины штабелирующего конвейера.

Допустимая ширина штабеля при расположении оборудования на территории заходки определяется параметрами заходки:

$$b_{\text{ш}} = A - b_{\text{к}} - a \quad (4.3)$$

где  $A$  – ширина заходки;  $b_{\text{к}}$  – ширина комплекса;  $a$  – зазор между элементами технологического процесса при открытой разработке,  $a = 1$  м [87].

Данный способ требует дополнительных трудозатрат на разработку штабеля.

Применение схемы, предусматривающей *штабелирование отсева в зону действия экскаватора* (рисунок 4.3, *г*), возможно при соблюдении требований безопасности, а именно при достаточном пространстве в зоне действия экскаватора. Данный вариант возможен в основном при использовании выемочного оборудования с удлиненной рукоятью, способного разрабатывать полезное ископаемое широкими заходками.

Рассмотрим транспортно-технологические схемы размещения горнотранспортного оборудования и определим принципиальную возможность его размещения в забойных условиях разреза.

#### **4.2 Технологические схемы размещения горнотранспортного оборудования в забойных условиях разреза**

В связи с различием горнотехнических условий, а именно видами и размерами заходок, забоев, характером движения транспортных средств на добычном уступе, соотношением направлений движения машин и экскаваторов, маневренностью автотранспорта, возможно большое число схем подачи автосамосвалов под погрузку. Все схемы размещения добывающего оборудования и средств транспорта были рассмотрены профессором В. В. Ржев-

ским [88]. Однако применение предлагаемого комплекса оборудования значительно сокращает количество используемых схем за счет внедрения перерабатывающего звена и нового элемента технологического транспорта – ТАТС.

Выемочное оборудование определяет размеры заходки, транспортное – размеры рабочей площадки и карьерных автодорог. Предлагаемое перерабатывающее оборудование и ТАТС должны соответствовать этим параметрам забоя. На первом этапе решения поставленных задач были установлены параметры ТАТС, сейчас необходимо определить параметры перерабатывающего оборудования в предлагаемом комплексе, при которых его размещение в конкретных горнотехнических условиях возможно.

Рассмотрим транспортно-технологические схемы размещения комплекса горнотранспортного оборудования в наиболее распространенных горнотехнических условиях.

*При торцевом забое в сквозной заходке* автосамосвал под погрузку подается по сквозным, тупиковым или петлевым схемам. Сквозные схемы могут применяться при одностороннем не попутном движении машин на уступе. При встречном и одностороннем попутном движении используются петлевые, а в стесненных условиях – тупиковые схемы подачи машин. Как видно из рисунка 4.4, в большинстве случаев представляется возможность размещения перерабатывающего оборудования и ТАТС на разработанной экскаватором территории забоя – заходке.



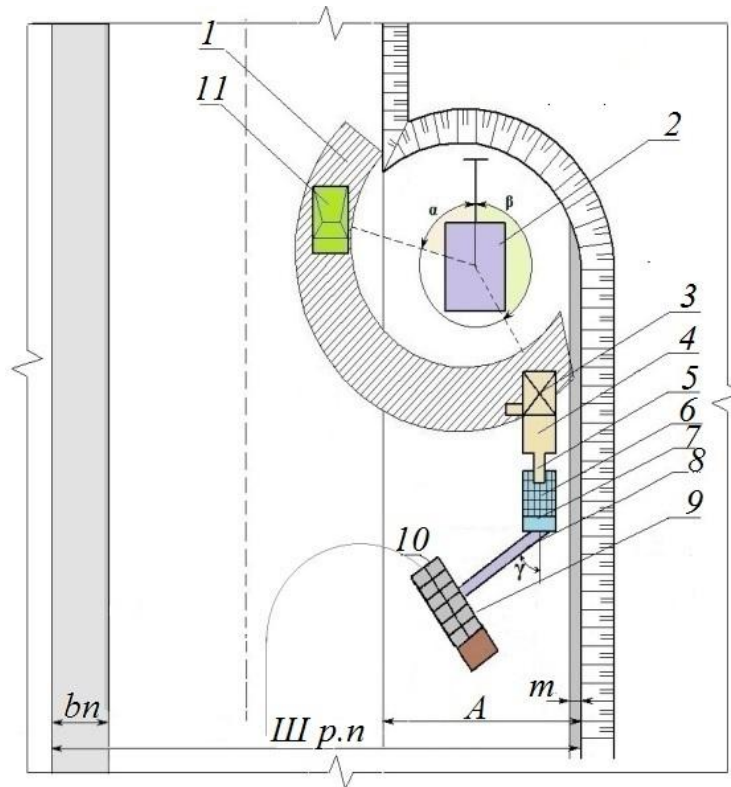


Рисунок 4.4 – Схема размещения оборудования при торцевом забое в сквозной заходке с для получения сортового угля и подачи автотранспорта под погрузку, где: 1 – зона разгрузки экскаватора; 2 – экскаватор; 3 – бункер дробильной установки; 4 – дробилка; 5 – передаточный ленточный конвейер; 6 – грохот; 7 – аккумулярующие бункеры; 8 – погрузочный конвейер; 9 – ТАТС; 10 – специализированный контейнер; 11 – автосамосвал;  $\alpha$  – угол поворота экскаватора для разгрузки в автосамосвал;  $\beta$  – угол поворота экскаватора для разгрузки в бункер дробильной установки;  $\gamma$  – угол поворота погрузочного конвейера;  $m$  – ширина кромки безопасности между бортом уступа и элементами оборудования;  $b_n$  – ширина призмы обрушения;  $\text{Ш}_{р.п}$  – ширина рабочей площадки;  $A$  – ширина заходки.

При использовании широких рабочих площадок маневры самосвала, предназначенного для вывоза рядового угля из забоя, осуществляются в пределах рабочей площадки без использования территории заходки (рисунок 4.4), поэтому появляется возможность установки оборудования на ее свободной площади. Внедрение перерабатывающего оборудования при минимальной ширине рабочих площадок возможно только при одностороннем не попутном движении автосамосвалов.

На широкой рабочей площадке обеспечивается разворот автосамосвала на  $180^\circ$ , т. е. минимальная ширина рабочей площадки

$$\text{Ш}_{\text{р.п}} \geq 2R + b_{\text{п}} + m, \quad (4.4)$$

где  $R$  – радиус разворота автосамосвала, м,

$$2R = D_{\text{разв}}. \quad (4.5)$$

где  $D_{\text{разв}}$  – диаметр разворотной площадки, который ограничивает маневренность ТАТС, используемого для транспортировки сортового угля.

Широкая рабочая площадка позволяет использовать свободную площадь заходки и оставшуюся часть рабочей площадки для расположения на ней перерабатывающего оборудования.

При расположении перерабатывающего оборудования в выработанном пространстве торцевого забоя с заданным значением ширины сквозной заходки  $A$ , м, необходимо выполнение условия

$$A \geq b_{\text{т.о}} + \sin \gamma \cdot l_{\text{к}} + b_{\text{тс}} + m, \quad (4.6)$$

где  $b_{\text{т.о}}$  – ширина технологического оборудования с максимальным размером (дробилки или грохота), м,  $l_{\text{к}}$  – длина погрузочного конвейера, м,  $b_{\text{тс}}$  – ширина ТАТС, м,  $m$  – полоса безопасности, м.

Ширина кромки безопасности  $m$  обусловлена ограничением правил безопасности [87] при установке перерабатывающего оборудования на территории заходки – расположение его крайнего элемента на расстоянии не ближе чем 1 м от бровки уступа.

Помимо варианта установки оборудования на территории заходки в торцевом забое (см. рисунок 4.4), при встречно не попутном движении тех-

нологического транспорта появляется возможность установки комплекса оборудования на территории рабочей площадки вне заходки (рисунок 4.5).

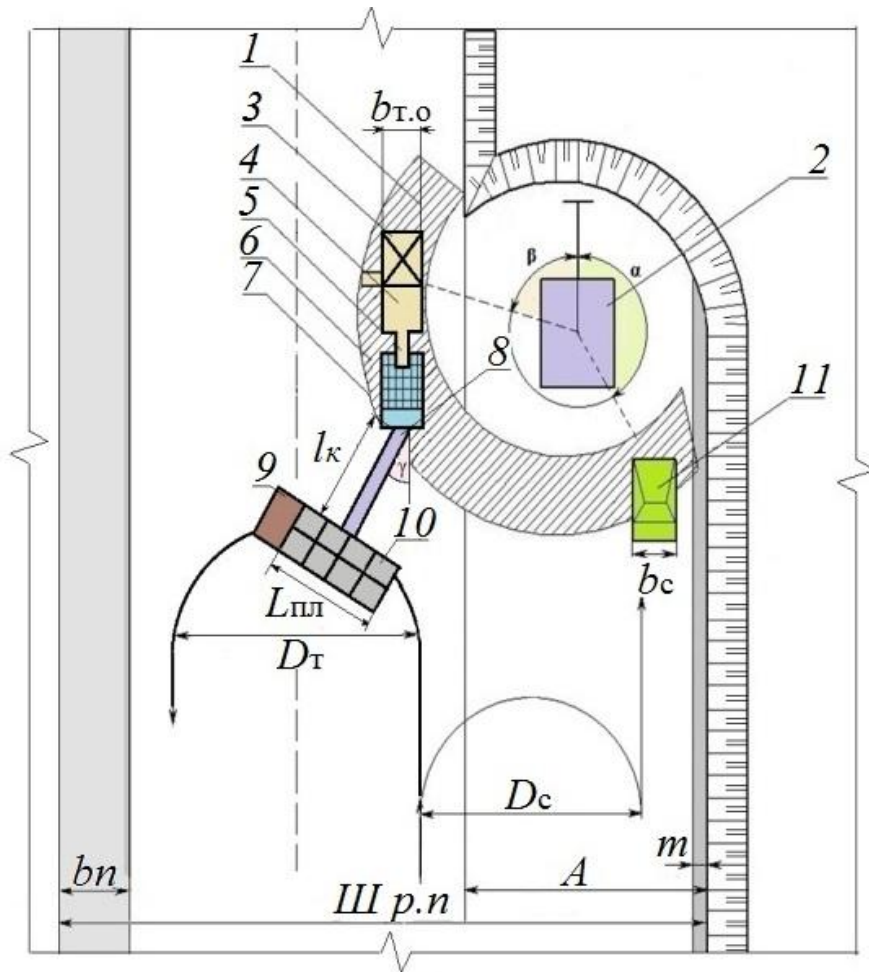


Рисунок 4.5 – Схема размещения оборудования при торцовом забое в тупиковой заходке с для получения сортового угля и подачи автотранспорта для погрузки, где 1 – зона разгрузки экскаватора; 2 – экскаватор; 3 – бункер дробильной установки; 4 – дробилка; 5 – передаточный ленточный конвейер; 6 – грохот; 7 – аккумулирующие бункеры; 8 – погрузочный конвейер; 9 – ТАТС; 10 – специализированный контейнер; 11 – автосамосвал;  $\alpha$  – угол поворота экскаватора для разгрузки в автосамосвал;  $\beta$  – угол поворота экскаватора для разгрузки в бункер дробильной установки;  $\gamma$  – угол поворота погрузочного конвейера;  $m$  – ширина кромки безопасности между бортом уступа и элементами оборудования;  $b_n$  – ширина призмы обрушения; Ш<sub>р.п.</sub> – ширина рабочей площадки;  $A$  – ширина заходки.

При расположении перерабатывающего оборудования на рабочей площадке торцевого забоя с заданным значением ширины тупиковой заходки  $A$ ,

м, и петлевым движении транспортных средств необходимо выполнение условия

$$\text{Ш}_{\text{п.п}} \geq b_{\text{п}} + \frac{l_{\text{п}}}{\sin \gamma} + \frac{\sin \gamma}{l_{\text{к}}} + \frac{b_{\text{т.о}}}{2} + D_{\text{с}} + b_{\text{с}} + m, \quad (4.7)$$

где  $l_{\text{п}}$  – длина платформы ТАТС;  $l_{\text{к}}$  – длина конвейера ТАТС;  $D_{\text{с}}$  – диаметр разворотной площадки автосамосвала;  $b_{\text{с}}$  – ширина автосамосвала,  $b_{\text{п}}$  – берма безопасности.

При этом для осуществления петлевых разворотов транспортных средств необходимо выполнение условия:

$$\text{Ш}_{\text{п.п}} \geq D_{\text{т}} + D_{\text{с}} + b_{\text{п}} + m \quad (4.8)$$

Расположение перерабатывающего оборудования в тупиковой траншейной заходке представлено на рисунке 4.6.

Пространство для разворота транспортного средства ограничено и используется практически полностью. Установка дополнительного оборудования большой производительности приведет к загромождению зоны маневренности автомобиля и несоблюдению требований безопасности. При расположении перерабатывающего оборудования в траншейной заходке с заданным значением ее ширины  $A$ , м, необходимо выполнение условия

$$A \geq b_{\text{т.о}} + \sin \gamma \cdot l_{\text{к}} + b_{\text{тс}} + b_{\text{с}} + 2m, \quad (4.9)$$

В данном случае особое внимание следует уделять подаче транспортных средств в забой. Требуется организовать ее таким образом, чтобы автомобили не пересекались, так как место для петлевого и тупикового движения транспортных средств ограничено.

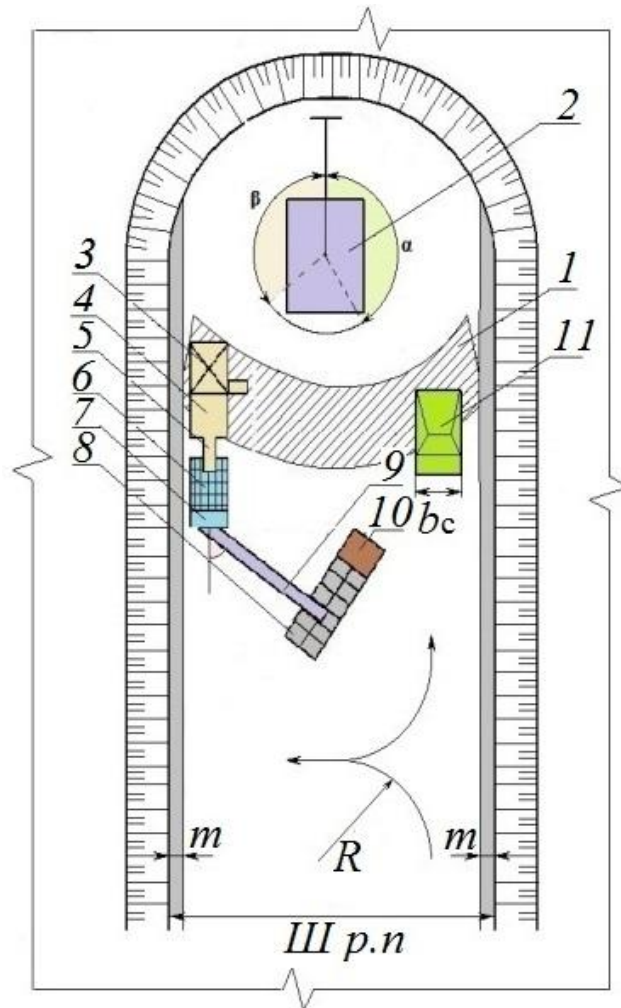


Рисунок 4.6 – Схема размещения оборудования в тупиковой траншейной заходке для получения сортового угля и подачи автотранспорта для погрузки, где 1 – зона разгрузки экскаватора; 2 – экскаватор; 3 – бункер дробильной установки; 4 – дробилка; 5 – передаточный ленточный конвейер; 6 – грохот; 7 – аккумулялирующие бункеры; 8 – погрузочный конвейер; 9 – ТАТС; 10 – специализированный контейнер; 11 – автосамосвал;  $\alpha$  – угол поворота экскаватора для разгрузки в автосамосвал;  $\beta$  – угол поворота экскаватора для разгрузки в бункер дробильной установки;  $\gamma$  – угол поворота погрузочного конвейера;  $m$  – ширина кромки безопасности между бортом уступа и элементами оборудования;  $b_{п}$  – ширина призмы обрушения;  $Ш_{р.п}$  – ширина рабочей площадки

Условия размещения оборудования в продольном забое соответствуют размещению оборудования в торцевом забое с единственным примечанием – комплекс следом за экскаватором будет передвигаться чаще.

Внедрение перерабатывающего оборудования в технологический процесс приведет к изменению технологических схем добычи. Для определения

возможности размещения перерабатывающего оборудования в забое необходимо выполнение изложенных выше условий, основным из которых является соотношение параметров перерабатывающего оборудования с параметрами забоя. Параметры забоя и его элементов зависят от геологических условий и рабочих характеристик выемочного оборудования, а также параметров применяемых автосамосвалов. Параметры ТАТС определены, параметры перерабатывающего оборудования обуславливаются конструктивными особенностями составляющих его элементов и требуемой производительностью.

### **4.3 Определение области использования горнотранспортного оборудования в различных горнотехнических условиях**

Размещение горнотранспортного оборудования в забое зависит от типа выемочного оборудования, параметров заходки, рабочей площадки, компоновочных схем комплекса перерабатывающего оборудования, типа и конструктивного исполнения ТАТС.

Параметры элементов забоя определяются типоразмером выемочного оборудования.

Размеры рабочей площадки траншейного забоя соответствуют размерам его заходки [88].

Ширина комплекса перерабатывающего оборудования меняется от своего минимального значения до максимального в зависимости от угла поворота погрузочного конвейера  $\gamma$  (см. рисунок 4.3).

Расположение комплекса зависит от размеров элементов забоя, которые определяются рабочими параметрами выемочного оборудования. Поэтому рассмотрим расположение комплекса в конкретных забойных условиях.

В таблице 4.6 представлена информация по значениям параметров элементов горнотранспортного комплекса в зависимости от горнотехнических условий разработки экскаваторами ЭКГ.

Таблица 4.6 – Параметры горнотранспортного оборудования технологии получения сортового угля в забое

Технологический параметр	Тип экскаватора			
	ЭКГ-5	ЭКГ-10	ЭКГ-12	ЭКГ-15
Ширина узкой заходки $A$ , м / ширина рабочей площадки $Ш_{р.п.}$ , м	9,04/27,04	12,6/30,6	14,3/33,8	15,6/37,6
Ширина нормальной заходки $A$ , м / ширина рабочей площадки $Ш_{р.п.}$ , м	15,3/33,3	21,4/39,4	24,3/43,8	26,52/48,5
Эксплуатационная производительность экскаватора $Q_э$ , м <sup>3</sup> /ч	535,9	948,2	1137,8	1422,2
Грузоподъемность автосамосвала $q_с$ , т/ч	30	60	43,2	54
Количество ковшей в самосвал $m$	5	5	3	3
Модель автосамосвала	БелАЗ-7540	БелАЗ-7555	БелАЗ-7545	БелАЗ-7555
Чередование самосвал/дробилка	5/1	5/1	3/1	3/1
Часовой выход рядового угля $Q_{ряд}$ , м <sup>3</sup> /ч	446,6	790,1	853,3	1066,7
Часовой выход сортового угля $Q_{сорт}$ , м <sup>3</sup> /ч	89,3	158,0	284,4	355,6
Ширина автосамосвала $b_с$ , м	3,86	4,74	4,24	4,74
Ширина технологической единицы перерабатывающего оборудования $b_{т.о.}$ , м	1,6	2,4	2,4	3,1

Примечание. Для всех моделей экскаваторов длина конвейера  $l_k$  составляет 11 м, угол поворота конвейера  $\gamma$  – от 0 до 90°, грузоподъемность ТАТС  $q_{тс}$  – 30 т, ширина ТАТС  $b_{тс}$  – 3,86 м.

В таблице 4.6 представлены параметры оборудования, входящего в технологическую цепочку для получения сортового угля в забое разреза и подобранного по производительности используемого выемочно-погрузочного оборудования.

Под шириной технологической единицы перерабатывающего оборудования подразумевается ширина дробильной или сортировочной установки в зависимости от того, ширина какой именно установки является максимальной.

Длина конвейера  $l_k$ , м, определяется по формуле:

$$l_k = \frac{h_{пл} + H + a_3}{\sin \alpha}, \quad (4.10)$$

где  $h_{пл}$  – высота погрузочной платформы ТАТС, м;  $H$  – высота контейнера, установленного на ТАТС, м;  $a_3$  – высота створок загрузочного люка (крыши) контейнера, м;  $\alpha$  – угол наклона конвейера, град.

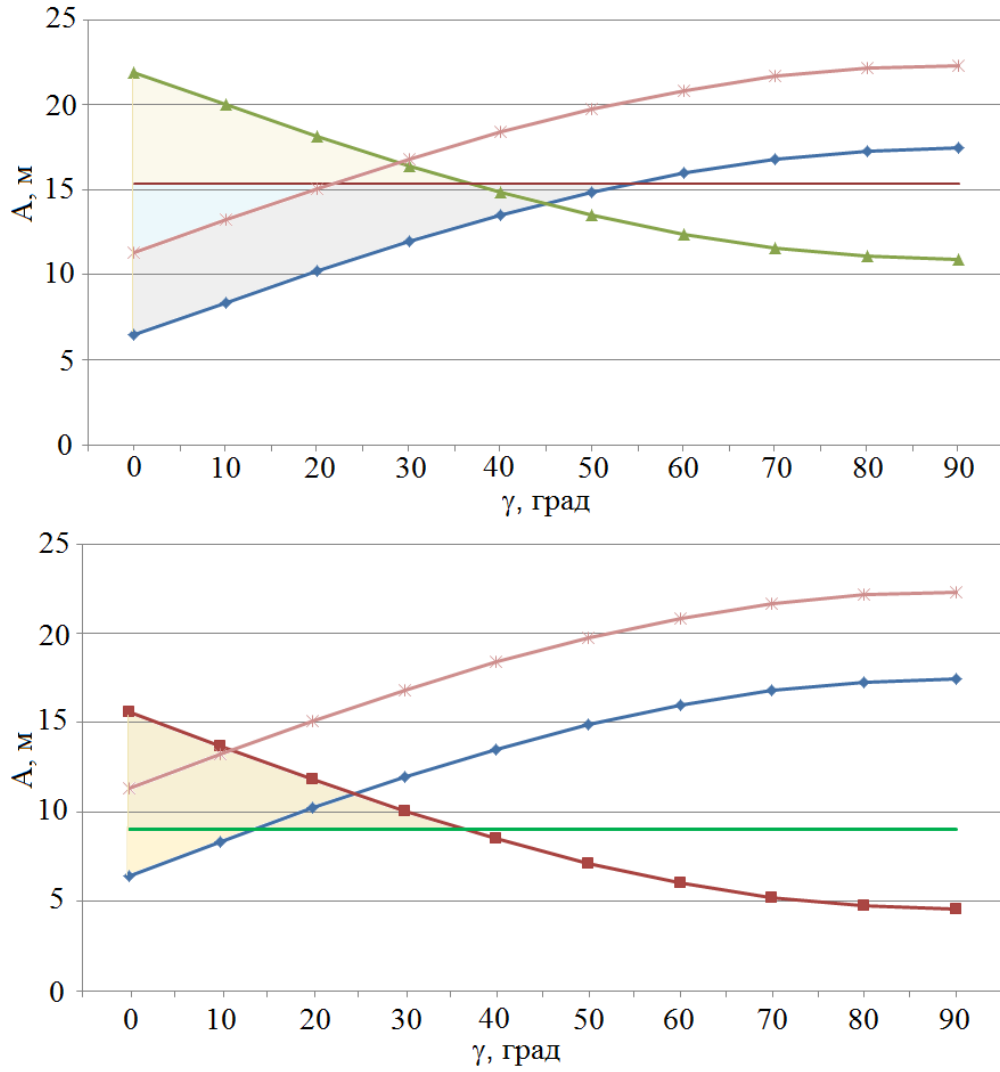
Грузоподъемность ТАТС рассчитывается по выражению (3.6).

Таким образом, ширина комплекса горнотранспортного оборудования, предполагаемого к внедрению в добычной забой при определенных параметрах всех элементов оборудования может варьироваться в зависимости от угла поворота погрузочного конвейера  $\gamma$  в границах от 0 до 90°.

На рисунке 4.7 представлены графические значения ширины заходки при расположении в различных забоях ЭКГ-5А, перерабатывающего оборудования и ТАТС, полученные по формулам (4.6) – (4.9).

Выделенные области показывают, что при отмеченных по оси значениях угла поворота погрузочного конвейера  $\gamma$  внедрение дополнительного оборудования в существующий забой возможно. В остальных случаях для реализации предлагаемой технологии получения угля в забое необходимо внести изменения в первоначальную технологию добычи, например увеличить ширину рабочей площадки за счет изменения углов откоса.





Ширина заходки, м, необходимая для расположения оборудования в забое: —  $\blacklozenge$  — рисунок 7, а;  $\blacksquare$  — рисунок 7, б;  $\ast$  — рисунок 7, в;  $\text{---}$  — ширина узкой заходки, м;  $\text{---}$  — ширина нормальной заходки, м

Рисунок 4.7 – Возможность расположения перерабатывающего и транспортного оборудования в узкой (а) и нормальной (б) заходке экскаватора ЭКГ-5А

На рисунках 4.8–4.11 представлены аналогичные зависимости для других экскаваторов ЭКГ.

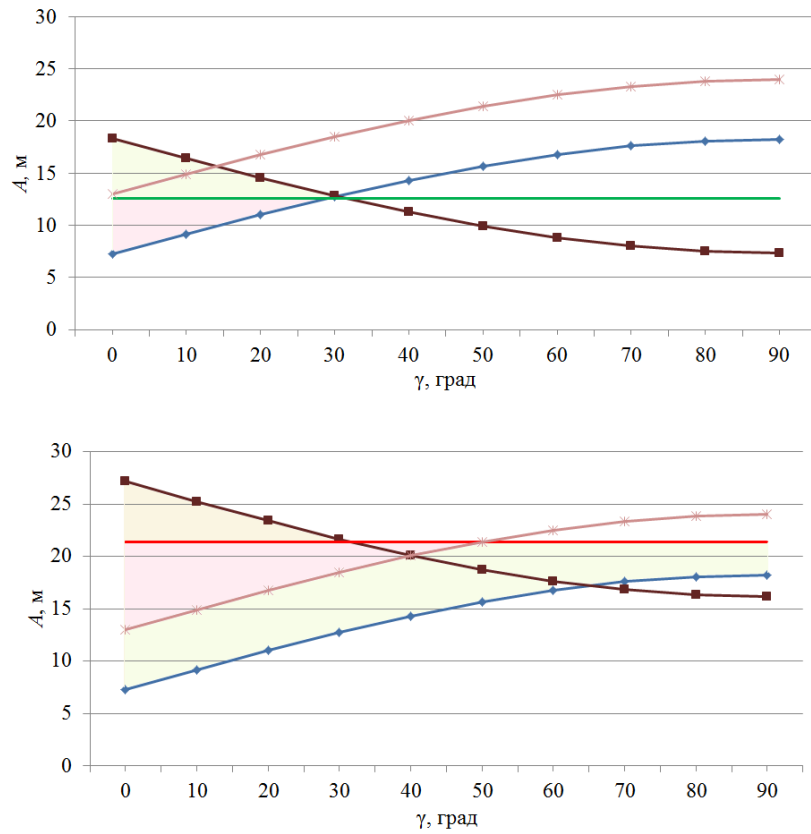


Рисунок 4.8– График, определяющий возможность расположения горнотранспортного оборудования для получения сортового угля в забоях экскаватора ЭКГ-10: обозначения см. рисунок 4.7

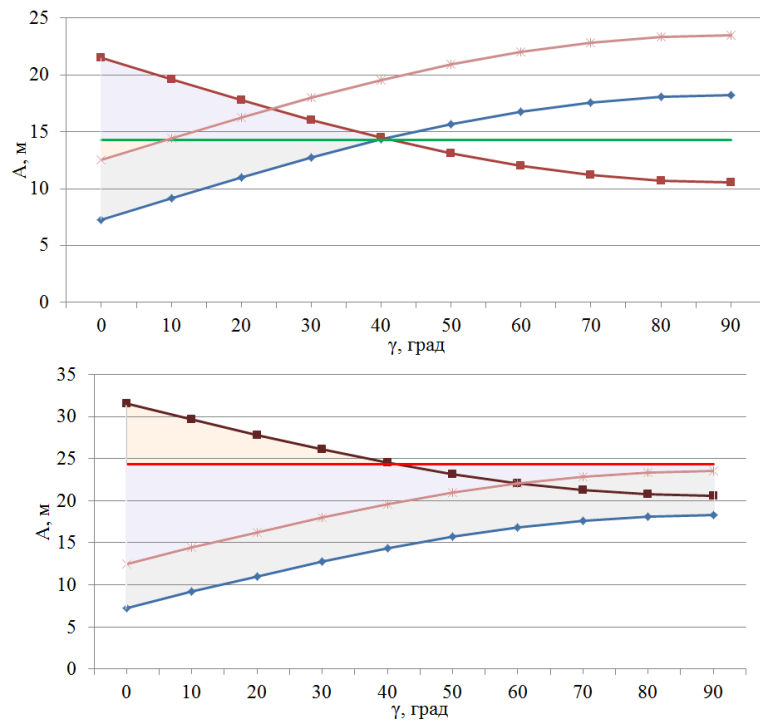


Рисунок 4.9 – График, определяющий возможность расположения горнотранспортного оборудования для получения сортового угля в забоях экскаватора ЭКГ-12: обозначения см. рисунок 4.7

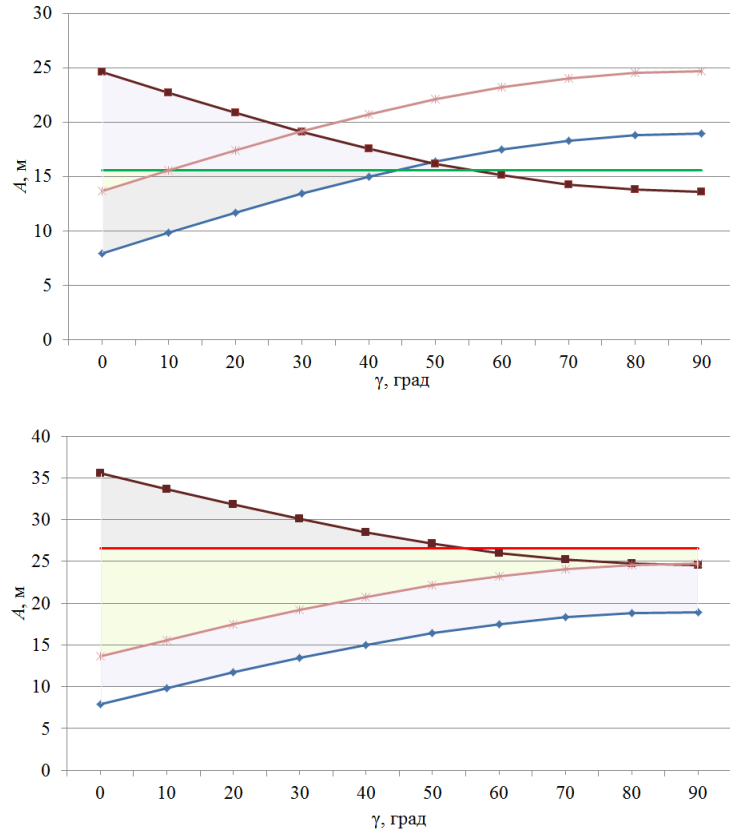


Рисунок 4.10 – График, определяющий возможность расположения горнотранспортного оборудования для получения сортового угля в забоях экскаватора ЭКГ-15: обозначения см. рисунок 4.7

Результаты, представленные на рисунках 4.7–4.10, сведены в таблицу 4.7 для узкой заходки и таблицу 4.8 для нормальной заходки.

Таблица 4.7 – Ограничения угла поворота погрузочного конвейера при осуществлении предлагаемой технологии в узкой заходке

Расположение в забое	ЭКГ-5А	ЭКГ-10	ЭКГ-12	ЭКГ-15
Торцевой забой, расположение оборудования на территории сквозной заходки	14	30	40	45
Торцевой забой, расположение оборудования за территорией сквозной заходки: -сквозное движение транспорта -петлевой разворот транспорта	14	5	15	23
	37	30	40	55
Тупиковая траншейная заходка	—	—	10	10

Таблица 4.8 – Ограничения угла поворота погрузочного конвейера при осуществлении предлагаемой технологии в нормальной заходке

Расположение в забое	ЭКГ-5А	ЭКГ-10	ЭКГ-12	ЭКГ-15
Торцевой забой, расположение оборудования на территории сквозной заходки	55	+	+	+
Торцевой забой, расположение оборудования за территорией сквозной заходки:	14	5	15	23
-сквозное движение транспорта	37	30	40	55
-петлевой разворот транспорта	37	30	40	55
Тупиковая траншейная заходка	21	50	+	+

Как видно из таблиц 4.7, 4.8, расположение оборудования в торцевом забое возможно в основном с ограничением по углу поворота погрузочного конвейера (зеленые ячейки указывают на возможность применения без ограничений). В тупиковой траншейной узкой заходке применение предлагаемой технологии невозможно для ряда экскаваторов (красные ячейки).

#### Выводы по главе 4

1. Разработаны технологические схемы размещения комплекса горного и транспортного оборудования для получения сортового угля в забое.
2. Обоснованы параметры комплекса перерабатывающего оборудования в составе дробильных и сортировочных установок, погрузочных конвейеров для получения сортового угля в забое в зависимости от производительности и схемы расстановки их в забое разреза.
3. Определены области использования горнотранспортного оборудования при различных производительностях, горнотехнических условиях переработки угля и схемах движения автотранспортных средств в забое.

## **5 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ПОЛУЧЕНИЮ И ПЕРЕВОЗКЕ СОРТОВОГО УГЛЯ**

Цель технико-экономического обоснования размещения перерабатывающего оборудования непосредственно в забое добывающего экскаватора заключается в определении возможности и экономической целесообразности получения сортового угля, исключая плечо транспортирования от забоя до перерабатывающего оборудования и перевалку угля открытым способом. Полученный в забое разреза сортовой уголь отгружается в специализированные контейнеры, установленные на технологическом автотранспортном средстве, и перевозится в них на склад готовой продукции, расположенный на дневной поверхности разреза. При этом перегрузка контейнеров с сортовым углем на другие виды транспорта осуществляется краном, что способствует ресурсосбережению и экологичности процесса. Рассмотрим предлагаемые технологические и технические решения применительно к участку «Новый» Балахтинского разреза, на котором компания ООО «СибУголь» ведет добычу и переработку угля в основном для потребителей Красноярского края.

### **5.1 Существующая технология добычи и переработки угля на Балахтинском разрезе**

Балахтинский угольный разрез разрабатывает Большесырское месторождение бурого угля, расположенное на территории Балахтинского района Красноярского края в 2 км севернее д. Б. Сыры (рисунок 5.1).



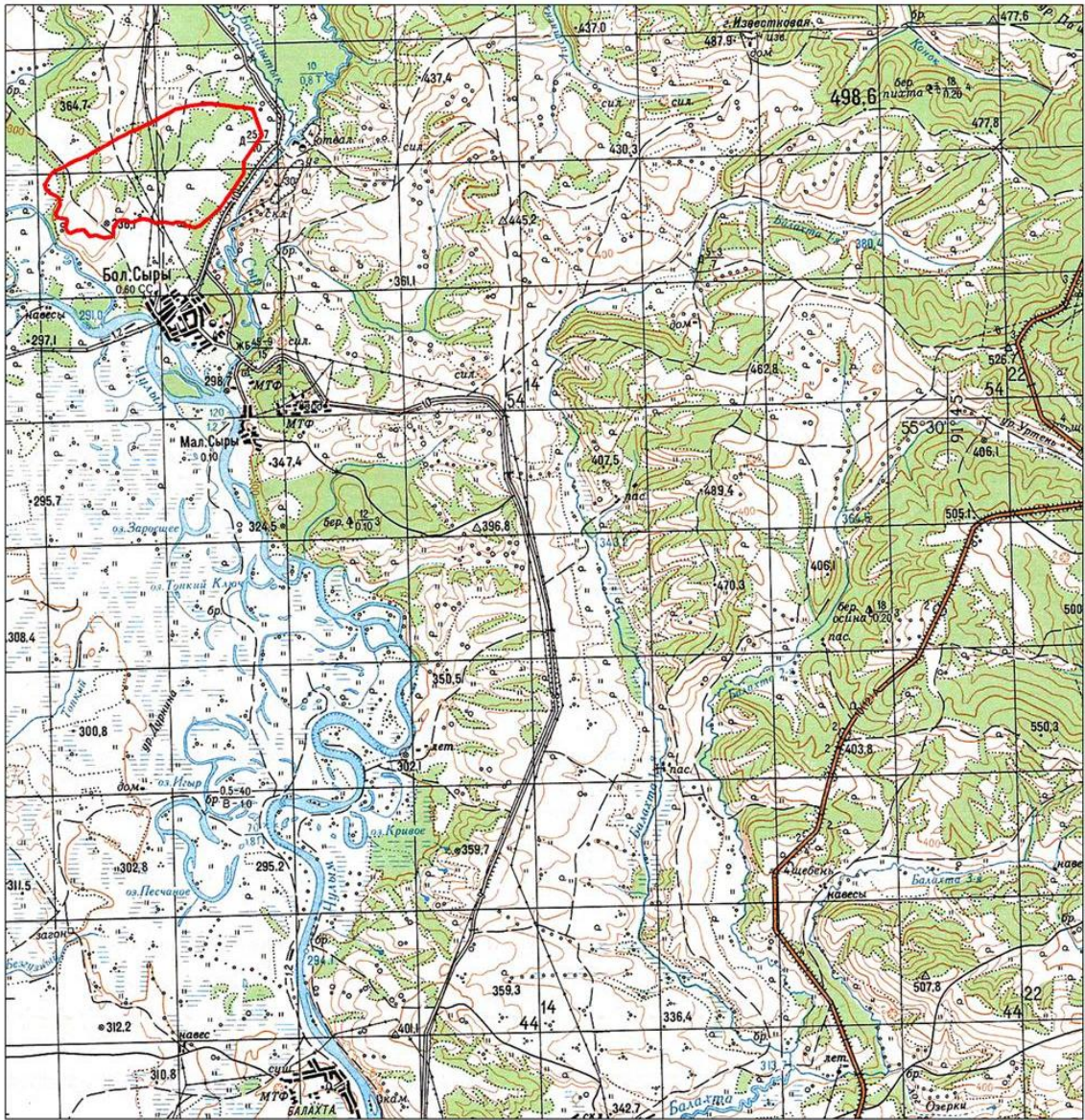


Рисунок 5.1 – Карта-схема расположения Балахтинского угольного разреза  
(масштаб 1:100000)

По состоянию на 2017 г. поле разреза представлено одним эксплуатационным участком «Новый». Длина участка с юга на север составляет 620 м, ширина – 240–350 м. Добывается уголь бурый, марка – третий, витринитовый, рядовой (ЗБВ). Величина теплоты сгорания колеблется от 4360 до 5230 ккал/кг, в среднем равна 4810 ккал/кг. Зольность углей около 5–6 %. Производительность разреза составляет 500 тыс. т угля в год и подготовленные запасы за год – 685 тыс. т. По данным разреза, потери угля составляют 4,2 %. Учитывая качественные характеристики углей по теплотворной способности,



они направляются потребителям без обогащения для коммунально-бытовых нужд.

Отработка участка «Новый» производится по транспортной системе с внутренним отвалообразованием (по классификации Н. В. Мельникова). Схема разработки участка компанией ООО «СибУголь» представлена на рисунке 5.2.



Рисунок 5.2 – Схема разработки участка «Новый» Большесырского месторождения компанией ООО «СибУголь»: 1 – добычные забои; 2 – передвижная дробильно-сортировочная установка; 3 – фасовочный цех; 4 – весы

Добычные работы ведутся без применения буровзрывных работ (рисунок 5.3).



Рисунок 5.3 – Общий вид рабочей зоны разреза

Техническая оснащенность разреза представлена следующими элементами горнотранспортного оборудования, работающего на вскрыше и добыче: экскаватор ЭШ-11/70, Komatsu PC-400 – 3 шт., PC-750 – 1 шт., PC-220 – 1 шт., бульдозеры Б-10М – 1 шт. и Komatsu D65E – 2 шт, погрузчики W-420 – 1 шт. и W-470 – 1 шт., автосамосвалы типа FAW с емкостью кузова 19,3 м<sup>3</sup>, грузоподъемностью 30 т – 13 шт.

В соответствии с проектной документацией применяется технологическая схема ведения добычных работ с использованием гидравлических экскаваторов Komatsu, которая предусматривает отработку пласта с делением на подступы (рисунок 5.4). Добытый уголь отгружается в автосамосвалы FAW-CA3252P2K2TIA.



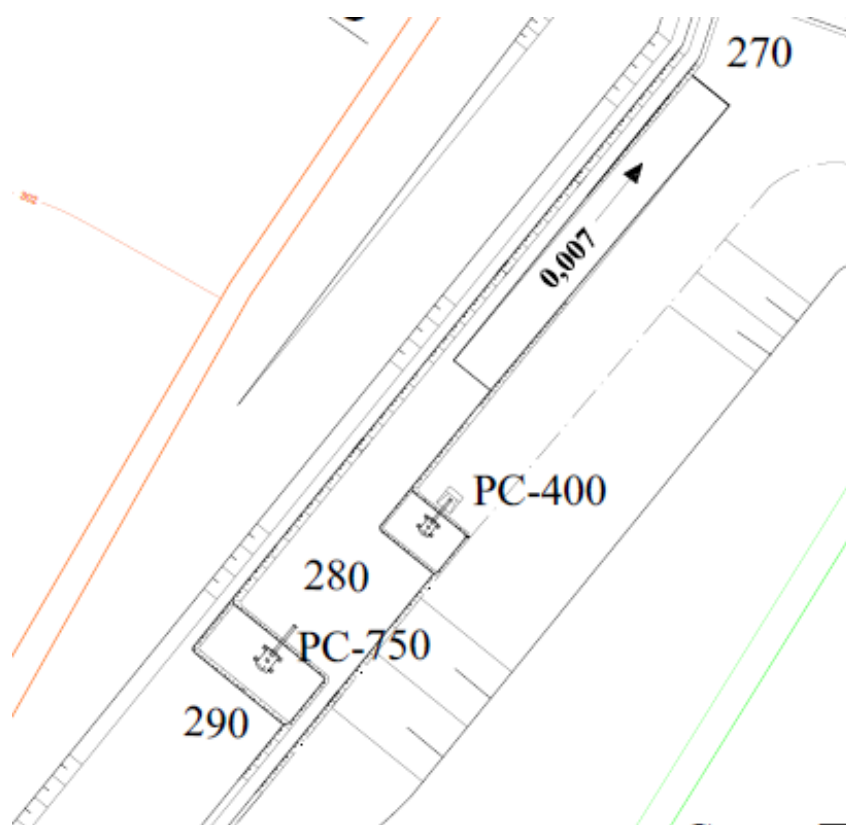


Рисунок 5.4 – Схема расположения добычных забоев

Для экскаваторов Komatsu PC-400 и PC-750 расчетная минимальная ширина заходки составит 13,0–14,5 м.

Гидравлические экскаваторы располагаются на промежуточном горизонте и разрабатывают уступ верхним и нижним черпанием. Положение горных работ с расстановкой экскаваторов приведено на рисунке 5.5, параметры системы разработки угля – в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Параметры системы разработки угля

Параметр	Значение
Высота уступа, м	5–10
Угол откоса рабочего уступа, град.	80
Ширина заходки, м	14
Ширина рабочей площадки, м:	
-минимальная	24
-максимальная	32,5
Число уступов	2–3
Длина фронта работ, м	400–500
Интенсивность подвигания фронта, м/г.	28

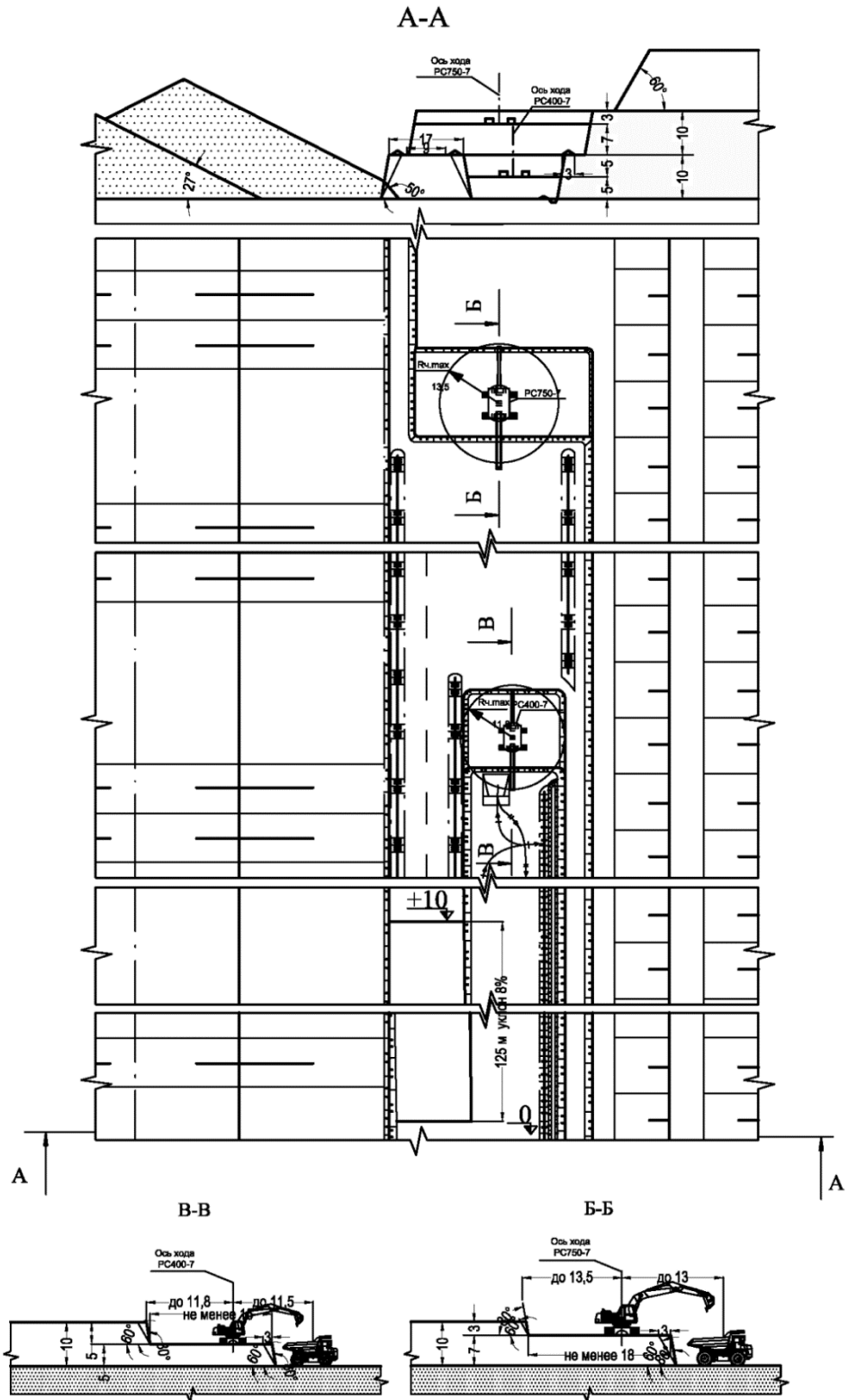


Рисунок 5.5 – Положение горных работ с расстановкой экскаваторов

Добытый уголь транспортируется к передвижной дробильно-сортировочной установке, местоположение которой указано на рисунке 5.2, внешний вид – на рисунке 5.6.



Рисунок 5.6. – Передвижная дробильно-сортировочная установка

Конечными продуктами сортировочного комплекса являются:

- сортовой уголь класса – 50+10 мм;
- сортовой уголь класса – 300+50 мм;
- отсев по классу – 10+0 мм.

Технология получения сортового угля следующая (рисунок 5.7): рядовой уголь с забоя разреза крупностью – 300+0 мм автосамосвалами грузоподъемностью 30 т перевозится на 1,6 км в приемный бункер ПДСУ емкостью 35 м<sup>3</sup>. Площадка перед приемным бункером для ограничения движения автомобиля задним ходом оснащена отбойным брусом. Из приемного бункера уголь посредством питателя подается на скребковый конвейер, снабженный окнами для отсева мелочи по классу – 10+0 мм. Отсев конвейером направляется в склад отсева. Для дальнейшей сортировки уголь поступает на шнековый грохот ГШ-1000. После грохочения ленточными конвейерами, соответственно, классы –50+10 мм, и –300+50 мм транспортируются в штабеля сортового угля и далее, погрузчиком отгружаются в кузова автосамосвалов для отправки потребителю. Один из конвейеров предназначен для отгрузки угля класса –300+50 мм непосредственно в кузова автосамосвалов. В месте

разгрузки угля с приводного барабана установлен ограждающий желоб для предотвращения разброса угля по погрузочной площадке.

В зависимости от потребительского спроса класс – 300+50 мм после сортировки транспортируется непосредственно для отгрузки поставщикам либо для увеличения выхода класса – 50+10 мм направляется на дробление. Ленточные конвейеры заводского исполнения оснащены колесной основой, что позволяет в короткие сроки осуществлять необходимую перестановку согласно технологическому процессу. Шнековый грохот также установлен на металлических полозьях заводского исполнения. Дробилка монтируется на основание, поставляемое заводом-изготовителем. Передвижной загрузочный бункер с направляющей точкой над дробилкой выполнен на жесткой металлической раме.

На ПДСУ транспортируется уголь в объеме 150–200 тыс. т, остальной в разрезе отгружается в транспорт потребителя (сельские частные потребители, коммунальные, общественные предприятия близлежащих населенных пунктов – транспортом потребителя) с вывозом по автодорогам общего пользования.

Режим работы дробильно-сортировочного комплекса (ДСК) увязан с круглогодичным режимом работы карьера, с семидневной продолжительностью рабочей недели. Максимальная емкость штабелей сортового угля рассчитывается исходя из 2 недельной работы ДСК.

После ПДСУ часть угля доставляется автосамосвалами в фасовочный цех, расположенный в 150 м от ПДСУ. Уголь фасуется в мягкую тару – мешки по 50 кг, формируется в грузовые единицы на поддонах и доставляется потребителю.

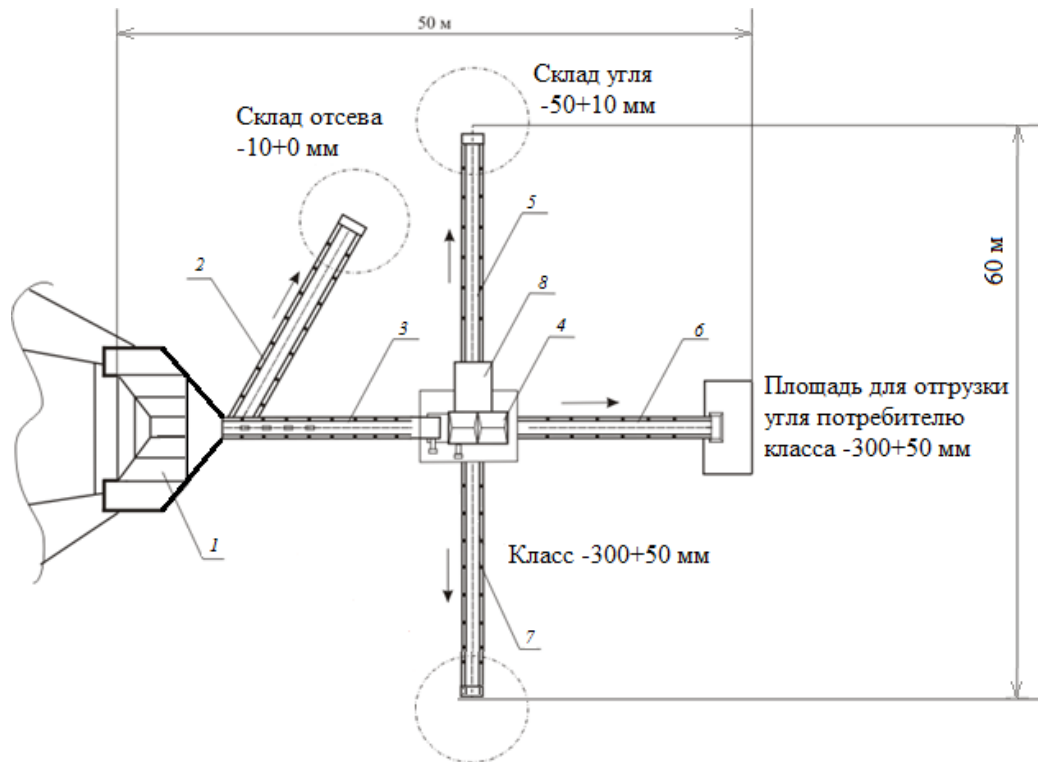


Рисунок 5.7 – План размещения оборудования по переработке угля Большесырского месторождения: 1 – приемный бункер; 2 – конвейер для отсева; 3 – скребковый конвейер; 4 – шнековый грохот ГШ-1000; 5 – ленточный конвейер для класса  $-50+10$  мм; 6,7 – ленточный конвейер для класса  $-300+50$  мм; 8 – кабина оператора

В процессе переработки угля возникают производственные потери. Они, как правило, появляются при складировании и погрузке готовой продукции. Значения годовых производственных потерь при работе ДСК на Балахтинском разрезе приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Производственные потери за 2017 г. при работе дробильно-сортировочного комплекса

Класс крупности, мм	Производственные потери, т, от массы готовой продукции (200 тыс. т)		
	Всего	В том числе	
		при складировании	при погрузке
$-10+0$	3500	1750	1750
$-50+10$	3500	1750	1750
$-300+50$	3000	1500	1500

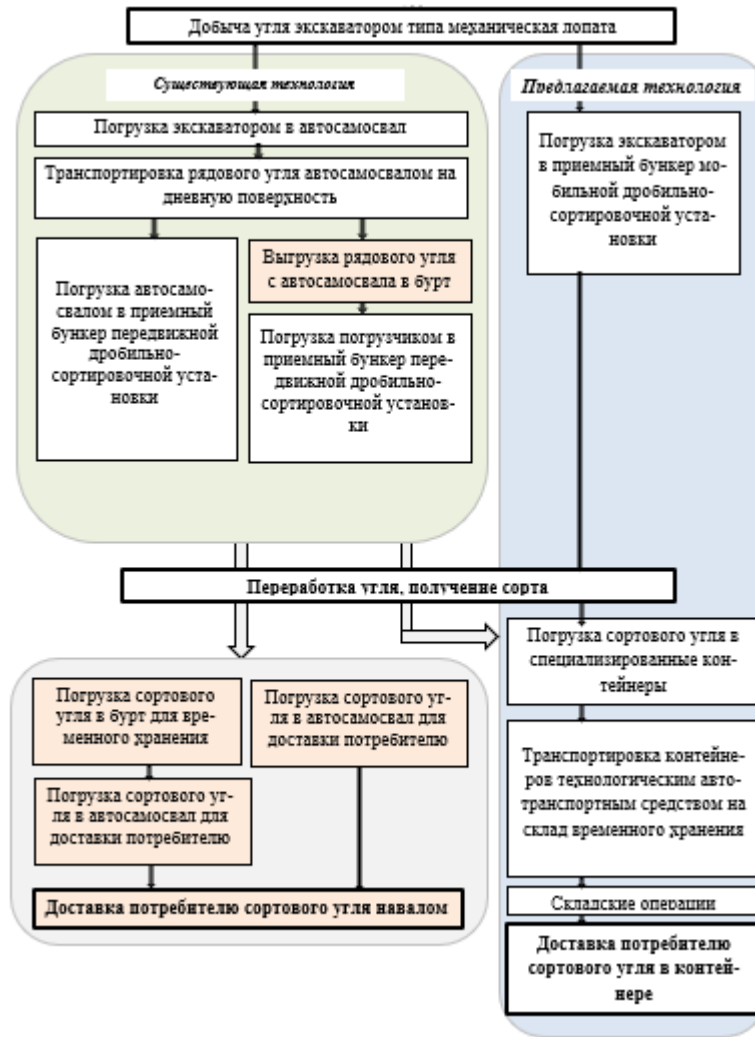


Рисунок 5.8 – Схема технологических операций по существующей и предлагаемой технологии

Существующая технология добычи угля, размещение перерабатывающего оборудования, учитывающее логику разреза, позволяют рассмотреть Возможны два варианта с точки зрения ресурсосберегающего и экологически чистого получения сортового угля. Первый вариант – размещение комплекса перерабатывающего оборудования непосредственно в забое экскаватора Komatsu PC-750, отгрузка полученного сорта в специализированные контейнеры, установленные на технологическом автотранспортном средстве. Данное решение позволяет убрать из технологии перевозку до пункта переработки и разгрузку угля на площадке ПДСУ. Второй вариант предусматривает использование уже имеющейся ПДСУ, вписанной в логику разреза (см. рисунок

5.2). Однако вместо открытых складов сортового угля его отгрузку с ПДСУ предлагается осуществлять в специализированные контейнеры, которые подаются в зону погрузки козловым краном и им же убираются груженые на промежуточный склад. Данное предложение позволяет убрать открытую перевалку сортового угля погрузчиком из бурта в кузов автосамосвала и, следовательно, сохранить качество и уменьшить потери (рисунок 5.8).

## 5.2 Предлагаемая технология добычи и переработки угля

Рассмотрим *первый вариант* получения сортового угля. Исходя из принятой на разрезе технологии добычи, эксплуатируемого выемочно-погрузочного оборудования, спроса на уголь, в том числе сортовой, предлагается на участке «Новый» в добычной заходке экскаватора Komatsu PC-750 на нижнем уступе разместить мобильное перерабатывающее оборудование по получению сортового угля. Экскаватор Komatsu PC-750 находится на промежуточном горизонте и разрабатывает уступ верхним и нижним черпанием (см. рисунок 5.2). Расположение дробильно-сортировочного оборудования именно на нижнем уступе экскаватора Komatsu PC-750 обуславливается следующими факторами:

- данный экскаватор максимально обеспечивает использование требуемой производительности дробильно-сортировочного оборудования;
- отсев, возникающий в процессе переработки (после сортировки), штабелируется на уступе и в дальнейшем обрабатывается вместе с рядовым углем идущим следом экскаватором Komatsu PC-400, также установленным на промежуточном горизонте.

Выбор типа дробильно-сортировочного оборудования осуществляется по производительности, максимальному размеру куска исходного материала и максимальному размеру куска готового продукта. Часовая производительность перерабатывающего дробильно-сортировочного оборудования  $Q_{об}$  является суммой двух составляющих: количества сортового угля (размер куска

от 50–150 мм) в час, вышедшего с погрузочного конвейера сортировочной установки  $Q_{\text{сорт}}$ , и количество рядового угля (размер куска от 0 до 50 мм) в час, вышедшего со штабелирующего конвейера  $Q_{\text{ряд}}$ . Учитывая существующую потребность в сортовом угле, равную 150–200 тыс. т в год, и возможность увеличения спроса до 250 тыс. т в год, рассчитаем составляющую часовой производительности перерабатывающего оборудования, которая должна обеспечить заданный годовой спрос на сортовой уголь  $Q_{\text{сорт}}$ . Необходимо учитывать, что режим работы горного оборудования в разрезе кругло-суточный и круглогодичный, поэтому с учетом простоя оборудования на текущих и капитальных ремонтных работах дробильно-сортировочное оборудование должно обеспечивать минимальный выход сорта в размере [32]:

$$Q_{\text{сорт}} = \frac{Q_{\text{год}} \cdot k_{\text{н}}}{N \cdot n_{\text{см}} \cdot n_{\text{ч}} \cdot k_{\text{исп}}}, \quad (5.1)$$

где  $Q_{\text{год}}$  – годовая потребность в сортовом угле, т/ч;  $k_{\text{н}}$  – коэффициент неравномерности подачи сырья,  $k_{\text{н}}=1,15$ ;  $N$  – число рабочих дней в году;  $n_{\text{см}}$  – количество смен в сутки,  $n_{\text{ч}}$  – продолжительность рабочей смены;  $k_{\text{исп}}$  – коэффициент использования оборудования,  $k_{\text{исп}} = 0,85$ .

Согласно формуле (5.1) дробильно-сортировочное оборудование должно обеспечить на выходе с погрузочного конвейера 50 т сортового угля в час.

Часовая производительность дробильно-сортировочного оборудования для бесперебойной работы в комплексе с добычным оборудованием должна коррелировать с производительностью экскаватора Komatsu PC-750, расчетная часовая производительность которого определена и равна 250 т/ч, а также обеспечивать выход сорта в размере 50 т/ч и работать в комплексе с самосвалом, предназначенным для вывоза рядового угля, отгружаемого добывающим экскаватором.

При использовании дробильно-сортировочного оборудования производительностью от 250 т/ч технология получения сорта будет ориентирована на



быстрое увеличение спроса. При этом использование такой перерабатывающей установки на первом этапе обеспечит выход сорта 20 % от общего объема переработки. Использование установки производительностью от 100 т/ч, обеспечивающей выход сорта в размере от 50 до 80 т/ч, увеличит долю выхода сортового угля с перерабатывающей установки, однако в таком случае помимо бункера дробильной установки экскаватор будет разгружать добытый уголь еще и в самосвал, что значительно понизит производительность добычного оборудования. Кроме того, использование дробильно-перерабатывающего оборудования производительностью от 100 т/ч не представляется возможным из-за несоответствия размера куска добытой породы экскаватором типа механическая лопата и размерами впускного бункера дробилки.

Таким образом, в качестве основных технологических элементов дробильно-сортировочного оборудования выбраны шнекозубчатая дробилка ДШЗ-500 и шнековый грохот ГШ-250. В таблице 5.3 приведены основные характеристики, а также рабочие параметры входящего в предлагаемый комплекс добывающего и дробильно-сортировочного оборудования, комплектация которого отражена на рисунке 4.1.

Таблица 5.3 – Основные характеристики предлагаемого комплекса добывающего и перерабатывающего оборудования

Параметры элементов оборудования	Значения
Экскаватор Komatsu PC-750:	
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	250
Объем ковша, м <sup>3</sup>	2,8–4,7
Максимальный радиус разгрузки, м	13
Максимальная высота разгрузки, м	8,14
Приемный бункер дробильной установки:	
Объем, м <sup>3</sup>	8,4–14,1
Ширина, м	1,72
Дробящий аппарат ДШЗ-500:	
Производительность максимальная, м <sup>3</sup> /ч	250
Габаритные размеры, м	4,8×1,6×0,67

Параметры элементов оборудования	Значения
Передаточный конвейер КЛ 1,2/15: Производительность, м <sup>3</sup> /ч Габаритные размеры, м Высота разгрузки, м	250 1,2×8,0 4,5
Приемный бункер сортировочной установки: Объем, м <sup>3</sup> Ширина, м	7,8–14,1 1,72
Грохот ГШ-250: Производительность, м <sup>3</sup> /ч Габаритные размеры, м	250 5,93×3,61×2,05
Аккумулирующий бункер: Объем, м <sup>3</sup> Габаритные размеры, м	21,4 5,93×3,61×1
Погрузочный и штабелирующий конвейеры КЛ 0,8/15: Производительность, м <sup>3</sup> /ч Габаритные размеры, м Высота разгрузки, м:	150 0,8×8,0 3

Аккумулирующий бункер устанавливается для обеспечения резервной мощности потока готового сортового продукта в случае непредвиденных остановок в технологическом процессе.

Комплекс дробильно-сортировочного оборудования монтируется на два транспортных шасси колесного типа. На первое – оборудование, относящееся к дробильной установке: приемный бункер, дробилка, передаточный конвейер; на второе – оборудование, относящееся к сортировочной установке: приемный бункер, грохот, аккумулярующий бункер, погрузочный и штабелирующий конвейеры. Технологические элементы комплекса подобраны по производительности, технологическим и конструктивным параметрам. Конвейерные линии можно располагать под разным углом в горизонтальной плоскости, тем самым меняя габаритную ширину всего комплекса, что обеспечивает возможность его размещения в забое [89].

Помимо этого комплекс предлагаемого дробильно-сортировочного оборудования можно составить самостоятельными единицами техники – дробильной и сортировочной, смонтированными на разных или на одном гусеничном шасси. Данный вариант комплекса состоит всего из двух технологических

звеньев, что упрощает его конструктивно и делает более компактным, это также гарантирует возможность его размещения в забое.

Отгрузка сортового угля осуществляется в специализированные контейнеры, установленные на технологическом автотранспортном средстве.

По данным за 2017 г., населением было совершено 3133 покупки угля общей массой 13173 т, таким образом, средняя масса одной покупки угля составляет около 4,2 т. Исследуя статистику закупок, делаем вывод, что наибольшее их число приходится на 2–4 т рядового угля. С учетом того что предлагается доставка в контейнерах сортового угля, представленные данные по объемам закупок необходимо умножить на поправочный коэффициент 0,7 за счет снижения объема заказа на 30 % из-за отсутствия мелочи и пыли в сортовом продукте (1,4–2,8 т сортового угля) [90]. Все это позволяет сделать вывод, что при переходе на предлагаемую технологию основным спросом в коммунально-бытовом секторе будут пользоваться контейнеры КСУ-1,5 и КСУ-3,3 грузоподъемностью 1,5 и 3,3 т соответственно.

ТАТС доставляет загруженные сортовым углем контейнеры на дневную поверхность – склад временного хранения, расположенный на расстоянии 1,6 км от добычного забоя. Склад представляет собой площадку для хранения контейнеров, оборудованную грузоподъемным механизмом. По результатам анализа технических характеристик предлагаемых промышленностью грузоподъемных машин для перегрузки контейнеров с сортовым углем наиболее подходит козловой кран КК-12,5 грузоподъемностью 12,5 т.

Существующий склад рядового угля при переходе на предлагаемую технологию сохраняется. Его размер из расчета хранения на складе двухнедельного (согласно нормативам предприятия) запаса рядового угля (19178 т), составляет 6972 м<sup>2</sup>.

Склад сортового угля, в свою очередь, претерпевает изменения: хранение сортового угля в буртах сменяется на хранение в контейнерах. Площадь существующего склада сортового угля в бурте составляет 2809 м<sup>2</sup>.

Площадь контейнерного парка определяется исходя из потребного количества контейнеров, необходимого для хранения двухнедельного запаса угля.

При расчете парка КСУ для хранения сортового угля по предлагаемой технологии воспользуемся существующей практикой, которая показывает, что без учета неравномерности грузового потока, количество КСУ можно вычислить по формуле [32]:

$$N_k = \frac{Q_r}{M_y \cdot N_{об}}, \quad (5.2)$$

где  $Q_r$  – объем перевозок. Примем его равным объему двухнедельного запаса – 7728 т;  $M_y$  – масса угля в контейнере, зависит от типоразмера КСУ;  $N_{об}$  – число оборотов контейнера в год, для частного сектора характерен заказ угля (с учетом объема угля в представленных КСУ) два раза в год, однако при единовременном хранении контейнеров на складе  $N_{об} = 1$ .

Итак, с учетом формулы 5.2 количество КСУ-1,5 и КСУ-3,3 будет равно 3746 ед.

Один КСУ-1,5 имеет размеры универсального контейнера АУК-0,625 и займет площадь пола, равную  $1,15 \text{ м}^2$ , а один КСУ-3,3 – площадь пола, равную  $1,89 \text{ м}^2$ . При определении фактической площади склада необходимо учитывать рекомендации, изложенные в нормативной документации [91, 92], а именно: контейнеры допустимо устанавливать в пять ярусов, зазоры между контейнерами равны 0,1 м, проходы между секторами или блоками контейнеров должны составлять 0,7–1,0 м. При 5-ярусной установке контейнеров 2576 ед. КСУ-1,5 займут площадь  $592 \text{ м}^2$ , а 1170 ед. КСУ-3,3 –  $442 \text{ м}^2$ . То есть значение полезной площади склада, занятой контейнерами, равно  $1034 \text{ м}^2$ . С учетом зазоров между контейнерами, проходов между их блоками и секторами площадь увеличится максимум вдвое (плюс порожние контейнеры), сле-

довательно максимально необходимая площадь склада для хранения двухнедельного запаса сортового угля равна  $2068 \text{ м}^2$ .

Таким образом, площадь склада сортового угля при переходе на предлагаемую технологию хранения в контейнерах уменьшится на  $741 \text{ м}^2$ .

Схема склада временного хранения контейнеров представлена на рисунке 5.9.

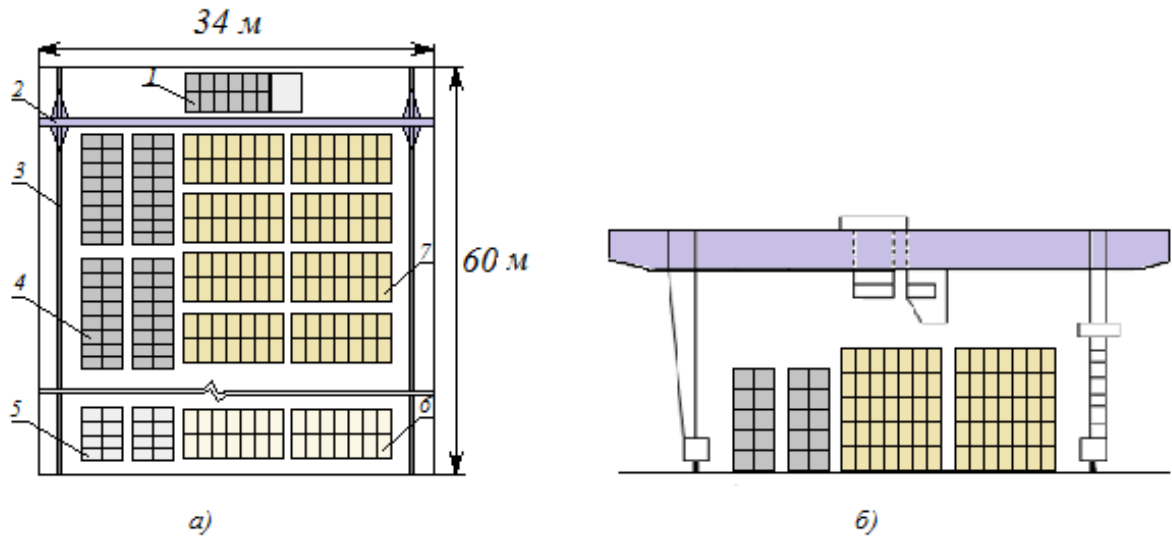


Рисунок 5.9 – Схема контейнерного склада: *а* – вид площадки сверху; *б* – вид с торца; *1* – ТАТС; *2* – козловой кран КК-12,5; *3* – рельсы для передвижения рамы крана с грузозахватным устройством; *4* – сектор с груженными контейнерами КСУ-1,5; *5* – сектор с порожними контейнерами КСУ-1,5; *6* – сектор с порожними контейнерами КСУ-3,3; *7* – сектор с груженными контейнерами КСУ-3,3

Номинальная грузоподъемность ТАТС и их количество, используемое на линии и обеспечивающее бесперебойную работу всего горнотранспортного комплекса оборудования, связаны отношением (3.10), время оборота в котором определяется по формуле (3.11) и равно 0,61 ч.

Результаты расчета по формуле (3.10) представлены графически на рисунке 5.10

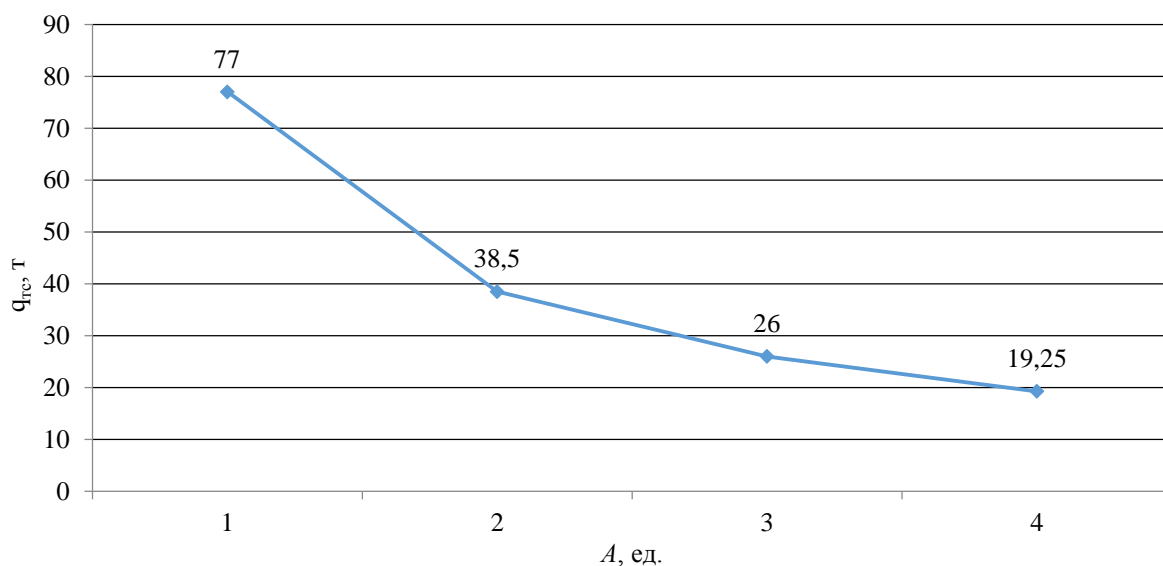


Рисунок 5.10 – Соотношение количества используемых ТАТС  $A$  и их грузоподъемности  $q_{гс}$

Из графика, представленного на рисунке 5.10, видно, что оптимальным вариантом, исключая простой добычного и перерабатывающего оборудования, является использование трех автомобилей номинальной грузоподъемностью 30 т.

Таким образом, для транспортировки сортового угля рассмотрим в качестве ТАТС шоссейный автомобиль FAW, оборудованный площадкой для установки специализированных контейнеров грузоподъемностью 30 т и эксплуатируемый в существующей технологии, и карьерный автомобиль БелАЗ-7540, также вместо самосвального кузова оборудованный площадкой для размещения специализированных контейнеров и более эффективный для работы в карьерных условиях. При расчетной грузоподъемности ТАТС в 30 т нет необходимости задействовать автопоезда, поэтому в технологии используем одиночный автомобиль.

С учетом размеров автомобилей, принятых за базу ТАТС, определим с помощью программы [58] размеры платформы. Исходные данные для расчета: ширина платформы равна ширине автомобиля: 3,66 м – для БелАЗ-7540 и 2,495 – для автомобиля FAW. Типоразмеры контейнеров, установленных на платформе: КСУ-5,7; КСУ-3,3; КСУ-1,5. Рассчитаем длину платформы, при

которой расстановка данных типоразмеров контейнеров обеспечит загрузку ТАТС наиболее оптимально (фактическая грузоподъемность приближается к 30 т). В результате работы с программой на основе исходных данных определены значения длины платформы: для БелАЗ-7540 – 5 м, для FAW – 7,5 м. Установка платформы длиной 7,5 м на автомобиль FAW потребует помимо демонтажа самосвального кузова еще и серьезных конструктивных изменений автомобильной рамы – ее удлинения. Поэтому выбираем в качестве базы ТАТС карьерный автомобиль БелАЗ-7540, длина платформы которого увеличивается на 0,6 м по сравнению с длиной самосвального кузова. Такое увеличение заднего свеса не повлияет на параметры проходимости транспортного средства.

На рисунке 5.11 представлены варианты расстановки контейнеров на платформе ТАТС на базе БелАЗ-7540, при которых коэффициент использования грузоподъемности ТАТС составляет 0,97.

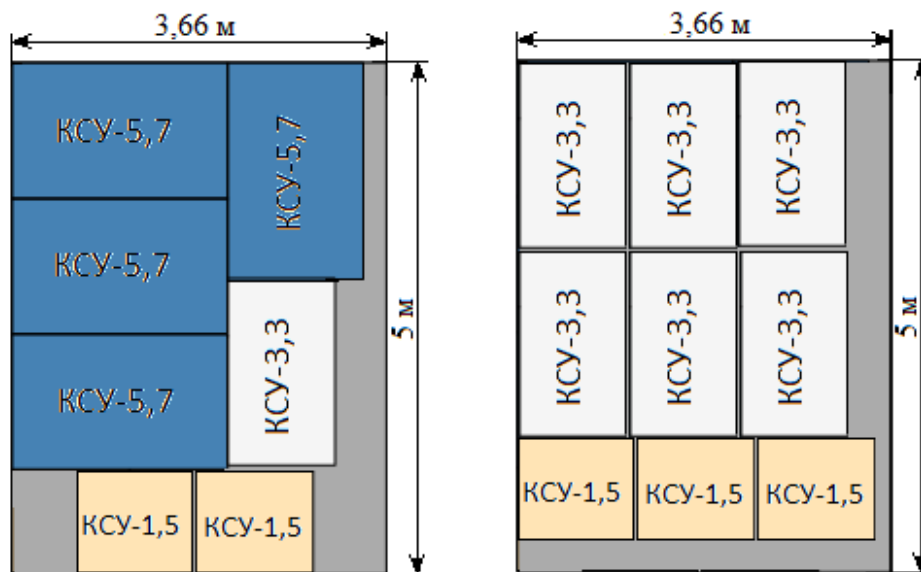


Рисунок 5.11 – Варианты расстановки контейнеров на платформе ТАТС

Итак, в качестве ТАТС предлагается использовать БелАЗ-7540, конструктивно приспособленный для транспортировки контейнеров.

Технологическая схема размещения горнотранспортного оборудования в Балахтинском разрезе соответствует первому предлагаемому варианту рас-

становки оборудования (см. рисунок 4.3, а), предполагающему размещение дробильно-сортировочного оборудования на территории заходки. В данном случае оборудование располагается на территории, выработанной экскаватором Komatsu PC-750 – нижнем уступе, при установке самого выемочного оборудования на подуступе (ширина рабочей площадки – 26 м).

Транспортно-технологическая схема размещения оборудования в добычном забое экскаватора Komatsu PC-750 участка «Новый» Балахтинского разреза представлена на рисунке 5.12.

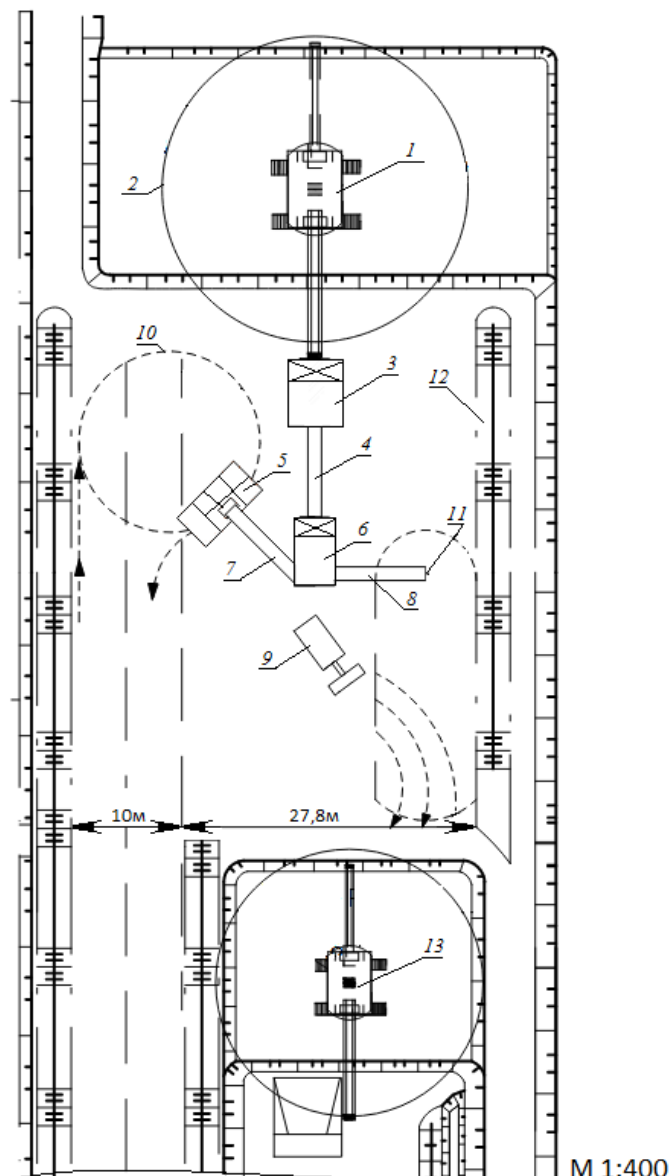


Рисунок 5.12 – Транспортно-технологическая схема размещения горнотранспортного оборудования в забое: 1 – экскаватор Komatsu PC-750; 2 – максимальный радиус черпания  $R_{ч.у} = 13,5$  м; 3 – дробилка ДШЗ-500; 4 – передаточный конвейер КЛ 1,2/15; 5 – ТАТС на



базе БелАЗ-7540; 6 – грохот ГШ-250; 7 – погрузочный конвейер КЛ 0,8/15; 8 – штабелирующий конвейер КЛ 0,8/15; 9 – бульдозер Б-10М; 10 – минимальный радиус поворота ТАТС  $R = 8$  м; 11 – бург отсева, ширина  $B = 8,9$  м; 12 – штабель породы для безопасного расположения оборудования и движения транспортных средств на территории заходки; 13 – экскаватор Komatsu PC-400

В результате установки горнотранспортного оборудования в опережающем забое экскаватора Komatsu PC-750 (рисунок 5.12) происходит получение сортового угля непосредственно в заходке. Сортовой уголь с погрузочного конвейера поступает в КСУ-1,5; КСУ-3,3, расположенные на ТАТС на базе БелАЗ-7540, который осуществляет транспортировку их до склада. На разработанной территории возможен петлевой разворот ТАТС, что позволяет ему свободно маневрировать. Отсев на выходе из сортировочного оборудования образует штабель максимальной шириной до 9 м. При необходимости штабель обрабатывается бульдозером – уголь подается к месту разработки экскаватора Komatsu PC-400. Основные характеристики и параметры технологии получения сортового угля в забое разреза Балахтинский представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Итоговая таблица с основными технологическими параметрами

<i>Горно-геологические условия</i>	Значения
Ширина, м:	
заходки	14
рабочей площадки	26
дороги	8
Расстояние до склада временного хранения, м	1,6
<i>Горнотранспортное оборудование</i>	
Производительность дробильно-сортировочного комплекса, т/ч	250
Размеры штабеля, м	4,5
Радиус поворота ТАТС	8
Грузоподъемность ТАТС	30
Количество ТАТС	2
Типы КСУ	КСУ-1,5; КСУ-3,3
Время загрузки ТАТС, ч	От 0,23
Время оборота ТАТС, ч	От 0,61
Бульдозер	Б-10М

Таким образом, на участке «Новый» Балахтинского разреза возможно получение сортового угля непосредственно в забое экскаватора Komatsu PC-750.

Рассмотрим *второй вариант* получения сортового угля, который учитывает уже имеющуюся ПДСУ, вписанную в логистику разреза, и организацию контейнерного склада временного хранения (рисунок 5.13).

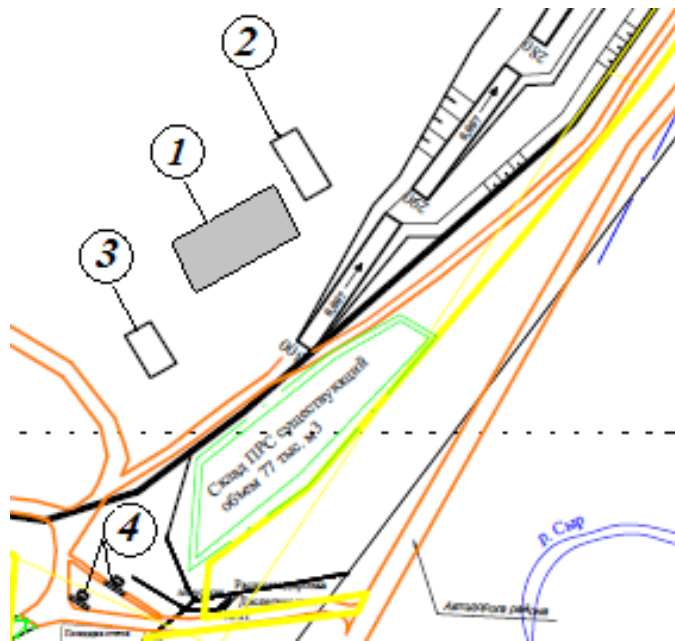


Рисунок 5.13 – Расположение склада временного хранения КСУ по вариантам получения сортового угля

Сортовой уголь и отсев после ПДСУ отгружаются в специализированные контейнеры, которые подаются в зону погрузки козловым краном и им же убираются груженые на промежуточный склад. Процесс отгрузки сортового угля с ПДСУ в специализированные контейнеры потребует погрузочного устройства, установленного в технологическую цепь погрузки за конвейером и предназначенного для поочередной загрузки контейнеров. Погрузочное устройство выполнено в виде лотка, вращающегося вокруг своей оси в горизонтальной плоскости на  $180^\circ$  и направляющего отгружаемый уголь поочередно в установленные контейнеры (рисунок 5.14). При работе грузозахватного механизма козлового крана погрузочное устройство поворачивается

на  $180^\circ$  и таким образом не создает помех для захвата и подъема контейнера.

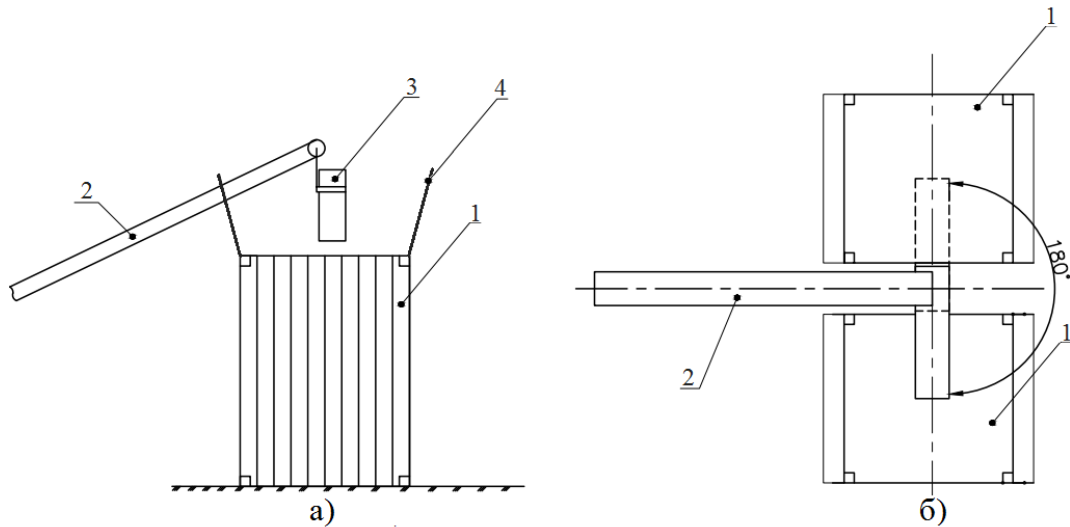


Рисунок 5.14 – Звено погрузки при получении сортового угля в имеющейся ПДСУ и его отгрузке в КСУ для дальнейшей подачи на склад временного хранения (второй вариант): *а* – вид с торца; *б* – вид сверху; 1 – КСУ; 2 – погрузочный конвейер; 3 – погрузочное устройство; 4 – створка крышки КСУ

Промежуточный склад, в который контейнеры поступают с ПДСУ, оборудован таким же образом, как в первом варианте получения сортового угля (см. рисунок 5.9). Само расположение склада временного хранения на территории организовано рядом с транспортными коммуникациями общего пользования между ПДСУ и фасовочным цехом, с которого поддоны с мешками хранятся на территории склада. Площади складирования контейнеров попадают в зону действия козлового крана и поддонов с мешками фасованного угля. В варианте получения сортового угля в забое разреза ПДСУ исключается из рабочего оборудования разреза.

Рассмотрим экономическую эффективность предложенных технических решений и сравним с существующей технологией получения сортового угля на участке «Новый» Балахтинского разреза.

### 5.3 Экономическая оценка предлагаемых технических решений

При оценке экономической эффективности применения предлагаемой технологии необходимо проанализировать эффект отдельно на каждом из рассмотренных выше этапов технологической цепочки: получение сортового угля в забое или в ПДСУ, расположенной на выезде из разреза, организация контейнерного склада временного хранения, транспортировка в КСУ до склада временного хранения, хранение КСУ на складе. Однако полностью оценить экономический эффект технологии можно только в комплексе с последующими этапами технологической цепочки: транспортировка автомобильным транспортом до потребителя, хранение на складе потребителя и сжигание топлива.

Для получения сортового угля в забое разреза мобильным ДСК (первый вариант) необходимо проведение следующих мероприятий:

1. Получение сортового угля в забое: внедрение комплекса перерабатывающего оборудования, ТАТС, КСУ, высвобождение автосамосвалов.
2. Транспортировка КСУ на ТАТС до склада временного хранения.
3. Организация склада временного хранения: организация площадки с парком КСУ, внедрение козлового крана, исключение погрузчиков и монтаж ПДСУ.

Получение же сортового угля на эксплуатируемой в настоящее время на разрезе ПДСУ требует иных изменений, а именно:

1. Переоборудование звена погрузки ПДСУ: внедрение погрузочного устройства, КСУ, погрузочной площадки.
2. Организация склада временного хранения: организация площадки с парком КСУ, внедрение козлового крана.

Экономический эффект определяется как разность между увеличением и снижением затрат на всех этапах технологической цепочки от получения сортового угля до сжигания его в топке потребителя. Рассчитывается по формуле [93]:

$$\Theta = \sum_i \Delta C_{\text{при}i} - \sum_j \Delta C_{\text{сн}j}, \quad (5.3)$$

где  $\Delta C_{\text{при}i}$  – прирост затрат на этапе  $i$ , руб./т;  $\Delta C_{\text{сн}j}$  – снижение затрат на этапе  $j$ , руб./т.

Для определения затрат на каждом этапе и всей технологии в целом рассчитаем размер капитальных вложений, высвобожденных средств и изменение себестоимости 1 т сортового угля.

Получение сортового угля в забое разреза предполагает внедрение комплекса мобильного перерабатывающего оборудования (см. гл. 3). Состав комплекса перерабатывающего оборудования, расчеты стоимости его элементов и амортизационных отчислений приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.6 – Капитальные затраты на мобильный комплекс перерабатывающего оборудования и расчет амортизационных отчислений

Оборудование	Стоимость, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Амортизационные отчисления, тыс. руб. /год
<i>Вариант 1. Мобильный комплекс, состоящий из самостоятельных элементов</i>			
Приемный бункер дробильной установки	600	12,5	75
Дробящий аппарат ДШЗ-500	10000	10	1000
Передаточный конвейер	270	10	27
Приемный бункер сортировочной установки	600	12,5	75
Грохот ГШ-250	8000	14,3	1144
Аккумулирующий бункер с питателем	750	16,7	125,25
Погрузочный конвейер	310	10	31
Штабелирующий конвейер	310	10	31
Колесное шасси	360	8,3	29,88
Кабина машиниста	90	15	13,5
Электротехническое оборудование	800	6,6	52,8
Итого	22090		2604,43
<i>Вариант 2. Мобильный комплекс, состоящий из самостоятельных единиц техники - дробилки и сортировки</i>			
Мобильная дробилка Terex-finlay I-110RS	12500	10	1250
Мобильная сортировка Terex finlay 683	9500	10	950
Итого	22000		2200

Полный состав внедряемого оборудования, необходимый для предлагаемой технологии, его стоимость и расчет амортизационных отчислений, приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Капитальные затраты на горнотранспортное и складское оборудование и расчет амортизационных отчислений

Оборудование	Количество единиц	Стоимость, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Амортизационные отчисления, тыс. руб. /год
<i>Вариант 1 (сортировка мобильным ДСК в забое)</i>				
Мобильный дробильно-сортировочный комплекс ТАТС	1	22000	10	2200
Козловой кран с весами	3	8400	16,5	1386
Спредер	1	1100	5	55
Тепловизор	1	45	5	2,25
Охлаждающая емкость	1	65	6,3	4,095
Итого	1	15	10	1,5
Итого	8	31625		3648,845
<i>Вариант 2 (сортировка ПДСУ на выезде из разреза)</i>				
Погрузочное устройство	1	30	5	1,5
Козловой кран с весами	1	1100	5	55
Спредер	1	45	5	2,25
Тепловизор	1	65	6,3	4,1
Охлаждающая емкость	1	15	10	1,5
Итого	4	1255		64,35

При переходе с одной технологии на другую произойдет высвобождение оборудования и единиц техники, имеющейся в составе основных средств разреза. Расчет вырученных средств с их продажи представлен в таблице 5.7

Таблица 5.7 – Расчет вырученных средств с продажи высвобожденного оборудования при переходе на новую технологию

Оборудование	Количество единиц	Стоимость, тыс. руб.
Автосамосвал FAW	2	2100
ПДСУ	1	3000
Погрузчик фронтальный	2	3000
Погрузчик вилочный	1	900
Итого	5	9000

При получении сортового угля мобильным ДСК в забое производится замена двух автосамосвалов на т единицы ТАТС для транспортировки КСУ на дневную поверхность. Исключается ПДСУ и ковшовые погрузчики, работающие с перевалкой сортового угля на ней. Высвобождается вилочный погрузчик, работающий с поддонами. В результате высвобождения имеющегося оборудования в количестве шести единиц замещается часть капитальных затрат, итоговая сумма которых снизится на 9000 тыс. руб. и составит 22625 тыс. руб.

В случае получения сортового угля на имеющейся ПДСУ происходит высвобождение только вилочного погрузчика: технология добычи, транспортировки к ПДСУ остается прежней, фронтальные погрузчики остаются для работы с отсевом с ПДСУ. В данном случае размер капитальных затрат составляет 1255 тыс. руб. (рисунок 5.15).

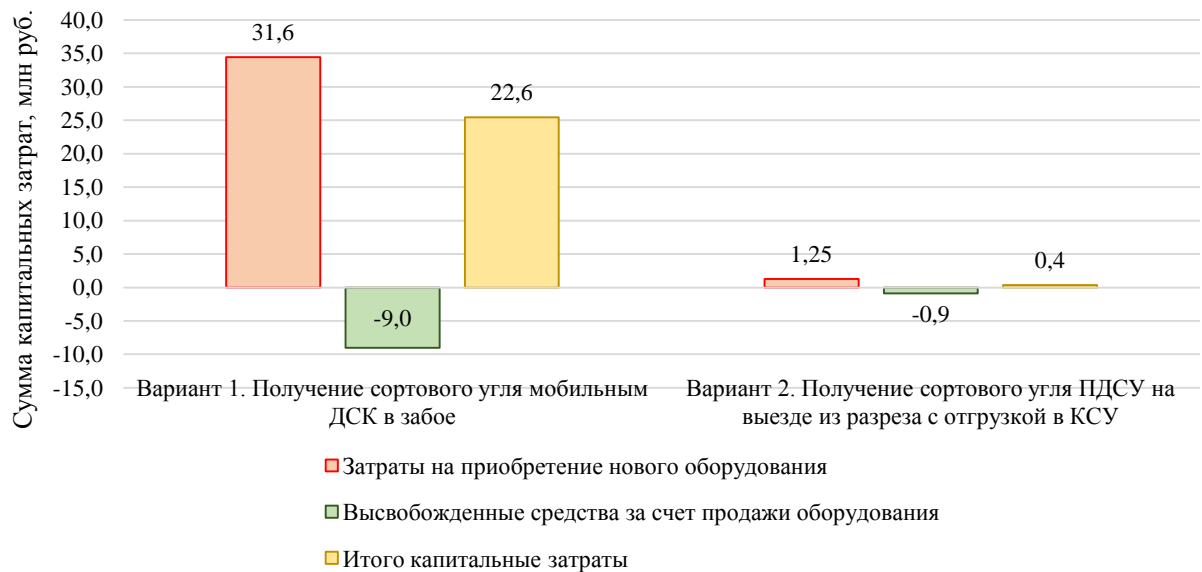


Рисунок 5.15 – Размер капитальных вложений по вариантам получения сортового угля

Для определения изменения себестоимости 1 т сортового угля в результате использования новой технологии получения, транспортировки и хранения сортового угля на разрезе произведен расчет основных статей, составляющих себестоимость (таблицы 5.8–5.11).

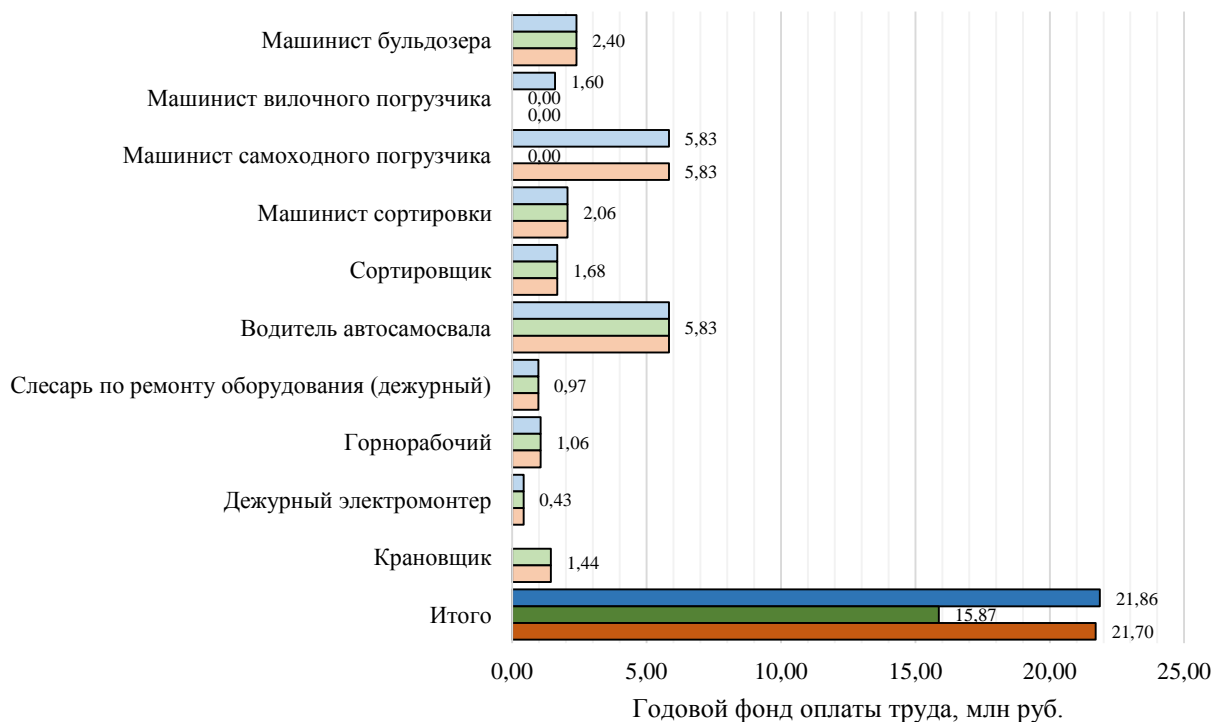
В таблице 5.8 и на рисунке 5.16 представлен список и количество персонала, задействованных в технологии получения сортового угля по вариантам, и расчет фонда оплаты труда (ФОТ).

Таблица 5.8 – Штатное расписание и годовой фонд оплаты труда персонала, задействованного в получении сортового угля\*

Должность, профессия	Количество работающих человек				ФОТ, тыс. руб./год		
	всего на разрезе	задействованных в существующей техно- логии	задействованных в предлагаемой технологии		при су- ществую- щей техноло- гии	при предлагае- мой техноло- гии	
			Вари- ант 1	Вари- ант 2		Вари- ант 1	Вари- ант 2
Машинист бульдозера	13	4	4	4	2400	2400	2400
Машинист ви- лочного по- грузчика	2	2	0	0	1600	0	0
Машинист са- моходного по- грузчика	9	9	0	9	5832	0	5832
Машинист сортировки	4	4	4	4	2060	2060	2060
Сортировщик	4	4	4	4	1680	1680	1680
Водитель транспортного средства	61	9	9	9	5832	5832	5832
Слесарь по ре- монту оборудо- вания (де- журный)	9	1,8	1,8	1,8	972	972	972
Горнорабочий	13	4	4	4	1056	1056	1056
Дежурный электромонтер	4	0,8	0,8	0,8	432	432	432
Крановщик	0	0	4	4	0	1440	1440
Итого	119	38,6	31,6	40,6	21864	15872	21704

\*По данным разреза Балахтинский





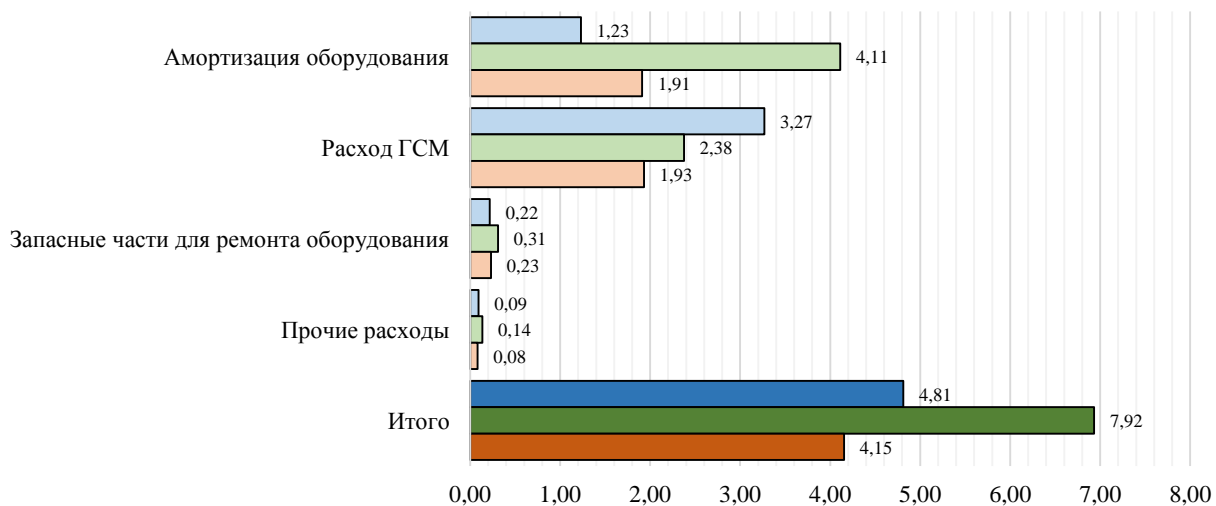
- Существующая технология
- Вариант 1. Получение сортового угля мобильным ДСК в забое
- Вариант 2. Получение сортового угля ПДСУ на выезде из разреза с отгрузкой в КСУ

Рисунок 5.16 – Размер расчетного годового фонда оплаты труда

Таблица 5.9 – Смета расходов на содержание и эксплуатацию горнотранспортного и складского оборудования

Статьи расходов	Сумма, тыс. руб.			Обоснование суммы расходов
	Предлагаемая технология		Существующая технология	
	Вариант 1	Вариант 2		
Амортизация оборудования	4110,85	1910,85	1230	См. таблицу 5.5
Расход горюче-смазочных материалов (ГСМ):				Расход ГСМ произведен по методике [3]
Самосвал (2 ед.)	–	1180,9	2345,9	
Погрузчик (3 ед.)	–	364	536	
Бульдозер (1 ед.)	386	386	386	
ТАТС (3 ед.)	2983,5	–	–	
Запасные части для ремонта оборудования	309,825	229,995	218,7	Коэффициент для оборудования сроком эксплуатации до 1 года – 0,009; более 3 лет – 0,027

				[3]
Итого	7790,175	4071,745	4716,6	
Прочие расходы	135,9315	81,4349	94,332	2 % от итога
Всего	7926,1	4153,1799	4810,932	



Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, млн. руб.

- Существующая технология
- Вариант 1. Получение сортового угля мобильным ДСК в забое
- Вариант 2. Получение сортового угля ПДСУ на выезде из разреза с отгрузкой в КСУ

Рисунок 5.17 – Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

Таблица 5.10 – Расчет затрат на электроэнергию

Показатель	Предлагаемая технология		Существующая технология
	Вариант 1	Вариант 2	
Количество электроэнергии, потребляемое в год, тыс. МВт·ч:			
мобильным дробильно-сортировочным оборудованием (1 ед. – 320)	2726,4	–	–
козловым краном (1 ед. – 57,8)	492,5	492,5	–
ПДСУ (1 ед. – 396)	–	3373,9	3373,9
Тариф на электроэнергию, руб./МВт·ч	2,1	2,1	2,1
Затраты на электроэнергию, тыс. руб. /год	6759,6	8119,44	7085,2

На основе расчетных данных, представленных в таблицах 5.7–5.9, произведена калькуляция себестоимости 1 т сортового угля, полученной по предлагаемой и существующей технологиям (таблица 5.11).

Таблица 5.11 – Расчет изменения себестоимости 1 т угля при переходе на предлагаемую технологию

Статьи затрат	Сумма					
	на годовой объем, тыс. руб.			на 1 т, руб.		
	Предлагаемая технология		Существующая технология	Предлагаемая технология		Существующая технология
	Вариант 1	Вариант 2		Вариант 1	Вариант 2	
Электроэнергия на технологические цели	6759,6	8119,4	7085,2	27,0	32,5	28,3
Основная и дополнительная заработная плата персонала	15872,0	21704,0	21864,0	63,5	86,8	87,5
Единый социальный налог	4126,7	5643,0	5684,6	16,5	22,6	22,7
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	7926,1	4153,2	4810,9	27,7	16,6	19,2
Цеховые расходы	2000,0	2000,0	2000,0	8,0	8,0	8,0
Итого	36684,4	41619,7	41444,8	146,8	166,5	165,8

Таким образом, организация сортировки угля существующим способом, с помощью ПДСУ, увеличивает себестоимость 1 т сортового угля по сравнению с рядовым на 165,8 руб.; с использованием мобильного ДСК в забое (вариант 1) – на 146,8 руб.; с использованием ПДСУ на выезде из разреза (вариант 2) – на 166,5 руб. (рисунок 5.18).

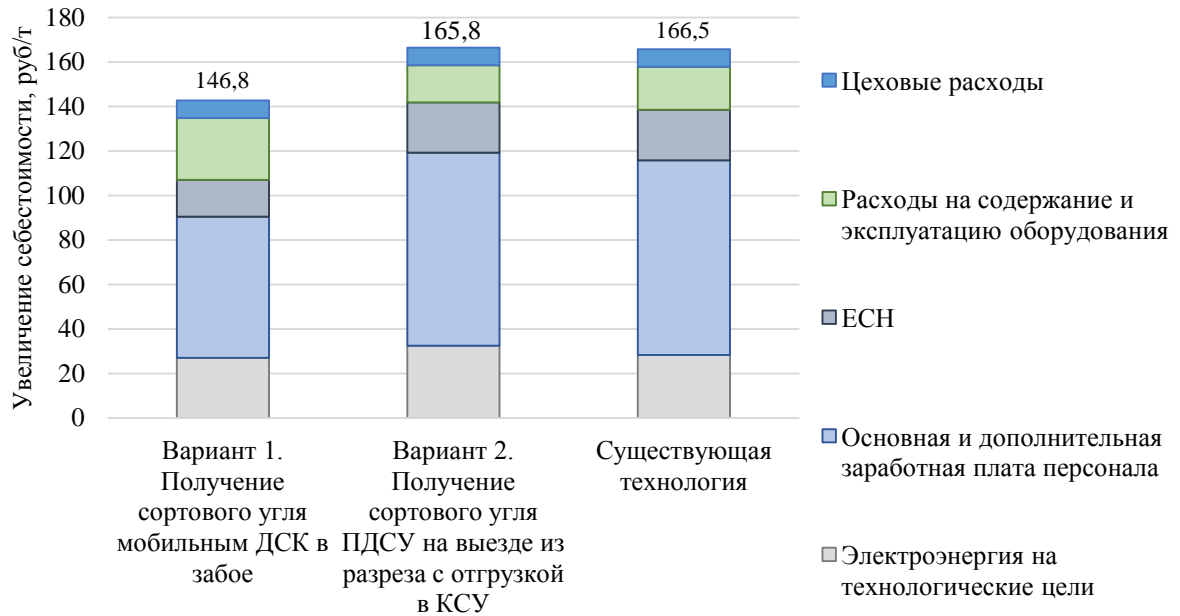


Рисунок 5.18 – Увеличение себестоимости 1 т сортового угля по сравнению с рядовым по существующей и предлагаемой технологиям на этапе его получения.

Предлагаемая технология предусматривает наличие парка специализированных контейнеров (КСУ), приобретение которого повлечет за собой дополнительные капитальные затраты и увеличение себестоимости 1 т сортового угля. Она будет зависеть от цены контейнера, от того, в чьей собственности он будет находиться, и эксплуатационных расходов на его поддержание.

По оценке заводов-изготовителей, специализированные контейнеры могут стоить на 10 % дешевле существующих универсальных, т. е. цена КСУ-1,5 – 12 тыс. руб., КСУ-3,3 – 21 тыс. руб.

Металлические КСУ могут находиться в эксплуатации, как и существующие, не менее 10 лет, а при надлежащем поддержании и по ряду причин, таких как малое количество оборотов в год, прочность и простота конструкции, срок полезного использования может быть увеличен до 12–15 лет.

Эксплуатационные расходы, связанные с поддержанием контейнеров в технически исправном состоянии, по данным, представленным Красноярской железной дорогой, составляют 103 руб./мес. на один контейнер [94].

Таким образом, размер капитальных затрат на парк КСУ с учетом его расчета (5.1) составит 287235 тыс. руб.

Данная сумма полностью является затратами разреза в том случае, если он является собственником всего парка контейнеров. Помимо разреза собственниками КСУ могут быть перевозчики и сами потребители. Поэтому расчетное значение капитальных затрат можно условно поделить на три части (95745 тыс. руб.).

С учетом затрат на эксплуатацию и содержание КСУ произведен расчет увеличения себестоимости 1 т сортового угля (таблица 5.12).

Таблица 5.12 – Расчет изменения себестоимости 1 т угля при внедрении парка КСУ

Статьи затрат	Сумма	
	на годовой объем, тыс. руб.	на 1 т, руб.
Амортизация КСУ	9574,5	42,5
Эксплуатационные расходы	4359,6	23,3
Итого	13934,1	65,8

Использование КСУ в предлагаемой технологии, в свою очередь, позволит сохранить количество, качество готового сортового продукта и уменьшить негативное воздействие на экологию от транспортировки и хранения угля.

По данным Балахтинского разреза при складировании и транспортировке угля теряется до 10000 т/год, что с учетом рыночной стоимости рядового угля, равной 800 руб./т, составляет сумму в 8000 тыс. руб.

Ущерб от прямых потерь угля в таком случае равен

$$C_3 = \frac{C_B}{Q_r - Q_n} = \frac{8000000}{150000 - 10000} = 57,2 \text{ руб./т.}$$

В предлагаемой технологии при использовании мобильного ДСК и получении сортового угля в забое данный ущерб отсутствует, так как потерь угля не происходит ни при транспортировке, ни при хранении на складах.

С переходом на контейнерную перевозку также исключается загрязнение воздуха твердыми частицами угольной пыли и выбросами двигателей двух погрузчиков.

В общем виде плата за выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду представляет собой компенсацию за экономический ущерб от ее загрязнения и производится за счет дохода, остающегося в распоряжении предприятия. Она представляется как произведение соответствующих нормативов платы на фактическую массу выбросов загрязняющих веществ, образующихся в процессе горного производства.

Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу по разрезу Балахтинский приведен в таблице 5.13

Таблица 5.13 – Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

Загрязняющие вещества	Выброс, т/год		Норматив платы в пределах установленных лимитов выбросов, руб./т	Выброс с учетом коэффициентов, т/год
	фактический	в пределах ПДВ		
<i>При работе погрузчиков</i>				
Оксид углерода	0,0809	54,795	0,6	0,0897
Углеводороды	0,0240	0,822	1,2	0,537
Двуокись азота	0,0323	5,479	52	3,1039
Сажа	0,012	16,438	41	0,9092
Сернистый ангидрид	0,016	0,274	40	1,1827
Бензапирен	$2,587 \cdot 10^7$	0,00411	2049801	0,98
<i>При транспортировке и хранении</i>				
Угольная пыль	10000		68,5	1265880
Итого				1265886,8

Примечание. Коэффициент экологической ситуации равен 1,68; коэффициент индексации – 1,1.

С переходом на контейнерную технологию исключается загрязнение воздуха, во-первых, твердыми частицами в результате транспортировки, по-

грузо-разгрузочных операций и хранения в буртах, во-вторых, выбросами вредных веществ от работающих двигателей погрузчиков. Итого на сумму 1265886,8 тыс. руб./год.

В пересчете на 1 т сортового угля уменьшение платы за выбросы загрязняющих веществ составит:

$$C_3 = \frac{\Delta\Pi}{Q_r - Q_n} = \frac{1256886,8}{250000 - 10000} = 5,2 \text{ руб./т.}$$

На дальнейших этапах – доставка потребителю, погрузо-разгрузочные операции, хранение на складе у потребителя – также происходит значительное изменение себестоимости 1 т угля в связи с переходом на новую технологию.

Для определения изменения себестоимости 1 т сортового угля при транспортировке от склада временного хранения до потребителя произведен расчет текущих издержек на перевозку сортового угля в контейнерах и навалом. В качестве потребителя выбран коммунально-бытовой сектор г. Ачинска, являющийся потребителем с наиболее стабильным грузооборотом. Результаты расчета представлены в таблице 5.14

Таблица 5.14 – Изменение текущих издержек при переходе на контейнерные перевозки угля для коммунально-бытового сектора, тыс. руб./год

Статьи затрат	Всего затрат при доставке	
	контейнерной	навалом
Фонд оплаты труда	1010,312	1979,233
Начисления на фонд оплаты труда (единиый социальный налог)	303,0936	593,77
Переменные расходы всего,	3766,985	5684,129
В том числе		
Затраты на горючее	2416,458	3824,437
Затраты на смазочные и прочие эксплуатационные материалы	92,06976	248,5884
Расходы на восстановление износа и ремонт шин	70,38624	651,4166
Ремонтный фонд	188,0712	959,6869
Постоянные расходы всего,	961,3188	1737,318

Статьи затрат	Всего затрат при доставке	
	контейнерной	навалом
В том числе		
Амортизация основных фондов	646,2858	1099,286
Общехозяйственные расходы	171,7531	336,4697
Транспортный налог	30,632	105,705
Обязательное страхование	13,12	26,568
Налог на имущество	99,528	169,29
<b>Всего</b>	<b>11775,013</b>	<b>17415,9</b>
Себестоимость транспортной услуги при объеме перевозок 250000 тыс. т, руб./т	47,1	69,6

Снижение себестоимости 1 т сортового угля при доставке по предлагаемой технологии составляет 22,8 руб./т по сравнению с доставкой навалом по существующей технологии.

При хранении на складе потребителя также происходят загрязнение угольной пылью территории и воздушной среды, количественные потери. С учетом вышеперечисленных расчетов платы за загрязнение в разрезе и исключения потерь от выдувания, возможного самовозгорания и вымывания угольной мелочи при осадках экологический ущерб на складах потребителей составит четверть ущерба, имеющегося на разрезе, или 14,3 руб./т доставленного топлива.

Конечное изменение себестоимости продукта, рассчитанное по формуле (5.1), по сравнению с себестоимостью рядового угля является составляющей изменения себестоимости на каждом этапе (таблица 5.15).

Таблица 5.15 – Изменение себестоимости (руб.) 1 т. угля по вариантам предлагаемой технологии получения сортового угля, его контейнерной доставке и хранении

Этапы технологической цепочки	Предлагаемая технология		Существующая технология
	Вариант 1	Вариант 2	
Разрез:			
Сортировка и хранение	146,8	166,5	165,8
Парк КСУ	65,8	65,8	0,0
Плата за выбросы	5,2	-5,2	0,0
Прямые потери угля	-57,2	-57,2	0,0
<b>Итого:</b>	<b>150,2</b>	<b>169,9</b>	<b>165,8</b>



Этапы технологической цепочки	Предлагаемая технология		Существующая
Транспортирование до потребителя	-22,8	-22,8	0,0
Потери при доставке и хранении	-14,3	-14,3	0,0
Итого:	-37,1	-37,1	0,0
Конечное изменение себестоимости	113,1	132,8	165,8

Графически изменение себестоимости на каждом этапе представлено на рисунке 5.19.

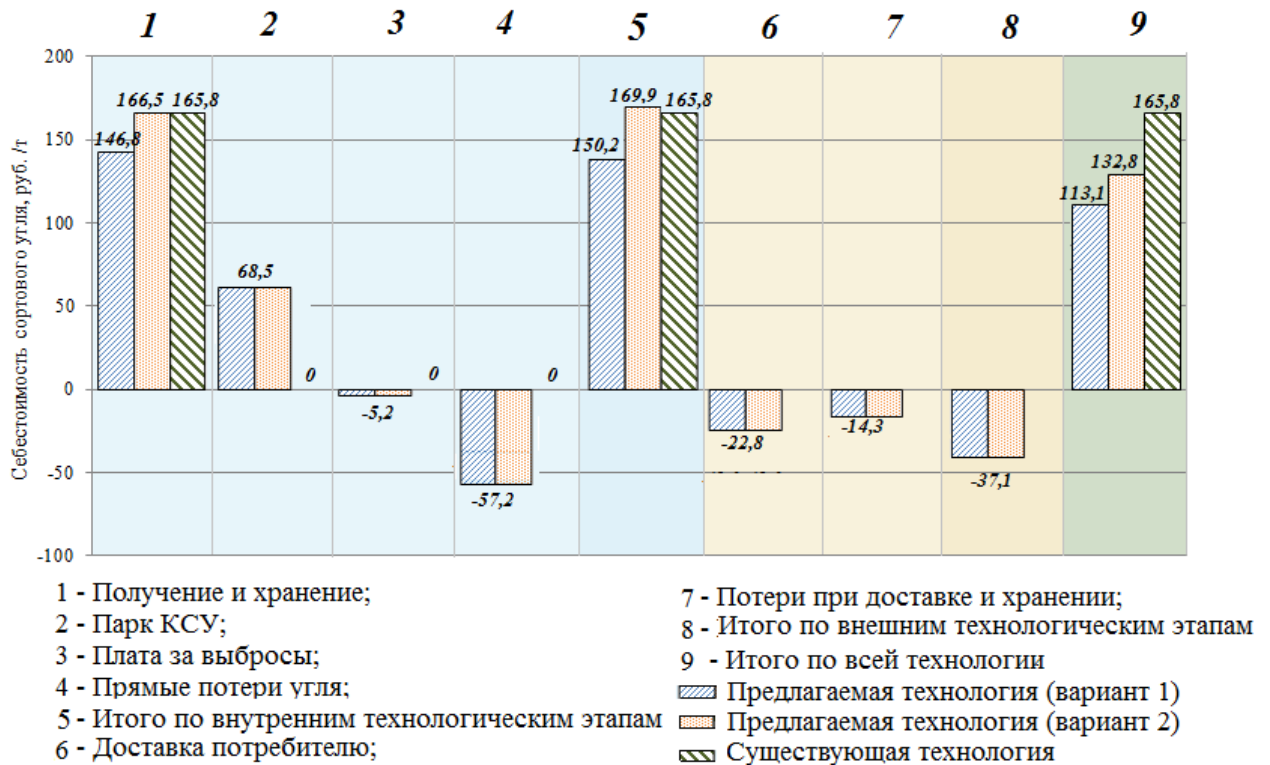


Рисунок 5.19 – Изменение себестоимости 1 т сортового угля, полученного непосредственно в забое разреза с отгрузкой в контейнеры (предлагаемая технология, вариант 1), с помощью ПДСУ с дальнейшей отгрузкой в контейнеры (предлагаемая технология, вариант 2) и с помощью эксплуатируемой на разрезе ПДСУ с отгрузкой в бурты или кузов транспортного средства (существующая технология)

По данным Балахтинского разреза, себестоимость рядового угля составляет 150 руб./т. С учетом этих данных расчетное значение себестоимости сортового угля по существующей и предлагаемой технологиям представлено графически (рисунок 5.20).

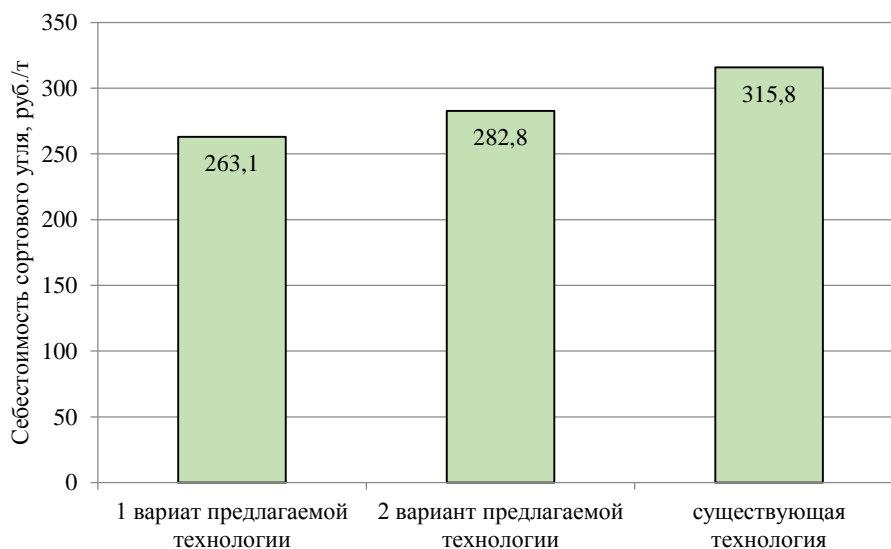


Рисунок 5.20 – Расчетное значение себестоимости сортового угля по вариантам

Итак, расчет экономической эффективности показал, что вариант получения сортового угля в забое с использованием мобильного дробильно-сортировочного комплекса является наиболее эффективным. При получении сортового угля по данному варианту себестоимость готовой продукции минимальна (263,1 руб./т).

Срок окупаемости проектного решения с учетом размера капитальных затрат (13175 тыс. руб.) и годовой выгоды (13175 тыс. руб.) составит 9,6 года.

### Выводы по главе 5

1. С учетом существующей технологии добычи угля, размещения перерабатывающего оборудования, логистики разреза выделены два варианта получения сортового угля на участке «Новый» Балахтинского разреза, а именно: получение сортового угля в забое разреза мобильным дробильно-сортировочным комплексом и получение сортового угля имеющейся на разрезе передвижной дробильно-сортировочной установкой, расположенной на выезде из разреза.

2. Обоснована возможность применения предлагаемой технологии в горнотехнических условиях разреза Балахтинский. В первом варианте мо-

бильный комплекс производительностью  $Q_{об} = 250$  т/ч устанавливается в забое экскаватора Komatsu PC-750, часть автосамосвалов заменяется на ТАТС на базе БелАЗ-7540, организовывается склад временного хранения КСУ площадью  $2068 \text{ м}^2$ , оборудованный козловым краном КК-12,5, высвобождаются ПДСУ и погрузчики. Во втором варианте добыча и сортировка угля происходят по базовой технологии. После сортировки в ПДСУ готовый продукт грузится в КСУ, которые поступают на склад временного хранения, оборудованный козловым краном КК-12,5.

3. Расчет экономической эффективности каждого этапа предлагаемой технологии – от получения сортового угля до доставки его потребителю – позволил определить, что наиболее предпочтительным является получение сортового угля в забое разреза. В таком случае себестоимость готового продукта минимальна и составляет 263,1 руб./т.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования являются законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная и практическая задача по обоснованию параметров горнотранспортного оборудования для получения сортового угля в забое разреза, выбору их рациональных значений, разработке транспортно-технологических схем размещения оборудования в забое разреза. Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. Анализ современного состояния угольной промышленности показал, что повышение конкурентоспособности угля связано с улучшением его качества и экологизацией отрасли. Поэтому решение вопросов сохранения стабильных качественных характеристик сортового угля на момент сжигания его в топке потребителя и повышения экологичности процессов угольной промышленности подразумевает изменение технологии добычи и доставки угля. Это повлечет за собой внедрение нового горнотранспортного оборудования в забой в составе перерабатывающих устройств – дробилки и грохота – и технологического автотранспортного средства со съемными специализированными емкостями.

2. Выполнена систематизация емкостей по перевозке и хранению сортового угля, позволившая разработать конструкции специализированных контейнеров для доставки индивидуальным потребителям, защищенные патентами России. Определена номенклатура параметров специализированных контейнеров для перевозки сортового угля и брикетов. Проведены прочностные расчеты, на базе которых установлены основные параметры конструктивных элементов специализированных контейнеров. Конструкция КСУ обладает меньшей металлоемкостью по сравнению с конструкцией универсальных контейнеров, коэффициент тары КСУ в среднем снижается на 17–68 %.

3. Рассчитаны зависимости фактической грузоподъемности ТАТС от производительности комплекса перерабатывающего оборудования, которые

определяются способом расстановки специализированных контейнеров с сортовым углем на грузовой платформе, временем их загрузки, а также номинальной грузоподъемности от времени оборота и количества ТАТС, работающих на линии.

4. Установлены зависимости габаритной длины, ширины и высоты грузовой платформы ТАТС от параметров специализированных контейнеров с учетом высоты сброса сортового угля с погрузочного конвейера, а также номинальной грузоподъемности ТАТС от размеров его грузовой платформы и габаритных размеров ТАТС от вариантов его конструктивного исполнения.

5. Разработана математическая модель, определяющая возможность расположения оборудования в забое с целью получения сортового угля при различных технологических схемах.

6. Разработаны технологические схемы размещения комплекса горнотранспортного оборудования для получения сортового угля в забойных условиях разреза. Обоснованы параметры комплекса перерабатывающего оборудования в составе дробильных и сортировочных установок, передаточных и погрузочных конвейеров для получения сортового угля в забое в зависимости от производительности и схемы расстановки их в забое разреза.

7. Рассчитаны и указаны диапазоны изменения основных параметров горнотранспортного оборудования (габаритные размеры, грузоподъемность ТАТС, минимальные радиусы поворота) для получения требуемой производительности в конкретных горнотехнических условиях.

8. Обоснована возможность применения предлагаемой технологии получения сортового угля в горнотехнических условиях разреза Балахтинский. Мобильный комплекс производительностью  $Q_{об} = 250$  т/ч устанавливается в забое экскаватора Komatsu PC-750, автосамосвалы заменяются на ТАТС на базе БелАЗ-7540, организовывается склад временного хранения КСУ площадью  $1290 \text{ м}^2$ , оборудованный козловым краном КК-12,5, высвобождаются ПДСУ и погрузчики.

9. Расчет экономической эффективности каждого этапа предлагаемой технологии – от получения сортового угля до доставки его потребителю – позволил определить, что наиболее перспективным является получение сортового угля в забое разреза. В таком случае себестоимость готового продукта является минимальна и составляет 263,1 руб./т, что ниже себестоимости сортового угля, полученной по существующей технологии, на 52,7 руб.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. BP Statistical Review of World Energy 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.bp.com/content/dam/bp-country/de\\_ch/PDF/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf](https://www.bp.com/content/dam/bp-country/de_ch/PDF/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf) (дата обращения: 08.08.2018).
2. Добыча сильнейших. Как выжить предприятиям угольной промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.forbes.ru/biznes/352135-dobycha-silneyshih-kak-vyzhit-predpriyatiyam-ugolnoy-promyshlennosti> (дата обращения: 20.03.2018).
3. Энергетический бюллетень [Электронный ресурс] / Аналит. центр при Правительстве Рос. Федерации. – 2017. – Вып. 49. – Режим доступа: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/13570.pdf> (дата обращения: 20.03.2018).
4. Угольная промышленность [Электронный ресурс] // Горная энциклопедия онлайн. – Режим доступа: <http://www.mining-enc.ru/u/ugolnaya-promyshlennost> (дата обращения: 20.03.2018).
5. Соколов, А. Н. Обеспеченность запасами, добыча и потребление углеродных ископаемых в мире и России / А. Н. Соколов // Нефтегазовое дело. – 2011. – № 5. – С. 400–414.
6. Мировые тренды на угольном рынке [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tk-sever.tiu.ru/a137857-mirovye-trendy-ugolnom.html> (дата обращения: 20.03.2018).
7. Мировая угольная промышленность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rb.ru/inform/65017.html> (дата обращения: 20.03.2018).
8. Таразанов, И. Г. Итоги работы угольной промышленности за январь – июнь 2017 г. / И. Г. Таразанов // Уголь. – 2017. – № 9. – С. 52–69.
9. Сибикин, Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учеб. пособие / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М. : КНОРУС, 2010. – 323 с.
10. Каньгин, П. С. Экономика освоения альтернативных источников энергии (на примере ЕС) : автореф. дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.14 / Каньгин Петр Сергеевич. – М., 2010. – 53 с.

11. Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года / М-во энергетики Рос. Федерации. – М., 2014. –164 с.
12. Таразанов, И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за 2011 год / И. Г. Таразанов // Уголь. – 2012. – № 3. – С. 40–51.
13. Таразанов, И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за 2012 год / И. Г. Таразанов // Уголь. – 2013. – № 3. – С. 78–90.
14. Таразанов, И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за 2013 год / И. Г. Таразанов // Уголь. – 2014. – № 3. – С. 53–66.
15. Таразанов, И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за 2015 год / И. Г. Таразанов // Уголь. – 2015. – № 3. – С. 42–54.
16. Таразанов И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за 2016 год // Журнал «Уголь». – 2016. – № 3. – С. 36–50.
17. Таразанов И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за 2017 год // Журнал «Уголь». – 2017. – № 3. – С. 58–73.
18. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года / М-во энергетики Рос. Федерации. – М., 2014. – 263 с.
19. Амельчугов, С. П. Особенности теплофизических процессов при добыче, хранении, транспортировке и использовании бурого угля: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 01.04.14 / Амельчугов Сергей Петрович. – Красноярск, 2002. – 41 с.
20. Миронов, К. В. Справочник геолога-угольщика / К. В. Миронов. – М. : Недра, 1982. – 363 с.
21. ГОСТ 1137–64. Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и брикеты угольные. Правила приемки по качеству [Электронный ресурс]. – Введ. 1965–01–01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200024030> (дата обращения: 20.03.2018).
22. ГОСТ 19242–73. Угли бурые, каменные и антрацит. Классификация по размеру кусков [Электронный ресурс]. – Введ. 1975–01–01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200023991> (дата обращения: 20.03.2018).



23. Молчанов, О. Ю. Методические аспекты международной конкуренции на угольном рынке / О. Ю. Молчанов // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2010. – № 2. – С. 93–99.
24. Романов, С. М. Оценка эффективности и определение оптимальных объемов российского экспорта / С. М. Романов // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2004. – № 6. – С. 22–26.
25. Большаков, В. И. Дробильно-сортировочные установки / В. И. Большаков, Н. Г. Малич, В. С. Блохин // Фундам. и приклад. пробл. черн. металлургии. – 2007. – № 15 – С. 279–295.
26. ДРОБМАШ. Дробильно-сортировочное оборудование : каталог продукции. [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа: <http://drobmash.ru/> (дата обращения: 15.02.2017).
27. Головченко, М. В. Анализ передвижных дробильно-сортировочных установок, применяемых на карьерах нерудных строительных материалов / М. В. Головченко // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2010. – Т. 2, № 12. – С. 239–246.
28. Дудко, А. А. Отечественные и зарубежные передвижные дробильно-сортировочные установки / А. А. Дудко, Б. В. Клушанцев. – Москва : [б. и.], 1969. – 110 с.
29. Атрушкевич, В. А. Новая технология переработки углей в технологической системе горного предприятия / В. А. Атрушкевич, О. А. Атрушкевич // Уголь. – 2009. – № 1. – С. 38–42.
30. Томаков, П. И. Открытая разработка угольных и рудных месторождений / П. И. Томаков, В. В. Манкевич. – М. : МГГУ, 1995. – 608 с.
31. Рафф, М. И. Грузовые автомобильные перевозки / М. И. Рафф. – Киев : Выща шк., 1975. – 282 с.
32. 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.
33. Пат. 2271974 Российская Федерация, МПК В 65 D 88/54. Контейнер для перевозки, хранения и выгрузки опрокидыванием сыпучих грузов / Демченко И.

И., Плютов Ю. А., Ковалев В. А. [и др.] ; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО СФУ. – № 2004125311/12 ; заявл. 18.08.04 ; опубл. 20.03.06, Бюл. № 8. – 8 с.

34. Пат. 2489337 Российская Федерация, МПК В 65 D 88/00. Контейнер для перевозки, хранения и выгрузки опрокидыванием сыпучих грузов / Демченко И. И., Гилев А. В., Косолапов А. И. [и др.] ; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО СФУ. – № 2012112575/12; заявл. 30.03.12 ; опубл. 10.08.2013, Бюл. № 22. – 9 с.

35. Пат. 2243140 Российская Федерация, МПК В 65 D 88/54. Контейнер для сыпучих грузов / Демченко И. И., Буткин В. Д., Ивкин С. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО СФУ. – № 2003101500/12 ; заявл. 20.01.03 ; опубл. 27.12.2004, Бюл. № 5. – 8 с.

36. Пат. 2551698 Российская Федерация, МПК В 66 F 1/06, В 62 В 1/06, В 65 D 90/18. Транспортное средство для транспортирования и хранения грузов / Ковалев В. А., Демченко И. И., Муленкова А. О. ; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО СФУ. – № 2014107057 ; заявл. 25.02.2014 ; опубл. 27.10.2015, Бюл. № 3. – 10 с.

37. Пат. 2125960 Российская Федерация, МПК В 65 D 88/54. Контейнер для сыпучих грузов / Демченко И. И., Зудин В. И., Ивкин С. В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО СФУ. – № 96110835/13 ; заявл. 29.05.96 ; опубл. 10.02.99, Бюл. № 1. – 7 с.

38. Пат. 2153452 Российская Федерация, МПК В 65 D 88/54. Контейнер для сыпучих грузов / Демченко И. И., Зудин В. И., Буткин В. Д. [и др.] ; заявитель и патентообладатель ОАО «Институт КАТЭКНИИУголь». – № 99104638/13; заявл. 09.03.99 ; опубл. 27.07.2000, Бюл. № 6. – 8 с.

39. Пат. 2544983 Российская Федерация, МПК В 65 D 88/54. Контейнер для сыпучих грузов / Демченко И. И., Ковалев В. А., Серебренников В. Л., Муленкова А. О. [и др.] ; заявитель и патентообладатель ФГАО ВО СФУ. – № 2013133549/12 ; заявл. 18.07.2013 ; опубл. 20.03.2015, Бюл. № 8. – 10 с.

40. Демченко, И. И. Технология погрузки угля в специализированные контейнеры на углепогрузочном комплексе / И. И. Демченко, В. А. Ковалев,

А. О. Муленкова // Изв. высш. учеб. заведений. Горн. журн. – 2014. – № 8. – С. 9–14.

41. Общие правила перевозок грузов автомобильным транспортом (с изм., внесенными решением Верховного Суда РФ от 21.05.2007 № ГКПИ07-257) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901943590> (дата обращения: 05.08.2017).

42. ГОСТ 26380–84. Контейнеры специализированные групповые [Электронный ресурс]. – Введ. 1968–01–01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200011215> (дата обращения: 12.10.2017).

43. ГОСТ 18477–79. Контейнеры универсальные. Типы, основные параметры и размеры [Электронный ресурс]. – Введ. 1980–01–01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200011295> (дата обращения: 12.10.2017).

44. Ковалев, В. А. Автомобильный транспорт и доставка грузов : учеб. пособие / В. А. Ковалев ; КГТУ. – Красноярск, 1997. – 145 с.

45. ИСО 830–1981. Грузовые контейнеры – Терминология. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ved-service.com/standart-iso-830-1981.htm> (дата обращения: 12.10.2017).

46. ГОСТ Р51876–2008. Контейнеры грузовые серии 1. Технические испытания. Ч. 1. Контейнеры общего назначения [Электронный ресурс]. – Введ. 2009–01–01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200066663> (дата обращения: 12.10.2017).

47. ГОСТ 8278–83. Швеллеры стальные гнутые равнополочные. Сортамент [Электронный ресурс]. – Введ. 1984–01–01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005116> (дата обращения: 12.10.2017).

48. Писаренко, Г. С. Сопротивление материалов / Г. С. Писаренко, В. А. Агарев, А. Л. Квитка. – 4-е изд. – Киев : Головное изд-во, 1979. – 696 с.

49. СНиП 2.01.07–85. Нагрузки и воздействия [Электронный ресурс]. – Введ. 1984–01–01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200280> (дата обращения: 12.10.2017).

50. Дарков, А. В. Сопротивление материалов : учебник для техн. вузов / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро. – 5-е изд. – М : Высшая школа, 1989 – 624 с.

51. Муленкова, А. О. Определение массогабаритных параметров емкостей для доставки сортового угля из забоя разреза потребителю / А. О. Муленкова, Н. А. Дроздова, И. И. Демченко // Изв. вузов. Горн. журн. – 2018. – № 2. – С. 76–82.

52. СНиП 2.05.02–85. Строительные нормы и правила. Автомобильные дороги. Нормы проектирования. Госстрой СССР. – М. : Стройиздат, 1986. – 56 с.

53. СНиП 2.05.07–91. Строительные нормы и правила. Промышленный транспорт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/871001212> (дата обращения: 12.27.2016).

54. Васильев, М. В. Современный карьерный транспорт / М. В. Васильев. – 2-е изд. – М. : Недра, 1969. – 304 с.

55. Mulenkova, A. O. On the parameters of an industrial motor vehicle designed to transport sized coal out of the face of an open pit / A. O. Mulenkova, I. I. Demchenko // Изв. вузов. Горн. журн. – 2019. – № 1. – С. 6–13.

56. Грузовые автомобильные перевозки : учебник для вузов / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 560 с.

57. Батищев, И. И. Организация и механизация погрузочно-разгрузочных работ на автомобильном транспорте / И. И. Батищев. – М. : Транспорт, 1988. – 367 с.

58. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2017617474 Российская Федерация. Программа для определения параметров технологического специализированного автотранспортного средства. (Версия 1) / Муленкова А. О., Демченко И. И. ; правообладатель ФГАОУ ВО СФУ. – № 2017612795 ; дата пост. 04.04.2017 ; дата регистр. 05.07.2017.

59. Техническая характеристика БелАЗ 7540 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belaz.by/uploads/userfiles/files/%D0%91%D0%95%D0%9B%D0%90%D0%97-7540%D0%90.pdf> (дата обращения: 20.03.2018).

60. Техническая характеристика БелАЗ 7545 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.belaz.by/uploads/userfiles/files/%D0%91%D0%95%D0%9B%D0%90%D0%97-75450\(1\).pdf](http://www.belaz.by/uploads/userfiles/files/%D0%91%D0%95%D0%9B%D0%90%D0%97-75450(1).pdf) (дата обращения: 20.03.2018).
61. Техническая характеристика БелАЗ 7555 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belaz.by/uploads/userfiles/files/%D0%91%D0%95%D0%9B%D0%90%D0%97-7555%D0%92.pdf> (дата обращения: 20.03.2018).
62. Дьяков, И. Ф. Теория автомобиля. Элементы расчета технико-эксплуатационных свойств автомобиля / И. Ф. Дьяков. – Ульяновск : УлГТУ, 2002. – 99 с.
63. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / под ред В. А. Скотникова. – М. : Агропромиздат, 1986. – 383 с.
64. Платонов, В. Ф. Полноприводные автомобили / В. Ф. Платонов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1989. – 312 с.
65. Зависимость изменения параметров рабочих площадок при применении механизма изменения положения центра масс на карьерных автосамосвалах / К. М. Басс, В. В. Кривда, Д. В. Швец, Е. С. Левченко // Горн. механика. – 2014. – № 114. – С. 251–260.
66. Ржевский, В. В. Открытые горные работы : в 2 ч. Ч. 2: Технология и комплексная механизация : учебник для вузов / В. В. Ржевский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1985. – 549 с.
67. Дриженко, А. Ю. Карьерные технологические горнотранспортные системы : монография / А. Ю. Дриженко. – Днепропетровск : Нац. горн. ун-т, 2011. – 542 с.
68. Томаков, П. И. Технология, механизация и организация открытых горных работ : учебник для вузов / П. И. Томаков, И. К. Наумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1986. – 312 с.
69. Sturgul, J. R. Animation models of mines to assist in mine planning and production / J. R. Sturgul // Mining Engineering. – 1994. – Vol. 46, № 4. – P. 350, 351.
70. Терещенко, В. В. Перспективное развитие сырьевой базы открытым способом карьера Публичного акционерного общества «ИнГОК» /

В. В. Терещенко, Д. В. Швец // Геотехническая механика : межвед. сб. науч. тр. – Днепропетровск, 2013. – Вып. 110. – С. 241–250.

71. Хусаинов, А. Ш. Эксплуатационные свойства автомобиля : учеб. пособие / А. Ш. Хусаинов. – Ульяновск : Ульянов. гос. техн. ун-т, 2011. – 109 с.

72. Савельев, Б. В. Автотранспортные средства: Начальные сведения : учеб. пособие / Б. В. Савельев. – Омск : Изд-во СибАДИ, 2007. – 92 с.

73. ГОСТ 4.400–85 СПКП. Прицепы и полуприцепы автомобильные. Номенклатура показателей (с Изменением № 1) [Электронный ресурс]. – Введ. 1984–01–01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200010517> (дата обращения: 12.10.2017).

74. Хусаинов, А. Ш. Теория автомобиля : конспект лекций / А. Ш. Хусаинов, В. В. Селифонов. – Ульяновск : УЛГТУ, 2008. – 121 с.

75. Теория автомобиля [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / сост. В. А. Ковалев. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2019. – 61 с.

76. Правила перевозки грузов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.bpl.ru/Vlad134/ppgat\\_pr.htm](http://www.bpl.ru/Vlad134/ppgat_pr.htm) (дата обращения: 12.10.2017).

77. Демченко, И. И. Размещение перерабатывающего и транспортного оборудования для получения сортового угля в забое разреза / И. И. Демченко, А. О. Муленкова // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2017. – № 37. – С. 158–165.

78. Малич, Н. Г. Анализ и перспективы развития отечественных машин для дробления твердых материалов / Н. Г. Малич, В. С. Блохин, А. О. Дегтярев // Семинар. – 2008. – № 21. – С. 365–380.

79. Артюшин, С. П. Обогащение углей / С. П. Артюшин. – М. : Недра, 1975. – 384 с.

80. Перов, В. А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых : учеб. пособие для вузов / В. А. Перов, Е. Е. Андреев, Л. Ф. Биленко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1990. – 301 с.

81. Мальков, С. М. Дробилки шнекозубчатые / С. М. Мальков, А. И. Степаненко. – Новосибирск : Гормашэкспорт, 2013. – 34 с. (Сер. Процессы и аппараты обогащения и химической технологии).

82. ЗАО «Гормашэкспорт» [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа: <http://gmexr.ru/> (дата обращения: 25.10.2017).

83. Конвейеры : справочник / Р. А. Волков, А. Н. Гнутов, В. К. Дьячков [и др.] ; под общ. ред. Ю. А. Пертена. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1984. – 367 с.

84. Пособие по проектированию конвейерного транспорта ленточные конвейеры (к СНИП 2.05.07–85). – М. : Стройиздат, 1988. – 48 с.

85. Грохоты инерционные легкого типа ГИЛ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.grohot24.ru/products/oborudovanie-gorno-obogatitelnoe/grokhota-inertsionnye-legkogo-tipa-gil/view/62-grokhota-inertsionnyi-legkogo-tipa> (дата обращения: 12.10.2017).

86. Демченко, И. И. О возможности размещения перерабатывающего оборудования в забое разреза / И. И. Демченко, А. О. Муленкова // Изв. вузов. Горн. журн. – 2017. – № 8. – С. 26–32.

87. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901829243> (дата обращения: 12.10.2017).

88. Ржевский, В. В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ : учебник / В. В. Ржевский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1980. – 631 с.

89. Подэрни, Р. Ю. Горные машины и комплексы для открытых горных работ. / Р. Ю. Подэрни. – 3-е изд. – Москва : Издательство МГГУ, 1998. – Т. 1. – 422 с.

90. Угольная мелочь [Электронный ресурс] // Большая энциклопедия нефти и газа. – Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id141476p1.html> (дата обращения: 12.10.2017).

91. Положение. Охрана труда при складировании материалов [Электронный ресурс] : ПОТ Р О-14000-007–98 : утв. М-вом экономики Рос. Федерации 25.02.98 : ввод. в действие с 01.07.99. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005843> (дата обращения: 05.04.2019).

92. Контейнерные площадки и терминальные устройства на предприятиях промышленности и транспорта Правила проектирования и строительства [Электронный ресурс] : СП 262.1325800.2016 : утв. М-вом стр-ва и жил.-коммун. хоз-ва Рос. Федерации 03.12.2016 : ввод. в действие с 04.06.2017. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456042947> (дата обращения: 05.04.2019).

93. Демченко, И. И. Экономические аспекты перевозки угля в контейнерах на примере г. Красноярск / И. И. Демченко, В. А. Ковалев, М. Г. Омышев / Вестн. Краснояр. гос. технол. ун-та. – Красноярск, 1998. – Вып. 11. – С. 48–62.

94. Муленкова, А. О. Техничко-экономическое обоснование получения сортового угля в забое Балахтинского разреза Красноярского края / А. О. Муленкова, И. И. Демченко // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2019. – № 1. – С. 36–47.



# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Акт о внедрении результатов диссертационной работы



ОГРН 1022400665154 ИНН 2411002738 КПП 241101001  
ОКПО 10155985 ОКВЭД 29.52; 29.22.3; 29.22.9; 29.22.26  
Р/с 40702810200230000013 Филиал ББР БАНКА в г. Красноярске  
К/с 30101810600000000555 БИК 040407555

660050, Россия, г. Красноярск, ул. Кутузова, 1, а/я 1020,  
ЗАО «СПЕЦТЕХНОМАШ». Тел./факс (391) 237-47-34, 260-76-58,  
тел. (391) 260-71-89. E-mail: zavod@grohot24.ru, www.grohot24.ru

УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор  
ЗАО «Спецтехномаш»  
А.Е. Никитин  
« 04 » \_\_\_\_\_ 2019 г.

АКТ

о внедрении (использовании) результатов  
диссертационной работы Муленковой Анастасии Олеговны  
«Обоснование технологии и требований к оборудованию  
для получения сортового угля в разрезе»

Мы нижеподписавшиеся представители ЗАО «Спецтехномаш», занимающегося разработкой и изготовлением горно-обогатительного оборудования (грохотов, конвейеров, классификаторов, сортировочных комплексов и др.) для угольной и других отраслей горной промышленности: заместитель генерального директора по развитию предприятия Осипов А.Ф., директор по маркетингу Пустоляков Н.М., главный конструктор Потехин Ю.Н. составили настоящий акт о том, что при проектировании и изготовлении горно-обогатительного и транспортирующего оборудования, следующие выполненные исследования приняты к внедрению:

- математическая модель, определяющая возможность расположения оборудования в забое для получения сортового угля, основанная на установленных параметрах оборудования, необходимого для сохранения его качественных и количественных характеристик;
- методика расчета параметров сортировочного (перерабатывающего) оборудования, расположенного в добычном забое экскаватора типа механическая лопата и работающего во взаимодействии с транспортными средствами карьера, позволяющими транспортировать полученный в забое сортовой уголь в специализированных емкостях;
- найдены предельные значения параметров перерабатывающего оборудования и технологического автотранспортного средства (ТАТС), которые определяют возможность их использования в забое с экскаваторами типа механическая лопата в различных видах экскаваторных заходов;
- установленные зависимости массогабаритных параметров специализированных емкостей как неотъемлемых частей технологических автотранспортных средств различного типа, позволяющие определить их основные конструктивные и режимные параметры для доставки сортового угля.

Предлагаемое сортировочное оборудование и транспортные средства позволяют непосредственно в забое выделить из общего объема добычи сортовой уголь и обеспечить сохранение полученных при этом качественных и количественных характеристик до момента сжигания сортового угля потребителем. Увеличение затрат обусловлено: сортировкой угля, загрузкой и последующими перевалками контейнеров, их транспортировкой значительно перекрывается повышением потребительских свойств, поставляемого потребителю в контейнерах для длительного хранения сортового угля, в сравнении с поставкой конечному потребителю навалом рядового или сортового угля и минимизацией вреда экологии на всех этапах «от забоя до топки».

Зам. генерального директора  
по развитию предприятия  
Директор по экономике  
Главный конструктор

А.Ф. Осипов  
Н.М. Пустоляков  
Ю.Н. Потехин

## ПРИЛОЖЕНИЕ А (продолжение)

### Акт о внедрении результатов диссертационной работы

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

SIBIRIAN  
FEDERAL  
UNIVERSITY



СИБИРСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



В Е Р Ж Д А Ю

Проректор по образовательной  
деятельности

С. П. Басалаева

660041, РОССИЯ, Красноярск, проспект Свободный, 79  
телефон (391)2-44-82-13, тел./факс (391)2-44-86-25  
http://www.sfu-kras.ru, e-mail: office@sfu-kras.ru

№ \_\_\_\_\_  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

2019 г.

### А К Т

о внедрении результатов диссертационной работы «Обоснование технологии и требова-  
ний к оборудованию для получения сортового угля в разрезе»  
Муленковой Анастасии Олеговны

В учебном процессе подготовки дипломированных специалистов и в практических занятиях используются результаты научных исследований аспиранта А.О. Муленковой, полученные ей при подготовке диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В дипломных работах студентов по специальности 21.05.04 «Горное дело», специализация 21.05.04.09 «Горные машины и оборудование», специализация 21.05.04.03 «Открытые горные работы» и научно-исследовательских работах аспирантов Института горного дела геологии и геотехнологий ФГАОУ ВО «Сибирский Федеральный Университет» применяются:

- разработанная математическая модель, определяющая возможность расположения оборудования в забое для получения сортового угля, основанная на установленных параметрах оборудования, необходимого для сохранения его качественных и количественных характеристик.

- выполненные при подготовке диссертации действующие модели специализированного автотранспортного средства и контейнера, предназначенного для перевозки и хранения сортового угля индивидуальным потребителям (заявка на изобретение 2013133549/12 (№2544983) решение о выдаче от 20.03.2015 г.) используются как наглядное пособие на занятиях по дисциплинам «Механическое оборудование карьеров» и «Транспортные машины».

Результаты научно-исследовательской работы внедрены в лекционные курсы: «Механическое оборудование карьеров»; «Транспортные машины» и «Стационарные машины», будут включены в методические указания по лабораторной работе.

Диссертационная работа А.О. Муленковой является научно – исследовательским направлением для специальных частей выпускных квалификационных работ по специальности 21.05.04 – «Горное дело», специализация 21.05.04.09 – «Горные машины и оборудование» и 21.05.04.03 «Открытые горные работы».

Зав. кафедрой «Горные машины и комплексы»

Института горного дела, геологии и геотехнологий СФУ

д-р. техн. наук, профессор

А. В. Гил'ев