

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

*На правах рукописи*

**Лапшин Николай Сергеевич**



**ОБОСНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ  
ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНЫХ  
ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

*Специальность 05.02.22 – Организация производства  
(в горной промышленности)*

Диссертация  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель –  
доктор технических наук,  
профессор С.И. Фомин

Санкт-Петербург – 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ГОРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ</b> .....	9
1.1 Анализ современного состояния отрасли нерудных строительных материалов России .....	9
1.2 Анализ проблем при организации открытой разработки месторождений песчано-гравийной смеси.....	16
1.3 Обоснование совершенствования и развития организационно-технических методов открытой разработки песчано-гравийных месторождений .....	19
1.4 Выводы по первой главе .....	23
<b>ГЛАВА 2 ОРГАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ С ПЕРЕРАБОТКОЙ НА МОБИЛЬНЫХ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ</b> .....	24
2.1 Основные особенности горно-геологических условий песчано-гравийных месторождений .....	24
2.2 Анализ рынка песчано-гравийной смеси Северо-Западного федерального округа.....	28
2.3 Особенности организации открытой разработки месторождений песчано-гравийной смеси с переработкой на мобильных дробильно-сортировочных комплексах .....	39
2.4 Выводы по второй главе .....	44
<b>ГЛАВА 3 ОБОСНОВАНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДОБЫЧИ ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНЫХ ПОРОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНЫХ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ</b> .....	46
3.1 Обоснование разработки классификации технологических комплексов переработки песчано-гравийной смеси с использованием МДСК .....	46
3.2 Классификация технологических комплексов переработки песчано-гравийной смеси с использованием МДСК .....	50
3.3 Производительность системы экскаватор-мобильный агрегат переработки песчано-гравийной смеси.....	63
3.4 Выводы по третьей главе.....	69
<b>ГЛАВА 4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВАЛУННО-ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОГО МАТЕРИАЛА «АНСКИНО-2» С ИЗМЕНЕНИЕМ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СХЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛЕЗНОЙ ТОЛЩИ</b> .....	71
4.1 Исходные данные и основные характеристики предприятия по разработке месторождения валунно-песчано-гравийного материала «Анскино-2».....	71
4.2 Анализ проблем организации эксплуатационных работ на карьере по разработке месторождения валунно-песчано-гравийного материала «Анскино-2».....	79
4.3 Технико-экономическая оценка реализации предлагаемых организационно-технических решений по разработке месторождения валунно-песчано-гравийного материала «Анскино-2» .....	97
4.4 Выводы по четвертой главе.....	115
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	116
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	118

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования и степень ее разработанности.** Реализация федеральных программ дорожного и промышленно-гражданского развития, реализация национальных проектов в области строительства, таких как «Безопасные и качественные автомобильные дороги», «Доступное и комфортное жилье» вызвали в последние годы увеличение потребности в добыче и переработке щебня, гравия и песка.

«Вопросами и проблемами организации производства на карьерах нерудных строительных материалов (НСМ) занимались такие известные исследователи как М.И. Агошков, А.И. Арсентьев, Ю.Д. Буянов, С.Е. Гавришев, Ю.Г. Карасев, В.В. Квитка, Ю.Е. Капутин, В.С. Коваленко, Н.А. Малышева, В.В. Ржевский, О.Н. Салманов, К.Н. Трубецкой, С.И. Фомин, О.В. Шпанский, Б.П. Юматов и ряд других» [64].

Вместе с тем вопросы развития организационно-технических методов разработки песчано-гравийных месторождений (ПГМ) с применением мобильных дробильно-сортировочных комплексов (МДСК) не получили должного развития в связи с относительно недавним временем появления таких комплексов (1990-е годы). Использование мобильного оборудования позволит значительно расширить базу обрабатываемых минерально-сырьевых ресурсов. Традиционными для обработки месторождений песчано-гравийной смеси (ПГС) считаются стационарные комплексы, которые предусматривают сравнительно большие запасы полезного ископаемого для обеспечения возможности окупить вложенные в разработку средства. Использование же мобильных дробильно-сортировочных комплексов позволяет обрабатывать практически сколь угодно малые месторождения.

Для эффективной отработки месторождений ПГС с использованием МДСК необходимо разработать организационно-технологические методы отработки таких месторождений, определить степень влияния на производительность предприятий по разработке месторождений ПГС параметров системы разработки, а также различных факторов – геологических, горнотехнических и организацион-

ных, провести обоснование области применения технологических комплексов карьеров по добыче ПГС с использованием МДСК.

Традиционная отработка месторождений ПГС с последующей переработкой на стационарных дробильно-сортировочных комплексах предполагает транспортирование всего объема полезного ископаемого на промышленную площадку предприятия, располагаемую в большинстве случаев на борту карьера. «При переработке ПГС с низким содержанием гравия и валунов завод работает с низкой производительностью, грохоты и транспортные коммуникации завода при этом значительно перегружены» [42]. Образовавшийся в процессе переработки некондиционный или нереализованный песок транспортируется в отвалы. При этом предприятие несет значительные расходы, связанные с перемещением всего объема песчано-гравийной смеси на переработку, а затем для размещения в отвалах нереализуемой части.

Результаты анализа традиционных технологий разработки и переработки песчано-гравийных месторождений позволяют сделать вывод, что отсутствие промежуточного склада сырья обуславливает жесткую взаимосвязь их функционирования во времени, при которой простои одного из звеньев технологической цепочки влияют на всю цепочку карьер – дробильно-сортировочный завод (ДСЗ). «Склады должны служить не только для повышения использования во времени технологического комплекса карьер-ДСЗ, но и для усреднения качественных показателей готовой продукции.

Таким образом, обоснование организационно-технических методов ведения горных работ на карьерах по производству ПГС с использованием мобильных дробильно-сортировочных комплексов, обеспечивающих повышение экономической эффективности управлением технико-экономическими показателями, является актуальной научно-практической задачей» [64].

**Цель работы:** Обоснование и разработка организационно-технических методов открытой разработки песчано-гравийных месторождений с использованием мобильных дробильно-сортировочных комплексов, обеспечивающих повышение эффективности и обоснованности принимаемых технических решений.

**Идея работы.** «Организация горных работ карьеров песчано-гравийной смеси должна базироваться на разработанных методах управления основными технико-экономическими показателями с учетом горнотехнических и горно-геологических особенностей открытой разработки песчано-гравийных месторождений, комплектации и расположения мобильных дробильно-сортировочных комплексов, обеспечивающих повышение эффективности и обоснованности принимаемых технических решений» [64].

**Основные задачи исследований:**

1. Анализ современных тенденций в развитии рынка ПГС.
2. Анализ проблем организации горных работ при разработке месторождений ПГС.
3. Анализ организационно-технических методов разработки месторождений ПГС в современных условиях.
4. Анализ эксплуатационных затрат при разработке месторождений ПГС.
5. Обоснование и разработка метода прогнозирования технико-экономических показателей разработки месторождений ПГС.
6. Разработка рациональных схем организации горных работ при отработке месторождений ПГС.
7. Разработка классификации технологических комплексов переработки песчано-гравийной смеси с использованием мобильных дробильно-сортировочных комплексов.
8. Определение производительности горнотехнической системы экскаватор-мобильный агрегат переработки ПГС.
9. Определение оптимальной организационно-технической схемы отработки конкретного месторождения с применением МДСК.

**Научная новизна:**

1. Разработана классификация технологических комплексов переработки песчано-гравийной смеси с использованием мобильных дробильно-сортировочных комплексов.

2. Установлена аналитическая зависимость для определения производительности горнотехнической системы экскаватор-мобильный агрегат переработки ПГС.

**Основные защищаемые положения:**

1. Выбор рациональной организационно-технологической схемы ведения горных работ следует проводить на основе разработанной классификации, учитывающей горнотехнические и горно-геологические особенности открытой разработки месторождений песчано-гравийной смеси, отрабатываемых с использованием мобильных дробильно-сортировочных агрегатов, и обеспечивающей повышение эффективности и обоснованности принимаемых технических решений.

2. «Организация горных работ на карьерах нерудных строительных материалов должна базироваться на разработанных методах управления основными технико-экономическими показателями с учетом горнотехнических и горно-геологических особенностей открытой разработки песчано-гравийных месторождений с использованием мобильных дробильных агрегатов, обеспечивающих повышение эффективности и достоверности принимаемых организационно-технических решений» [64].

3. Управление технико-экономическими показателями работы карьеров нерудных строительных материалов с использованием мобильных дробильно-сортировочных комплексов следует осуществлять на основе баз данных по карьерам-аналогам для предварительной оценки эксплуатационных удельных затрат, позволяющих обеспечить снижение себестоимости выпускаемой продукции, сокращение размера и срока окупаемости капитальных вложений.

**Методология и методы исследований.** Комплексный подход, включающий анализ и обобщение результатов исследований по организации горно-строительных работ при разработке месторождений песчано-гравийной смеси. Основными методами исследований являются классические экономические и финансовые теории рыночных методов хозяйствования, математическая статистика, динамическое программирование, моделирование на персональных компьютерах,

системный анализ при исследовании организации эксплуатационных работ при разработке месторождений ПГС.

**Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждается широким привлечением фактических и проектных материалов функционирования отечественных карьеров-аналогов по разработке месторождений ПГС; результатами использования рекомендаций по изменению организации технологической схемы переработки горной массы на месторождении валунно-песчано-гравийного материала «Анскино-2».

#### **Теоретическая и практическая значимость работы:**

1. «Разработаны и обоснованы организационно-технологические схемы ведения горных работ при открытой разработке песчано-гравийных месторождений.

2. Установлены факторы, оказывающие существенное влияние на производительность карьеров ПГС.

3. Разработаны основные принципы формирования и области применения организационно-технологических схем при открытой разработке песчано-гравийных месторождений» [64].

4. Получена зависимость для определения производительности горнотехнической системы экскаватор-мобильный агрегат переработки ПГС.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации докладывались, обсуждались и получили одобрение на международной научно-практической конференции, посвященной 185-летию кафедры «Горное искусство» – «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование» (Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, октябрь 2017 г.), на международной конференции на базе Фрайбергской Горной академии «69TH Berg- und Hüttenmännischer Tag» (Германия, июнь 2018 г.), на IV международной научно-практической конференции – «Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке» (Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, октябрь 2018 г.), на заседаниях кафедры разработки месторождений полезных ископаемых горного университета.

**Личный вклад автора.** Автором изучено состояние рынка песчано-гравийной смеси, выполнена постановка проблемы, определены цель и задачи исследований; обоснованы методы организации горных работ на месторождениях ПГС с переработкой на мобильных дробильно-сортировочных комплексах, проведены аналитические и теоретические исследования, сформулированы основные научные положения и выводы.

**Публикации.** Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 9 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено свидетельство на программу для электронных вычислительных машин № 2018618753 «Система моделирования оптимальной длины фронта горных работ уступа для машин послойного фрезерования при погрузке в автомобильный транспорт».

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав с выводами по каждой из них, заключения, библиографического списка, включающего 116 наименований. Диссертационная работа изложена на 129 страницах машинописного текста и содержит 16 рисунков и 37 таблиц.

## ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ГОРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### 1.1 Анализ современного состояния отрасли нерудных строительных материалов России

Реализация федеральных программ дорожного и промышленно-гражданского развития, реализация национальных проектов в области строительства, таких как «Безопасные и качественные автомобильные дороги», «Доступное и комфортное жилье» вызвали увеличение потребности в добыче и переработке щебня, гравия и песка.

В соответствии с Общероссийским классификатором продукции по видам экономической деятельности (ОКВЭД) деятельность по разработке гравийных и песчаных карьеров (код 08.12.1) и дроблению и измельчению гравия (код 08.12) относится к группировке 8 «Добыча прочих полезных ископаемых» разделу В «Добыча полезных ископаемых» [63].

«Объемы производства нерудных строительных материалов в Российской Федерации приведены в таблице 1.1 и на рисунке 1.1. Данные приведены в соответствии с «Российским статистическим ежегодником» [32] за 1990-2019 г.г., публикуемым Федеральной службой государственной статистики» [42].

Таблица 1.1 – Объемы производства НСМ в России, тыс.м<sup>3</sup>

Год	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Объем	713*	236	190	197	192	211	231	270	318
Год	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Объем	392	428	272	319	376	425	424	445	447
Год	2016	2017	2018	2019					
Объем	485	509	525,8	535,3					
Примечание: * - объем добычи НСМ в СССР									

В таблице 1.2 представлены показатели изменения объемов производства нерудных строительных материалов за 2000-2019 гг.

Таблица 1.2 – Показатели изменения объемов производства нерудных строительных материалов за 2000-2019 гг., %

Год	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Объем, %	100%	3,68	-2,54	9,90	9,48	16,88	17,78	23,27	9,18
Год	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Объем, %	-36,45	17,28	17,87	13,03	-0,24	4,95	0,45	8,50	4,95
Год	2018	2019							
Объем, %	3,30	1,81							

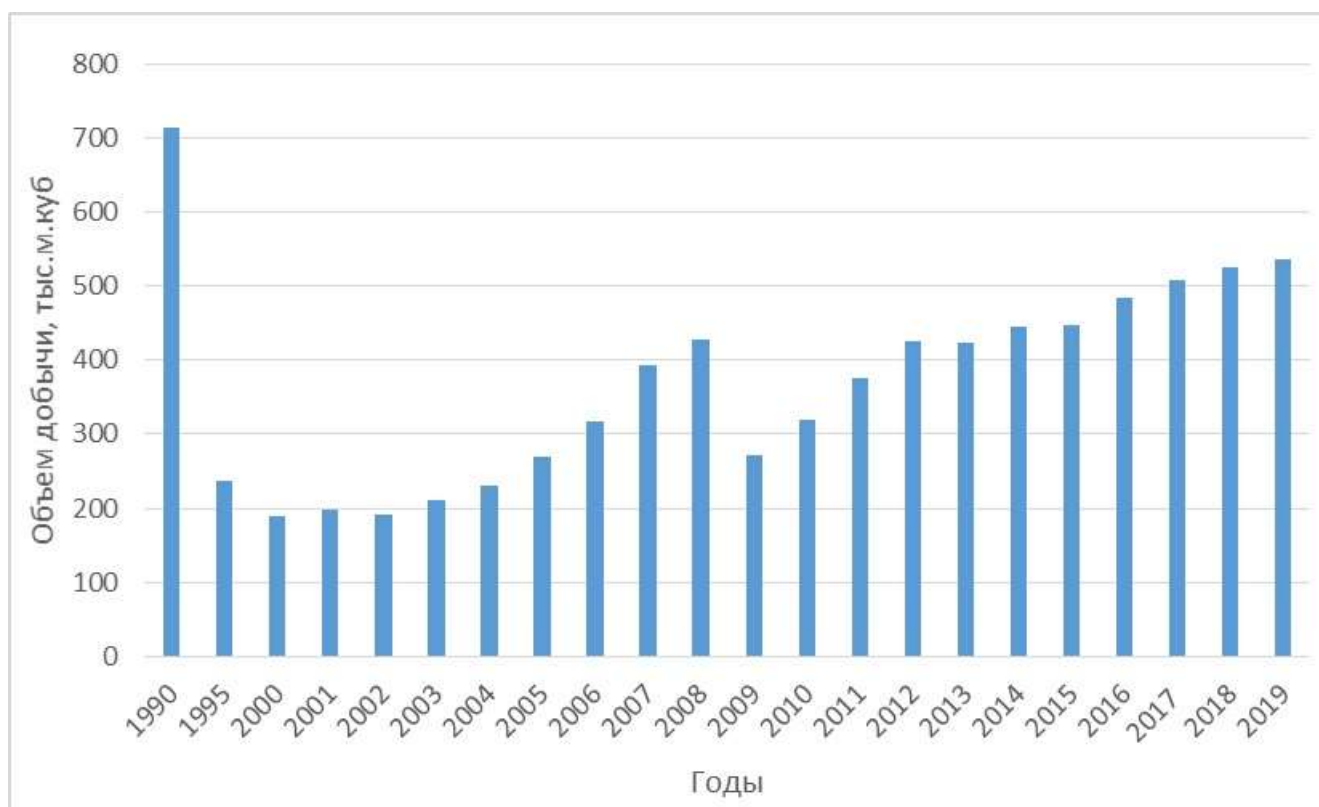


Рисунок 1.1 – Диаграмма объемов добычи НСМ в России с 1990 по 2019 гг.

Авторами данной работы выполнен анализ развития отрасли нерудных строительных материалов.

«Анализ статистических данных, публикуемых Федеральной службой государственной статистики, позволяет условно выделить три периода развития отрасли нерудных строительных материалов постсоветского периода:

1. Начальный период, длившийся с момента развала СССР до кризиса 1998 года, можно назвать инерционным снижением. В данный период, в связи с тяжелой экономической ситуацией отрасль существовала только за счет базы,

сформированной в советское время. Объем добычи нерудных строительных материалов снижался вплоть до 1998 г., достигнув объема в 159 млн. м<sup>3</sup>. К сравнению, объем добычи в 1990 году в СССР составил 713 млн. м<sup>3</sup>.

2. После кризиса 1998 года, достигнув своего дна, отрасль перешла к росту, продолжавшемуся вплоть до кризиса 2009 года. В данный период времени цены на нефть практически постоянно росли, достигнув отметки в 140 долларов США за баррель нефти марки Brent. Экономика России, зависящая в этот период от цен на нефть, росла опережающими темпами. С ростом экономики росли и темпы жилищного и дорожного строительства. В данный период времени в отрасль пришли крупные инвесторы, появилась современная зарубежная техника. В 2006 году Правительство пыталось спрогнозировать дальнейшее развитие отрасли, закладывая в сценарий развития высокие цены на нефть и газ, а также рост экономики в целом. В результате была подготовлена «Стратегия развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения на период до 2020 года» (далее – Стратегия до 2020 года) [72]. Несмотря на финансовый кризис 2009 года и падение производства нерудных строительных материалов Стратегия до 2020 года была утверждена Правительством РФ 30 мая 2011 года. Стратегия до 2020 года закладывала два варианта развития отрасли нерудных строительных материалов до 2020 года – инновационный (с ежегодным приростом производства нерудных строительных материалов 10%) и инерционный (с ежегодным приростом производства – 7%).

3. После финансового кризиса 2009 года и падения производства нерудных строительных материалов в этот год на 35%, отрасль, благодаря государственным строительным программам к 2012 году смогла быстро восстановиться. Но темпы роста добычи нерудных строительных материалов не соответствовали принятым в Стратегии до 2020 года.

Кроме того, стало очевидно, что объемы производства традиционных строительных материалов полностью покрывают внутренний спрос, за исключением строительных материалов, являющихся новыми для российского рынка и характеризующихся большей привлекательностью для потребителей по соотношению

цены и качества, то есть более конкурентоспособных. На основании вышеизложенного была подготовлена и утверждена 10 мая 2016 года новая «Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года» (далее – Стратегия)» [77].

В таблице 1.3 представлены данные по объемам производства нерудных строительных материалов, в т.ч. по видам в Российской Федерации.

Таблица 1.3 – Объемы производства НСМ, в т.ч. по видам в Российской Федерации, тыс.м<sup>3</sup>

Год	2000	2001	2002	2003	2004
Объем, всего	190	197	192	211	231
Пески природные	43	47	46	59	70
Галька, гравий, щебень	110	112	111	117	124
Песчано-гравийная смесь (ПГС)	21	25	28	23	24
Соотношение добычи ПГС к «гальке, гравию, щебню»	19,1	22,3	25,2	19,7	19,4
Год	2005	2006	2007	2008	2009
Объем, всего, в т.ч.	270	318	392	428	272
Пески природные	91	117	147	166	95
Галька, гравий, щебень	139	155	185	200	138
Песчано-гравийная смесь	24	31	38	40	27
Соотношение добычи ПГС к «гальке, гравию, щебню»	17,3	20,0	20,5	20,0	19,6
Год	2010	2011	2012	2013	2014
Объем, всего, в т.ч.	319	376	425	424	445
Пески природные	123	143	158	158	170
Галька, гравий, щебень	177	208	236	230	241
Песчано-гравийная смесь	32	35	47	39	46
Соотношение добычи ПГС к «гальке, гравию, щебню»	18,1	16,8	19,9	17,0	19,1
Год	2015	2016	2017	2018	2019
Объем, всего, в т.ч.	447	485	508,9	525,8	535,3
Пески природные	193	236	267	280	236
Галька, гравий, щебень	224	227	200	204	н.д.
Песчано-гравийная смесь	48	47	48	60	н.д.
Соотношение добычи ПГС к «гальке, гравию, щебню»	21,4	20,7	24,0	29,4	-

На рисунке 1.2 представлен график изменения отношения добычи песчано-гравийной смеси к группе материалов «галька, гравий, щебень».

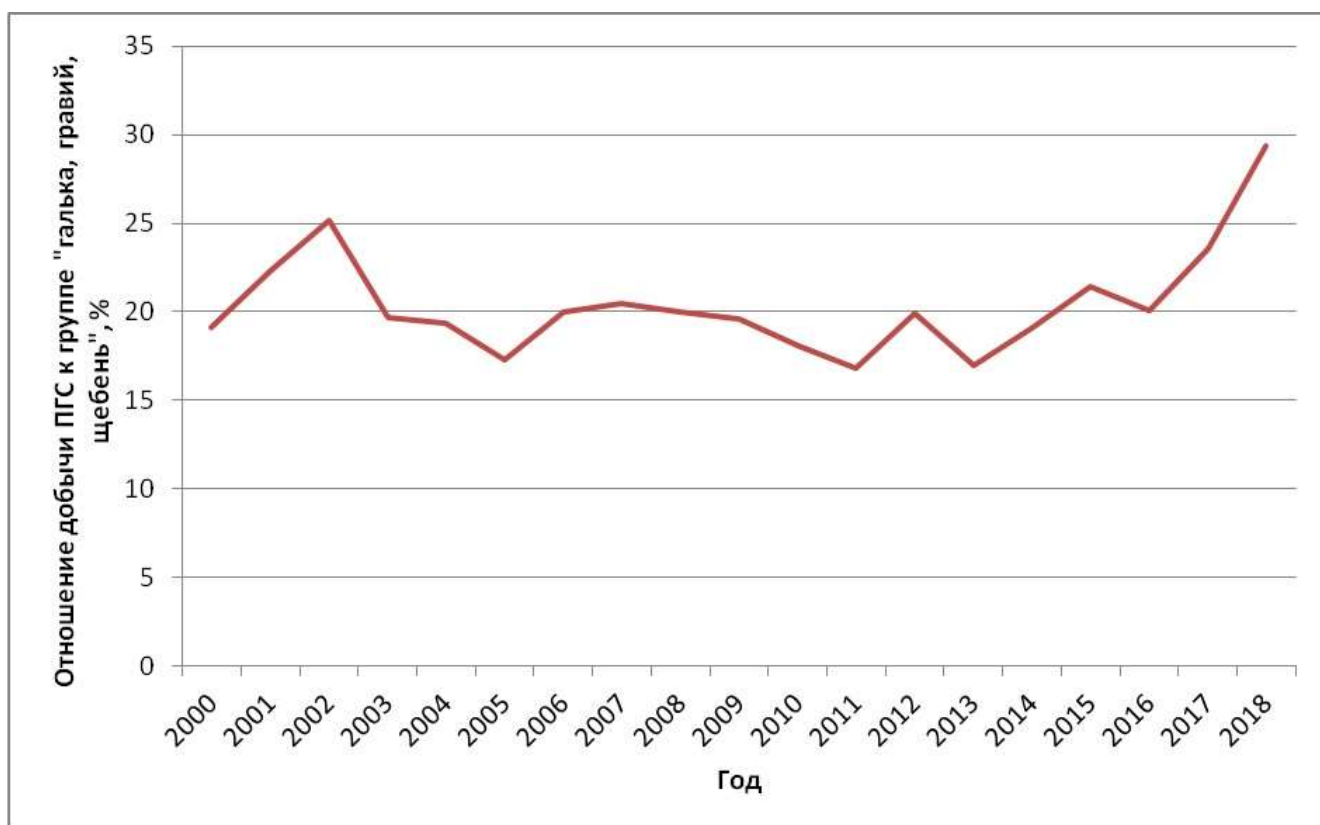


Рисунок 1.2 – График изменения отношения добычи песчано-гравийного материала к группе материалов «галька, гравий, щебень»

«В соответствии со стратегией, в целом мощностей по производству строительных материалов достаточно для обеспечения спроса в прогнозном периоде до 2025 года, а по некоторым позициям – до 2030 года» [77].

К концу 2018 года Правительство Российской Федерации сформировало 12 национальных проектов и комплексный план по развитию инфраструктуры, в которых были определены цели и задачи по развитию России на период до 2024 года [94].

В рамках направления «Комфортная среда для жизни» можно выделить два национальных проекта, существенно влияющих на рынок нерудных строительных материалов, – «Безопасные и качественные автомобильные дороги» и «Жилье и городская среда». В рамках данных национальных проектов планируется существенный рост дорожного и жилищного строительства.

Для возможности прогнозировать развитие отрасли нерудных строительных материалов в будущем наибольший интерес представляет анализ периода после

2000 года, по которому имеются данные по производству не только нерудных строительных материалов в целом, но и по отдельным видам полезных ископаемых, таких как песок, галька, гравий, щебень, песчано-гравийный материал.

Быстрое восстановление отрасли нерудных строительных материалов после 2009 года, а также постепенный рост в последующие годы связан с большим количеством государственных программ и задач, таких как подготовка к Зимним Олимпийским играм 2014 года, Чемпионату мира по футболу 2018, строительство автомобильной дороги Москва – Санкт-Петербург (федеральная автомобильная дорога М11) и других.

В целом можно отметить, что при общем росте добычи нерудных строительных материалов менялось соотношение добычи различных видов полезных ископаемых. Так, пик добычи группы «галька, гравий, щебень» – 241 млн. м<sup>3</sup> приходится на 2014 год (таблица 1.3), что связано с подготовкой к Олимпиаде в Сочи и Чемпионату мира по футболу и использованием щебня 1-й группы для долговечных железобетонных конструкций, после чего объемы добычи данной группы снижаются. Запуск таких проектов, как строительство высокоскоростной железнодорожной пассажирской магистрали Москва – Санкт-Петербург и других восстановит объемы производства щебня.

В то же время, рост добычи природного песка, начиная с 2009 года, связан с постоянно увеличивающимися объемами дорожного строительства, который также будет поддержан национальными проектами.

Анализ данных, представленных в таблице 1.3, показывает, что при общем увеличении добычи нерудных строительных материалов с 2013-2014 гг., меняется соотношение добычи песчано-гравийного материала к объему группы «галька, гравий, щебень» – с 19,1% в 2000 году до 29,4% в 2018 году, что подчёркивает возрастающую роль песчано-гравийной смеси в общем производстве нерудных строительных материалов. Это связано с тем, что при постоянно растущих тарифах на железнодорожный транспорт, а также из-за удаленности во многих районах мест добычи строительного камня из магматических пород, строительные компании все чаще обращают внимание на местный строительный материал,

находящийся вблизи мест потребления – месторождения песчано-гравийного материала. Кроме того, современное мобильное дробильно-сортировочное оборудование позволяет обрабатывать сколь угодно малые месторождения, без капитального строительства на объекте, получая щебень необходимого качества для жилищного и дорожного строительства при обработке месторождений и последующей переработке ПГС.

В целом, можно отметить, что корректнее было бы производить сравнение добычи песчано-гравийного материала к щебню, получаемому из магматических горных пород, т.к. часть продуктов, получаемых в результате переработки песчано-гравийной смеси – гравий, щебень из гравия – содержится в группе «галька, гравий, щебень», а рост добычи песчано-гравийной смеси приводит также к росту соответствующих категорий в группе «галька, гравий, щебень». Однако, Росстат вплоть до 2018 публиковал данные только по объединенной группе. Начиная с 2019 года, Росстат публикует данные по добыче гравия, гальки и щебня отдельно.

Авторы отмечают, что «основными потребителями нерудным строительных материалов в России являются строительная индустрия, дорожная отрасль, железнодорожное путевое хозяйство, которые предъявляют не совпадающие по некоторым позициям требования к качеству продукции. Так наибольшим спросом во всех отраслях пользуется щебень 1 группы» [42]. Производство кубовидного щебня из изверженных горных пород, в соответствии с ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» сопряжено со значительными затратами. На цену такого щебня влияют как высокая себестоимость производства, связанная с технологией (дорогостоящее оборудование, буровзрывные работы и т.д.), так и высокая транспортная составляющая, связанная с территориальной принадлежностью месторождений крепких магматических пород (основные запасы Северо-Западного федерального округа сосредоточены в следующих регионах – Республике Карелия, север Ленинградской области, Мурманская область).

При этом в процессе переработки с целью получения такого щебня образуется большое количество отсеков грохочения и отсеков дробления, которые скла-

дируются во внешних отвалах, занимающих с каждым годом все большие площади (около 40 млн. м<sup>3</sup> отсевов складывается в отвалах из-за отсутствия спроса), оказывая серьезное давление на окружающую среду.

При этом многие специалисты отмечают, что использование кубовидного щебня из магматических горных пород целесообразно при возведении ответственных конструкций, для остальных же целей можно использовать щебень из осадочных и метаморфических горных пород [13].

## **1.2 Анализ проблем при организации открытой разработки месторождений песчано-гравийной смеси**

Промышленность строительных материалов является приоритетной отраслью, определяющей текущее состояние национальной экономики и потенциал ее развития, включая обновление основных фондов, строительство и ремонт объектов промышленности, транспортной и инженерной инфраструктуры, строительство в необходимом объеме комфортного и качественного жилья, занятость населения в средних и малых населенных пунктах, а также размер государственных расходов, связанных с реализацией программ экономического развития.

Разработка месторождений песчано-гравийной смеси с каждым годом занимает все большую долю среди остальных нерудных строительных материалов.

При оценке современного состояния отрасли по добыче и переработке песчано-гравийных материалов выявлены следующие проблемы:

- высокий уровень энергозатрат и металлоемкости отечественного дробильно-сортировочного оборудования;
- дисбаланс спроса и предложения по отдельным субъектам РФ;
- высокие транспортные издержки;
- отсутствие спроса на современную продукцию («в развитых странах выпускаются десятки фракций песка, гравия, щебня и их смесей в соответствии со стандартом EN-12620 [115], пески – в диапазоне 0,063-2(4) мм, щебень – 2-56 мм; отечественные же предприятия выпускают только 9-10 видов продукции» [13]);

– отсутствие прогрессивных технологий производства современных строительных материалов на основе современного отечественного горного оборудования для карьеров по добыче ПГС (единичные российские предприятия выпускают узкую линейку мобильных дробильно-сортировочных установок);

– низкая конкурентоспособность предприятий;

– низкий уровень использования отсевов, влекущий за собой высокий уровень воздействия на окружающую природную среду;

– недостаток квалифицированных кадров.

Негативно на отрасль влияют особенности спроса российских предприятий, при которых конечная цена продукции стоит выше качественных характеристик.

Большинство крупных карьеров по добыче и переработке песчано-гравийной смеси построены более 20 лет назад. Длительная эксплуатация большинства месторождений приводит к ухудшению горно-геологических условий разработки: увеличивается дальность транспортирования полезного ископаемого и вскрышных пород, вовлекаются в отработку площади с всё большим коэффициентом вскрыши и меньшим содержанием гравия и валунов. Ввиду малого спроса на отсев интенсивно растут площади для его хранения и складирования.

Цена конечной продукции для потребителей на 50-90% может состоять из транспортной составляющей, что предопределяет выбор вида транспорта.

Как отмечается в Стратегии «в течение последних 7-10 лет в структуре доставки практически всех строительных материалов наблюдается устойчивая тенденция к увеличению использования для доставки продукции автомобильного транспорта. В июле 2015 года внесены изменения в значения, установленные постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2011 г. № 272 «Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом», определяющие допустимую массу транспортных средств и допустимые осевые нагрузки колесных транспортных средств. Одновременно с этим вступил в силу Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и от-

дельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования норм, регулирующих движение по автомобильным дорогам тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств и транспортных средств, осуществляющих перевозки опасных грузов», ужесточивший ответственность не только перевозчика, но и грузоотправителя за превышение допустимой массы транспортного средства или допустимой нагрузки на ось транспортного средства» [77].

С целью соблюдения законодательства в части транспортирования грузов перевозчики снизили загруженность автотранспортных средств до 70% от паспортной вместимости, что в итоге приводит к увеличению конечной цены материалов, увеличению нагрузки на окружающую среду и дорожное полотно вследствие увеличения количества рейсов для выполнения объема перевозок.

Проблемы в отрасли не только обозначают существующие организационно-технические проблемы, но и показывают возможные направления развития отрасли для преодоления этих проблем, такие как развитие отечественной машиностроительной отрасли с целью производства мобильных дробильно-сортировочных заводов, использование современного автотранспорта для транспортировки готовой продукции по автодорогам общего пользования с количеством осей, достаточным для распределения 100% полезной нагрузки, увеличение номенклатуры выпускаемой продукции и пр.

Кроме того, вовлечение в использование средних и малых месторождений песчано-гравийной смеси на расстоянии до 50 км от мест потребления, переработка полезной толщи которых с помощью стационарного дробильно-сортировочного оборудования ранее была нерентабельна, позволило бы решить многие проблемы отрасли, связанные со стоимостью конечной продукции и транспортными расходами. Современное мобильное дробильно-сортировочное оборудование позволяет перерабатывать песчано-гравийную смесь без особых требований к площадке и инженерным сетям, быстро переводится из транспортного положения в рабочее, легко перебрасывается между площадками и карьерами.

### **1.3 Обоснование совершенствования и развития организационно-технических методов открытой разработки песчано-гравийных месторождений**

Авторами установлено, что «горные работы при добыче НСМ характеризуются изменениями горно-геологических и горнотехнических условий отработки месторождения и необходимостью принятия управленческих, организационных, технических и технологических решений, требующих эффективности и обоснованности. Это предопределяет децентрализационные тенденции в процессе производства горных работ на предприятиях отрасли НСМ.

Основные показатели месторождений песчано-гравийных пород характеризуются высокой изменчивостью. Содержание гравия и валунов является наиболее важным показателем, в значительной мере определяющим экономическую эффективность разработки месторождений» [64].

«На выбор и обоснование параметров технологических комплексов добычи и переработки гравийно-песчаных пород влияют следующие особенности месторождений:

- большое разнообразие свойств пород, подвергаемых добыче и переработке, в первую очередь это касается содержания гравия и валунов (от 10 до 90%), гранулометрического и минерального состава, наличия пропластков вскрышных и некондиционных пород;

- разнотипность месторождений по условиям залегания, обводнённости и строению;

- широкий диапазон запасов полезного ископаемого месторождений и производственных мощностей предприятий, создаваемых на их базе.

К специфике предприятий, осуществляющих разработку месторождений гравийно-песчаных пород, относятся:

- ряд специальных требований к сырью и готовой продукции, не имеющих аналогов в других подотраслях горной промышленности (жесткие требования к крупности материала, гранулометрическому составу и его изменчивости в пределах месторождения, отклонениям его прочности, форме зерен щебня, содержанию примесей и др.);

– преобладающее количество предприятий по производству нерудных строительных материалов имеют ограниченную производственную мощность, что в большинстве случаев предопределяет использование не более двух добычных комплексов оборудования;

– ограниченный сбыт песка с низким содержанием гравия и валунов. Для таких предприятий необходимо использование технологических комплексов добычных работ, обеспечивающих повышение содержания гравия и валунов путем выделения нереализуемой части песка и оставления её в карьере;

– поступление добытого полезного ископаемого непосредственно на дробильно-сортировочный завод (ДСЗ), расположенный вблизи карьера. Обычно расстояния транспортировки меняются в пределах 1-3,5 км, что благоприятно сказывается на использовании конвейерного транспорта. На ещё меньшие расстояния, чем полезное ископаемое, перемещаются вскрышные породы и отходы с ДСЗ – до 1,5 км» [64].

Вопросами организации производства на карьерах нерудных строительных материалов (НСМ) занимались такие известные исследователи как М.И. Агошков, А.И. Арсентьев, Ю.Д. Буянов, С.Е. Гавришев, Ю.Г. Карасев, В.В. Квитка, Ю.Е. Капутин, В.С. Коваленко, Н.А. Малышева, В.В. Ржевский, С.П. Решетняк, О.Н. Салманов, К.Н. Трубецкой, С.И. Фомин, О.В. Шпанский, Б.П. Юматов и ряда других [4, 7, 11, 15, 18, 22, 37, 40, 52, 58, 83, 92, 96].

«Традиционная отработка месторождений ПГС с последующей переработкой на стационарных дробильно-сортировочных комплексах предполагает транспортирование всего объема полезного ископаемого на промышленную площадку предприятия, располагаемую в большинстве случаев на борту карьера. При переработке ПГС с низким содержанием гравия и валунов завод работает с низкой производительностью, грохоты и транспортные коммуникации завода при этом значительно перегружены» [42]. Образовавшийся в процессе переработки некондиционный или нереализованный песок транспортируется в отвалы [9, 44]. При этом предприятие несет значительные расходы, связанные с перемещением всего объема ПГС на переработку, а затем для размещения в отвалах нереализуемой ча-

сти.

«Результаты анализа традиционных технологий разработки и переработки песчано-гравийных месторождений позволяют сделать вывод, что отсутствие промежуточного склада сырья обуславливает жесткую взаимосвязь их функционирования во времени, при которой простои одного из звеньев технологической цепочки влияют на всю цепочку карьер – дробильно-сортировочный завод (ДСЗ). Склады должны служить не только для повышения использования во времени технологического комплекса карьер-ДСЗ, но и для усреднения качественных показателей готовой продукции» [42].

«Введение в карьере процесса усреднения содержания гравия и валунов обуславливает необходимость, с целью установления рациональной области применения различных способов усреднения, оценивать не только общую изменчивость содержания гравия и валунов по месторождению, но и ее составляющие – межблоковую и внутриблоковую изменчивость содержания.

Первоначальная оценка межблоковой и внутриблоковой изменчивости должна проводиться по панелям» [64].

Вопросы развития организационно-технических методов разработки песчано-гравийных месторождений с применением мобильных дробильно-сортировочных комплексов не получили должного развития в связи с относительно недавним временем появления таких комплексов (1990-е годы). «Использование мобильного оборудования позволит значительно расширить базу обрабатываемых минерально-сырьевых ресурсов. Традиционными для отработки месторождений песчано-гравийной смеси (ПГС) считаются стационарные комплексы, которые предусматривают сравнительно большие запасы полезного ископаемого для обеспечения возможности окупить вложенные в разработку средства. Использование же мобильных дробильно-сортировочных комплексов позволяет обрабатывать практически сколь угодно малые месторождения» [42].

«Сочетание способов управления качеством сырья и использование мобильного оборудования позволит максимально снизить экологическую нагрузку

на близлежащие районы за счет снижения количества работающего оборудования и вовлечения в разработку минимальных площадей» [6, 45, 51].

При принятии проектных решений о применении мобильных дробильных комплексов в карьере возникают вопросы о целесообразности, рациональности и эффективности технологических схем, с учетом горно-геологических и горнотехнических условий месторождений песчано-гравийной смеси. Основываясь на данных проектных организаций и опыте эксплуатации современных мобильных дробильно-сортировочных комплексов [14, 17, 35, 38, 107] на предприятиях по разработке месторождений ПГС необходимо разработать классификацию организационно-технологических схем открытой разработки месторождений песчано-гравийной смеси с использованием мобильных дробильно-сортировочных комплексов. Такая классификация позволит произвести выбор технологической схемы, соответствующей потребностям предприятия и отвечающей современным требованиям к качеству производимой продукции и охране окружающей среды.

«Оптимальная длина экскаваторного блока при производстве добычных работ на карьерах НСМ [81, 116], как правило, задается проектными решениями на основе рекомендаций, изложенных в одном из основных документов, который используется при проектировании карьеров НСМ [62]. Согласно указанному документу, минимальная длина фронта работ на экскаватор при разработке скальных пород при погрузке в автотранспорт, в зависимости от вместимости ковша экскаватора, составляет при вместимости ковша экскаватора  $2,5-3 \text{ м}^3 - 250 \text{ м}$ ,  $4,5-5 \text{ м}^3 - 400 \text{ м}$  и  $8-10 \text{ м}^3 - 500 \text{ м}$ » [44].

«Учет временного фактора осуществляется при помощи дисконтирующего фактора, который служит инструментом приведения разновременных экономических показателей к одному моменту времени. Получение достоверных проектных решений возможно при перманентном поддержании базы данных по карьерам НСМ и рынкам сырья, использовании программных продуктов, основанных на динамических методах оценки» [44].

Авторами обосновано, что рационально использовать мобильные дробильно-сортировочные комплексы на месторождениях с годовой производительностью до 1 млн. т [20].

Передвижные дробильно-перегрузочные комплексы в схемах циклично-поточной технологии (ЦПТ) были рассмотрены такими учёными как В.И. Усынин, С.П. Решетняк, М.И. Драй, Ю.А. Муйземнек, В.А. Яковлев и др. [55, 56, 79, 88, 95, 114].

#### **1.4 Выводы по первой главе**

1. Анализ объемов добычи нерудных строительных материалов показал, что положение дел в отрасли в России напрямую зависит от ситуации в экономике и каждый этап роста отрасли НСМ в последние десятилетия заканчивался резким падением в годы глобальных финансовых кризисов последних десятилетий, после чего быстро восстанавливался.

2. Отрасль НСМ развивается благодаря государственным программам и национальным проектам. В обозримом будущем, с учётом прогнозируемого спроса, объем выпуска НСМ в Российской Федерации может достигнуть 600 млн.м<sup>3</sup>, песчано-гравийного материала – 100 млн.м<sup>3</sup>.

3. Обеспечение возрастающей потребности рынка в строительных материалах, увеличивающиеся объемы дорожного строительства требует обоснования и разработки и новых организационно-технических решений для карьеров по добыче и переработке песчано-гравийной смеси, позволяющих обеспечивать основными материалами строительные организации вблизи мест их потребления.

## **ГЛАВА 2 ОРГАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ С ПЕРЕРАБОТКОЙ НА МОБИЛЬНЫХ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ**

### **2.1 Основные особенности горно-геологических условий песчано-гравийных месторождений**

На организацию открытой разработки месторождений песчано-гравийной смеси с переработкой на мобильных дробильно-сортировочных комплексах влияют особенности горно-геологических условий песчано-гравийных месторождений.

К основным особенностям горно-геологических условий песчано-гравийных месторождений относятся: их генезис, общие показатели свойств песчано-гравийной смеси, сложность структуры и геологического строения, технологические особенности разработки. Данные особенности определяют выбор наиболее рациональной организационно-технической схемы отработки месторождений ПГС.

Образование месторождений песчано-гравийной смеси связано с выветриванием и разрушением магматических, метаморфических и осадочных горных пород, с их переносом и накоплением продуктов разрушения [113].

«По генезису различают следующие типы песчаных и гравийно-песчаных месторождений:

- аллювиальные и пролювиальные месторождения, связанные с деятельностью водных потоков;
- флювиогляциальные (водно-ледниковые) месторождения, связанные с деятельностью талых ледниковых вод (озы, камы, зандровые поля);
- морского и озерного происхождения, связанные с деятельностью современных или древних водных бассейнов;
- месторождения эолового происхождения, связанные с деятельностью ветра (дюны и барханы)» [113].

До настоящего времени единой общепринятой классификации обломочных пород по размеру слагающих их зерен и обломков не существует. В большинстве

зарубежных классификаций к песчаным относят зерна размером от 0,05 до 2,0 мм, к гравийным – от 2,0 до 10,0 мм. В различных отраслях промышленности, использующих в качестве сырья песок и гравий, существуют различные ведомственные классификации. Согласно ГОСТ 8736–2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» [30], к пескам относят материал с размером зерен от 0,14 до 5,0 мм, согласно ГОСТ 8267–93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» [29] к гравиям – от 5,0 до 70,0 мм.

В соответствии с ГОСТ 31426-2010 «Породы горные рыхлые для производства песка, гравия и щебня для строительных работ. Технические требования и методы испытаний» [28]:

- горная рыхлая порода – горная порода, залегающая в земной коре в виде скопления отдельных зерен минералов и обломков горных пород;
- песок – окатанные в различной степени обломки горных пород и зерна минералов размером от 0,05 до 5 мм;
- гравий – окатанные в различной степени обломки горных пород и зерна минералов размером свыше 5 до 70 мм;
- валуны – окатанные в различной степени обломки горных пород размером свыше 70 мм.

В соответствии с ГОСТ 31426-2010 тип горной породы в зависимости от относительного содержания в ней песчаной, гравийной и валунной составляющих (песка, гравия, валунов) определяют в соответствии с данными, представленными в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Типы горных пород [31]

Тип горной породы	Относительное содержание, % по массе		
	песчаной составляющей	гравийной составляющей	валунной составляющей
Песчаная	свыше 90 до 100	до 10	-
Гравийно-песчаная	свыше 10 до 90	свыше 10 до 85	до 5
Валунно-гравийно-песчаная	свыше 10 до 85	свыше 10 до 85	свыше 5 до 80

Гравий подразделяют на фракции размером от 5 до 10 мм, свыше 10 до 20 мм, свыше 20 до 40 мм, свыше 40 до 70 мм; валуны – на фракции размером

свыше 70 до 100 мм, свыше 100 до 150 мм, свыше 150 до 200 мм, свыше 200 до 300 мм, свыше 300 до 500 мм, свыше 500 мм.

К общим показателям свойств, характеризующим горную породу в целом, относят:

- петрографическую характеристику;
- содержание песка, гравия и валунов;
- суммарное содержание гравия и валунов;
- суммарное содержание фракций гравия размером свыше 20 мм и валунов;
- среднюю плотность породы в естественном состоянии (в целике);
- содержание естественных радионуклидов.

Породы характеризуют естественной влажностью, насыпной плотностью и другими показателями физико-технических свойств, а также технологическими показателями (промывистостью, выходом щебня при дроблении гравия и валунов, обогатимостью, абразивностью и др.).

Среднее содержание гравия и валунов по месторождениям Северо-Западного федерального округа (СЗФО) изменяется от 20% до 60%. Мощность полезной толщи месторождений песчано-гравийной смеси изменяется в широких пределах, но для большинства месторождений не превышает 15 м.

подавляющее большинство валунно-гравийно-песчаных месторождений имеют сложное строение. В настоящее время известны различные характеристики и классификации месторождения сложного строения, учитывающие, как правило, формы залежей, особенности размещения полезного ископаемого в массиве, мощность залежей и прослоев, площади приконтактных зон и т.д.

В соответствии с действующей «Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» [73], используемой для характеристики сложности структуры и геологического строения на стадии геологоразведочных работ, месторождения песчано-гравийного материала подразделяются на 4 группы [73].

В соответствии с «Методическими рекомендациями по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ис-

копаемых. Песок и гравий», [76], утвержденными МПР России 05.06.2007 г. практическое значение имеют месторождения песка и гравия по сложности геологического строения соответствующие 1-й и 2-й группам «Классификации...» [76].

«Наряду с классификациями месторождений гравийно-песчаных пород по генетическим признакам Ю.Д. Буянов предложил классификацию [46], основанную на технологических особенностях разработки валунно-гравийно-песчаных месторождений. В классификации приведен перечень основных показателей и их количественные градации, отражающие особенности технологии горных работ и переработки минерального сырья. На основании классификации составлены частные классификации по наиболее важным показателям. В качестве критерия оценки изменчивости показателей месторождений наибольшее распространение получило использование среднеквадратического отклонения содержания полезных компонентов в горных породах (или дисперсии)» [109].

«В качестве показателя первого уровня классификатора принято среднее содержание гравия и валунов по месторождению. Наибольшая значимость этого показателя обусловлена его влиянием на технико-экономическую эффективность работы предприятия; выбор вида и параметров технологической схемы переработки гравийно-песчаных пород и схемы цепи аппаратов по переработке горной массы; номенклатуру выпускаемой готовой продукции; выбор вида и параметров технологических комплексов добычных работ, и в частности параметров процессов управления формированием качества сырья)» [109].

«Важнейшая особенность гравийно-песчаных месторождений – высокая изменчивость их основных качественных показателей. При этом наибольшее значение для установления параметров технологических комплексов добычи и переработки гравийно-песчаных пород имеет изменчивость содержания гравия и валунов, которая оказывает влияние на:

– выбор рационального диапазона отклонений от среднего содержания гравия и валунов в сырье, поставляемом на ДСЗ из карьера (этот параметр определяет уровень резервирования производительности перерабатывающего и добычного комплексов оборудования);

- выбор способа усреднения содержания гравия и валунов в карьере и тем самым параметров технологических комплексов добычных работ;
- выбор направления развития фронта горных работ;
- выбор параметров выемочных блоков;
- достоверность геологической информации, что, в свою очередь, определяет плотность геологоразведочной сети» [109].

«С увеличением общего содержания гравия и валунов прослеживается явная тенденция к увеличению содержания фракций валунов. На выбор параметров технологических комплексов производства нерудных строительных материалов наряду с содержанием валунов большое влияние оказывает их гранулометрический состав.

Содержание и гранулометрический состав фракций гравия и валунов влияют на:

- выбор типоразмера дробильно-сортировочного оборудования;
- параметры процесса управления формированием качества сырья в карьере;
- выбор вида и параметров выемочно-погрузочного и транспортного оборудования;
- местоположение промежуточного склада сырья» [109].

## **2.2 Анализ рынка песчано-гравийной смеси Северо-Западного федерального округа**

Анализ рынка ПГС СЗФО предопределяет тенденции развития рынка песчано-гравийной смеси в регионе. Особенность рынка песчано-гравийной смеси, как и в целом рынка нерудных строительных материалов заключается в том, что он является высококонцентрированным. Это связано с достаточно ощутимыми транспортными расходами на перевозку НСМ от производителя к потребителю. При транспортировке сырья автомобильным транспортом убыточным становится перемещение продукции на расстояния более 100-150 км. Поэтому географические границы товарного рынка во многом определяются расположением разраба-

тываемых месторождений по отношению к той или иной группе потребителей конечной продукции.

Балансовые запасы песчано-гравийного материала Северо-Западного федерального округа составляют более 1 млрд. м<sup>3</sup>, в том числе на Ленинградскую область приходится 136 млн. м<sup>3</sup>, на Псковскую область – 157 млн. м<sup>3</sup>, на Вологодскую область – 250 млн. м<sup>3</sup>, на Новгородскую область – около 150 млн. м<sup>3</sup>, на Архангельскую область – более 150 млн. м<sup>3</sup>. Наибольшее количество запасов песчано-гравийной смеси находится в Республике Карелия – только по 11 крупнейшим месторождениям суммарные запасы песка и песчано-гравийного материала превышают 500 млн.м<sup>3</sup>.

Таким образом, балансовые запасы песчано-гравийного материала равномерно распределены по всему северо-западному региону. При этом отработка их ведется неравномерно по отдельным регионам, например, в Ленинградской и Псковской областях объемы добычи песка и ПГМ составляют 25 млн. м<sup>3</sup> и 2,5 млн. м<sup>3</sup> соответственно, что напрямую связано с объемами потребления и реализацией государственных программ в сфере строительства.

Многие строительные, в особенности, дорожные компании пришли к необходимости добывать песчано-гравийную смесь и песок для собственных нужд в собственных или арендованных карьерах, у собственников которых имеется лицензия на право пользования недрами.

Такой вариант получения необходимого сырья позволяет дорожно-строительным компаниям сократить затраты на транспортирование и обеспечить бесперебойную доставку конечной продукции на производственные объекты.

Принятию решения о получении лицензии на разведку и разработку месторождения способствуют постоянно растущие цены на ПГС, а также увеличивающиеся темпы и объемы дорожного строительства.

Кроме того, были внесены поправки в Закон РФ «О недрах» от 21.02.1992 № 2395-1 [33], а также в соответствующие подзаконные акты и регламенты, позволяющие получить лицензию на разведку и добычу общераспространенных полезных ископаемых без проведения аукциона, необходимых для целей выполне-

ния работ по строительству, реконструкции, капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования, осуществляемых на основании гражданско-правовых договоров на выполнение указанных работ [33], заключенных в соответствии с ФЗ от 05.04.2013 г № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» или Федеральным законом от 18.07.2011 г. № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц».

В 2019 году более десяти месторождений песка и песчано-гравийного материала были предоставлены дорожным организациям без проведения аукциона для выше обозначенных целей.

Для анализа тенденций развития рынка песчано-гравийной смеси рассмотрены данные Росстата. Росстат представляет статистические данные о ценах на сырье как производителей – фактически сложившиеся цены организаций на произведенные товары, так и потребителей – цены на приобретенные строительными организациями товары.

В таблице 2.2 представлены данные по изменению цен производителей на песчано-гравийную смесь, а также среднегодовые цены.

Таблица 2.2 – Данные по изменению цен на песчано-гравийную смесь в Северо-Западном Федеральном округе за 2009-2019 гг., руб./м<sup>3</sup>

Год	Месяц												Ср. год
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
2009	76,9	75,2	74,4	63,3	59,9	83,0	173,0	218,7	180,4	198,8	186,6	198,1	132,4
2010	167,9	55,1	58,1	60,1	68,0	73,6	69,3	156,0	157,3	141,4	165,0	140,3	109,3
2011	66,5	71,0	70,0	83,7	82,4	93,4	104,0	126,4	143,1	134,4	134,8	134,0	103,6
2012	125,3	71,1	67,9	87,8	91,7	109,1	105,6	80,3	110,1	108,2	110,8	103,3	97,6
2013	89,0	96,7	102,8	97,9	100,5	97,3	102,2	101,3	113,0	107,9	122,1	95,2	102,2
2014	84,6	107,1	92,7	94,6	76,8	98,3	92,5	104,7	100,7	106,8	94,6	99,4	96,1
2015	94,4	81,8	107,2	76,9	74,0	71,0	68,8	55,4	55,5	72,0	79,9	93,4	77,5
2016	94,2	94,9	74,6	71,7	55,6	91,7	81,9	98,2	90,9	96,2	109,3	105,7	88,7

## Продолжение таблицы 2.2

Год	Месяц												Ср. год
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
2017	91,8	86,4	93,0	96,1	94,2	96,0	92,5	103,7	96,2	84,4	97,3	91,8	94,1
2018	263,4	170,3	192,0	173,4	196,4	175,2	202,8	195,4	192,1	198,3	206,1	254,8	201,7
2019	250,2	243,9	269,9	208,9	223,9	215,2	207,6	202,0	252,6	300,9	280,7	232,6	240,7

Сезонные колебания цен производителей на песчано-гравийную смесь относительно среднегодовой цены за рассматриваемый период представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Данные по сезонным колебаниям цены на щебень относительно среднегодовой в Санкт-Петербурге за 2009-2019 гг., %

Годы	Месяцы											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
2009	-41,9	-43,2	-43,8	-52,2	-54,8	-37,3	30,7	65,2	36,3	50,2	40,9	49,6
2010	53,6	-49,6	-46,8	-45,0	-37,8	-32,7	-36,6	42,7	43,9	29,4	51,0	28,4
2011	-35,8	-31,5	-32,4	-19,2	-20,5	-9,8	0,4	22,0	38,1	29,7	30,1	29,3
2012	28,4	-27,2	-30,4	-10,0	-6,0	11,8	8,2	-17,7	12,8	10,9	13,5	5,8
2013	-12,9	-5,4	0,6	-4,2	-1,7	-4,8	0,0	-0,9	10,6	5,6	19,5	-6,8
2014	-12,0	11,4	-3,5	-1,6	-20,1	2,3	-3,7	8,9	4,8	11,1	-1,6	3,4
2015	21,8	5,5	38,3	-0,8	-4,5	-8,4	-11,2	-28,5	-28,4	-7,1	3,1	20,5
2016	6,2	7,0	-15,9	-19,2	-37,3	3,4	-7,7	10,7	2,5	8,5	23,2	19,2
2017	-2,4	-8,2	-1,2	2,1	0,1	2,0	-1,7	10,2	2,2	-10,3	3,4	-2,4
2018	30,6	-15,6	-4,8	-14,0	-2,6	-13,1	0,5	-3,1	-4,8	-1,7	2,2	26,3
2019	3,9	1,3	12,1	-13,2	-7,0	-10,6	-13,8	-16,1	4,9	25,0	16,6	-3,4
Среднее значение	3,6	-14,1	-11,6	-16,1	-17,5	-8,8	-3,2	8,5	11,2	13,8	18,4	15,4

Анализ данных, представленных в таблицах 2.4 и 2.5, показывает, что цены производителей на песчано-гравийную смесь имеют значительные колебания в течение года [98, 99]. Прослеживается устойчивая тенденция увеличения цены

относительно средней во второй половине года, что связано с сезонностью строительства и неравномерным финансированием в течение года.

Для оценки колебаний цены на песчано-гравийную смесь необходимо проанализировать изменение цены в течение календарного года. Для этого рассчитаем коэффициент вариации цены производителей на песчано-гравийную смесь для каждого года. Коэффициент вариации цен производителей на песчано-гравийную смесь рассчитывается как отношение среднеквадратичного отклонения по ценам в течение года к среднегодовой цене.

Когда коэффициент вариации цен производителей на песчано-гравийную смесь меньше 10%, то степень рассеивания данных считается незначительной, от 10% до 20% – средней, от 20% до 33% – значительной, таблица 2.4, рисунок 2.1.

Начиная с 2012 года, несмотря на значительный рост цен в начале 2018 года, коэффициент вариации цен производителей не превышает 20%, что говорит о том, что цены на сырье изменяются в прогнозируемых пределах, что позволяет предприятиям-производителям и предприятиям-потребителям строить долгосрочные производственные планы.

Таблица 2.4 – Результаты расчета коэффициента вариации цен производителей на песчано-гравийную смесь

Год	Среднеквадратичное отклонение	Среднегодовая цена	Коэффициент вариации, %
2009	64,14	132,4	48,44
2010	48,22	109,3	44,12
2011	29,30	103,6	28,28
2012	17,72	97,6	18,16
2013	8,77	102,2	8,58
2014	8,94	96,1	9,30
2015	15,31	77,5	19,75
2016	15,29	88,7	17,24
2017	5,04	94,1	5,36
2018	29,24	201,7	14,50
2019	31,51	240,7	13,09

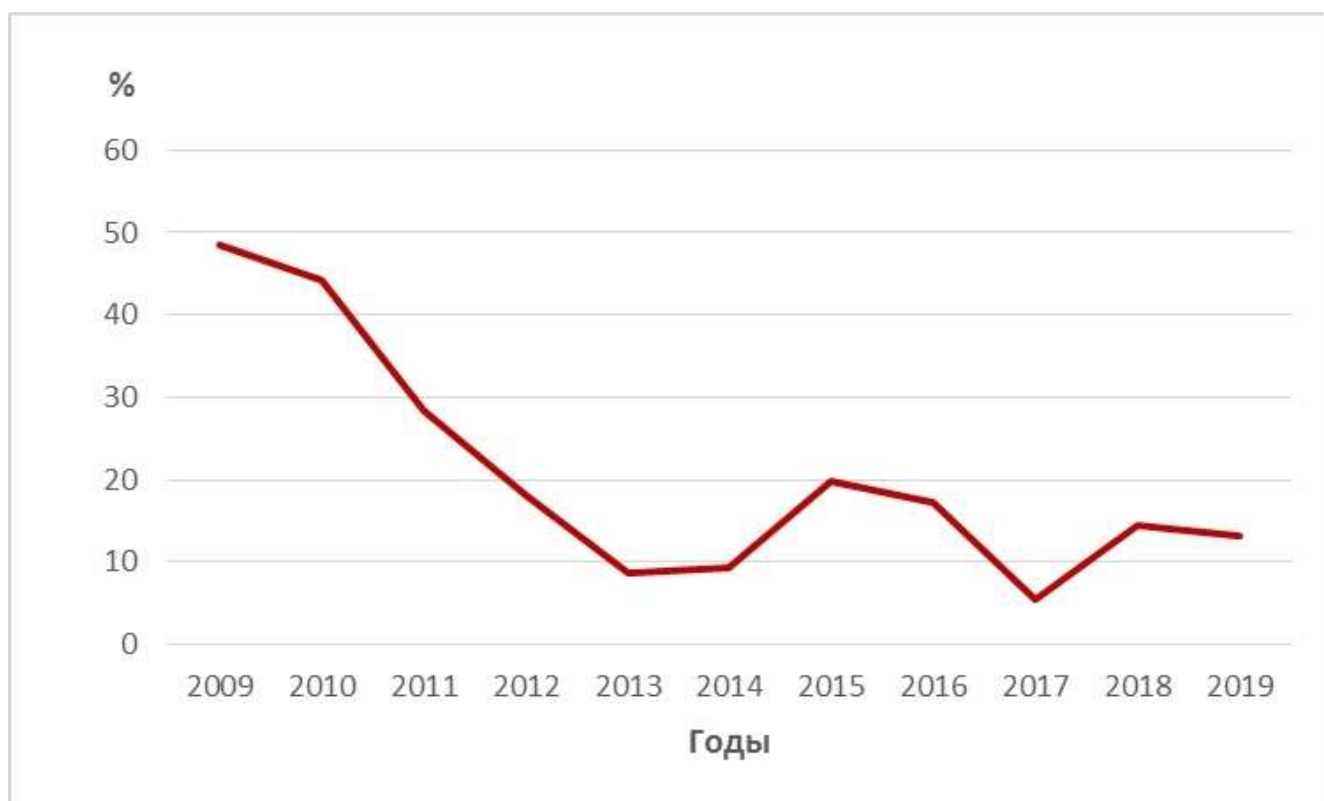


Рисунок 2.1 – График изменения коэффициента вариации цен производителей на песчано-гравийную смесь во времени

Для оценки объективного изменения цены на песчано-гравийную смесь относительно реальной покупательной способности рубля необходимо скорректировать прогноз изменения цены на уровень инфляции.

Данные по изменению среднегодовой цены на песчано-гравийную смесь с учетом инфляции (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 6 мая 2008 г. № 671-р) представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Изменение цен производителей на ПГС с учетом инфляции

Год	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Средняя цена, руб.	94,3	132,4	109,3	103,6	97,6	102,2	96,1	77,5	88,7	94,1	201,7	240,7
Изменение цены, %	-	40,4	-17,4	-5,2	-5,8	4,7	-6,0	-19,4	14,5	6,1	114,3	19,3
ИПЦ, %	13,3	8,8	8,8	6,1	6,6	6,5	11,4	12,9	5,4	2,5	4,3	3,0
Изменение цены с учетом ИПЦ	-	31,6	-26,2	-11,3	-12,4	-1,8	-17,4	-32,3	9,1	3,6	110	16,3



Продолжение таблицы 2.6

Ленинградская область								
Мурманская область	240,0	240,0	240,0	278,48				
Город Санкт-Петербург	590,0			660,69	753,19	828,51		890
Месяц,год	01.19	02.19	03.19	04.19	05.19	06.19	07.19	08.19
Северо-Западный федеральный округ	166,03	116,84	263,06	270,79	166,4	145,01	338,55	237,94
Республика Карелия								
Республика Коми								
Архангельская область					385	385	385	
Ленинградская область			321,21	308,69	365,18	431,54	239,87	282,5
Мурманская область	113,64	113,64	119,93	113,64	151,36	130,68	273,77	227,89
Город Санкт-Петербург	1 011,56		740,47				511,74	453,94

Так, средняя цена на ПГС для потребителей в Санкт-Петербурге в январе 2019 года составила 1011,56 руб., в то время как в этот же период в Мурманской области она составила 113,64 руб., при средней цене на ПГС для строительных организаций по СЗФО 166,93 руб. в этот период.

Данные, представленные на рисунке 2.2, показывают, что наблюдается общее снижение средней цены на ПГС, приобретённый строительными компаниями, при большом разбросе цен в отдельных регионах. В Ленинградской области, Санкт-Петербурге конечная цена на ПГС значительно выше средней цены по СЗФО, что связано со значительным спросом и большими транспортными расходами.

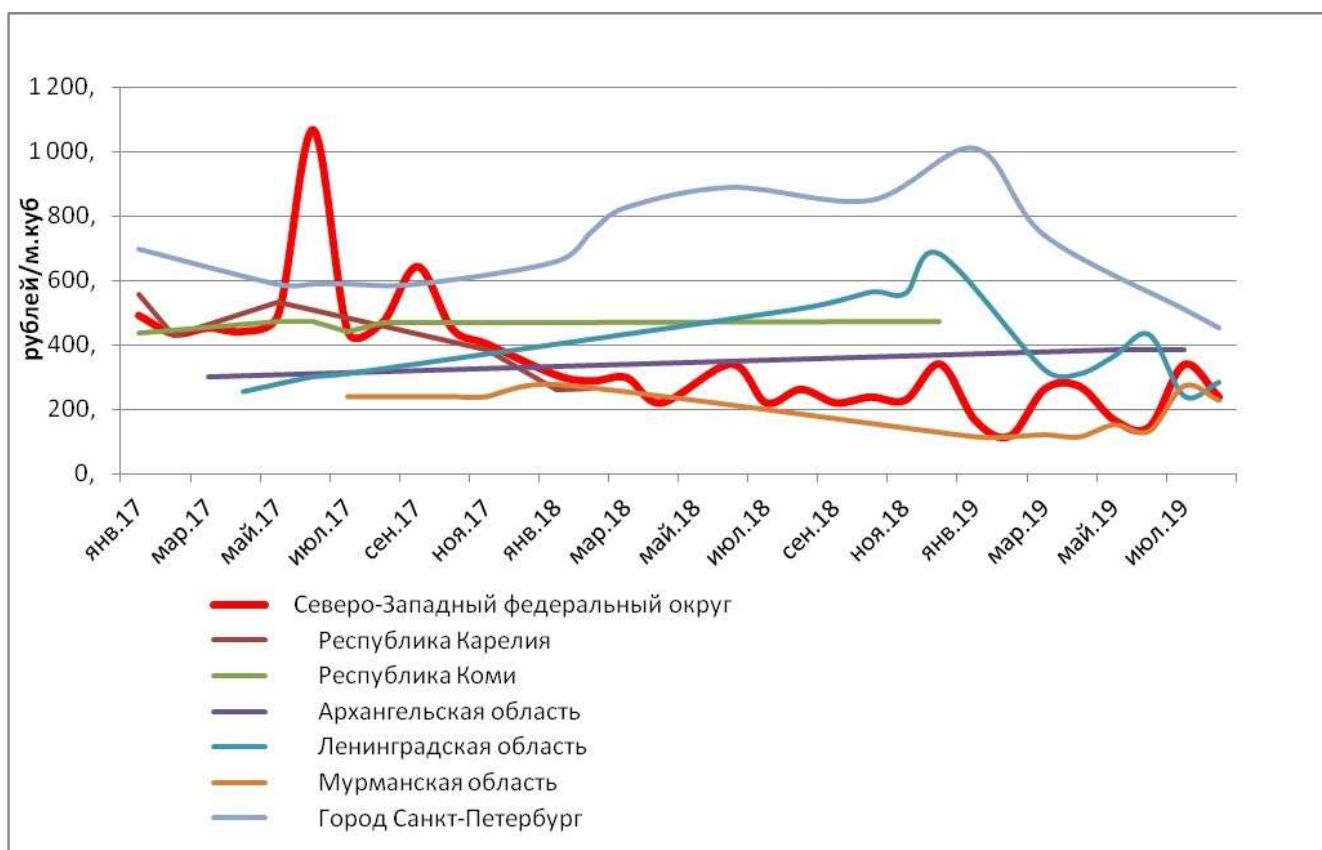


Рисунок 2.2 – График изменения цен потребителей на ПГС относительно средней цены по СЗФО

В случае, если сравнить изменение цен производителей и потребителей в целом по Северо-Западному федеральному округу на песчано-гравийную смесь за последние три года, то прослеживается тенденция к уменьшению разницы в цене. В 2017 году цены потребителей значительно (в несколько раз) превышали цены производителей, а в 2019 году незначительно превышают их. На рисунке 2.3 представлен график изменения цен на ПГС потребителей и производителей.

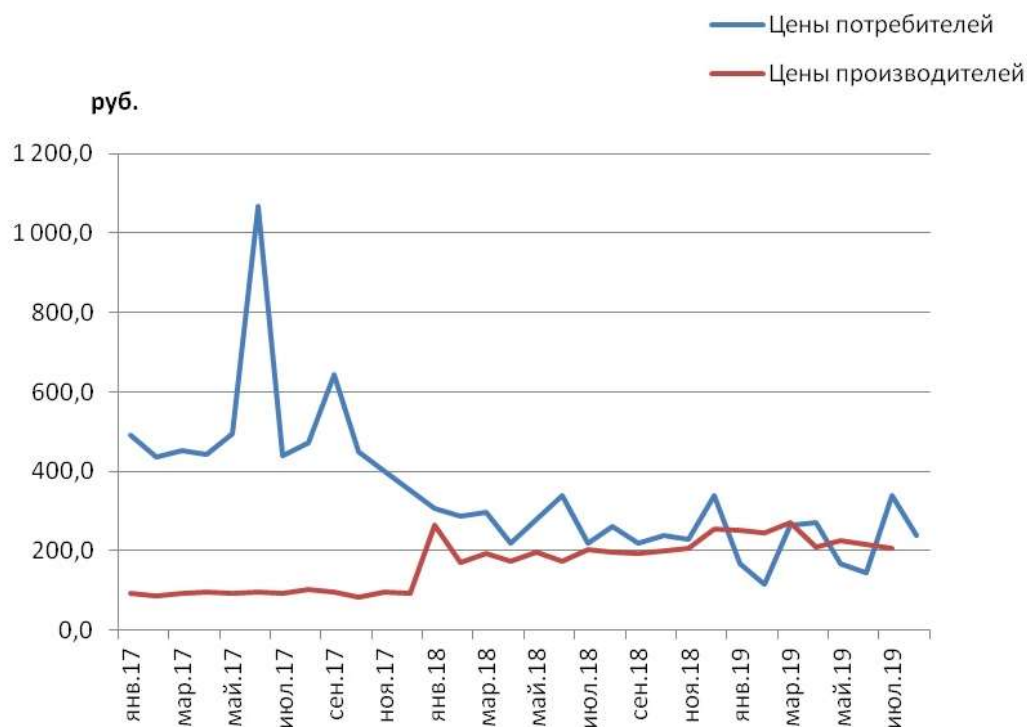


Рисунок 2.3 – График изменения цен на ПГС по СЗФО потребителей и производителей

Разница в цене производителей и потребителей зависит от спроса на сырье в конкретном регионе, что и предопределяет высокие цены на песчано-гравийную смесь в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, т.к. именно эти регионы являются основными потребителями ПГС в регионе.

Уменьшение разницы в цене производителей и потребителей в последние годы связано с тем, что все больше строительных и дорожных организаций становятся недропользователями – получают лицензии на геологическое изучение, разведку и добычу песчано-гравийных месторождений, и становятся как производителями, так и потребителями ПГС. Так, в Карелии добыча песка и песчано-гравийных материалов выросла в два раза за последние 5 лет. В 2019 году вовлечено в освоение 10 новых месторождений [65]. А в Псковской области в 2019 году получено 5 лицензий на разработку месторождений ПГС, 4 из которых получены дорожно-строительными организациями с целью обеспечения себя сырьевой базой для строительства и обслуживания автодорог.

Анализ практики показывает, что на новых месторождениях песчано-гравийной смеси большинство недропользователей собираются использовать мобильное дробильно-сортировочное оборудование при организации технологического процесса по переработке полезной толщи. Кроме того, многие компании все чаще принимают решение о замене устаревшего стационарного оборудования, эксплуатируемого многие годы, на мобильное.

Прогнозирование технико-экономических показателей будущего предприятия зависит от выбранной производительности и технологической схемы отработки месторождения [10, 34, 57, 66].

Определение технико-экономических показателей при принятии решения о выборе или об изменении существующей технологической схемы переработки песчано-гравийной смеси производится из условия наименьшего срока окупаемости вложений, их размера и достижения минимальной себестоимости готовой продукции предприятия, а также в условиях изменяющегося спроса – возможности переключиться на выпуск другой продукции с наименьшими затратами [12, 67, 75, 80, 89].

Показателями оценки эффективности принимаемых решений являются: чистый дисконтированный доход (ЧДД или NPV), внутренняя норма доходности (ВНД или IRR) и период окупаемости [82, 93].

«Чистый дисконтированный доход (ЧДД), согласно рекомендациям определяется по формуле 2.1 [39],

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ тыс. рублей} \quad (2.1)$$

где  $R_t$  – результаты, достигаемые на  $t$ -ом шаге расчета, тыс. рублей;

$Z_t$  – затраты (включая капитальные) на том же шаге, тыс. рублей;

$T$  - длительность оцениваемого срока, лет;

$E$  - норма дисконта, доли единицы» [82, 93].

Методики для определения внутренней нормы доходности, периода окупаемости и прочих показателей оценки эффективности подробно рассмотрены в трудах многих авторов [1, 90, 100, 104].

### **2.3 Особенности организации открытой разработки месторождений песчано-гравийной смеси с переработкой на мобильных дробильно-сортировочных комплексах**

Характеристики и комплектность мобильных дробильно-сортировочных установок, технология дробления (типы дробилок, сортировок), место размещения оборудования, инфраструктура карьера влияют на эффективность отработки месторождений ПГС.

Главная особенность мобильных дробильно-сортировочных установок – это отсутствие стационарности, технологической привязки к месту установки и эксплуатации длительное время, возможность оперативного перемещения в рабочей зоне карьера.

Мобильное дробильно-сортировочное оборудование бывает как полустационарное, которое устанавливается на передвижные гидравлические опоры, так и полностью мобильное, на колесном или гусеничном шасси. Как правило, такое оборудование в транспортном положении имеет габариты по ширине более 2,5 м, что не позволяет транспортировать его без получения специальных разрешений по дорогам общего пользования. Тем не менее, перемещение такого оборудования между площадками, карьерами или организациями не представляет большой сложности, т.к. данные услуги оказывают специализированные организации, имеющиеся во всех регионах России.

Наибольшее распространение на карьерах СЗФО получили установки с дизель-электрическим приводом или с опциями установки электродвигателей и дизельного генератора.

Мобильное (на гусеничном или колесном ходу) оборудование может перемещаться по территории карьера без перевода в транспортное положение, что позволяет его устанавливать непосредственно под погрузку выемочно-погрузочным оборудованием карьера непосредственно в забое.

К основным достоинствам использования мобильного дробильно-сортировочного оборудования или агрегатов (МДА) на месторождениях ПГС, по сравнению со стационарным оборудованием относятся низкие затраты на строи-

тельно-монтажные работы, быстрый ввод в эксплуатацию, возможность быстрого изменения технологической схемы переработки при изменении номенклатуры готовой продукции, отсутствие зависимости от источника электроснабжения, невысокие требования к поверхности технологической площадки.

К недостаткам относятся более низкий коэффициент использования оборудования, по сравнению со стационарным, что связано с небольшими размерами приемных бункеров установок (в большинстве случаев 4-9 м<sup>3</sup>), большее влияние простоев из-за поломок добычного оборудования, из-за отсутствия или небольших размеров промежуточных складов, большая зависимость от квалификации машинистов оборудования.

Основные технологические схемы по организации процесса переработки песчано-гравийной смеси с использованием мобильного дробильно-сортировочного оборудования в настоящее время выглядят следующим образом:

- мобильное оборудование используется по «классической» схеме, устанавливается как стационарное на борту карьера;
- мобильное оборудование используется совместно со стационарным оборудованием; при этом агрегат переработки устанавливается в забое с целью первичной переработки ПГС, затем продукты первичной переработки поступают на стационарное оборудование для последующей переработки;
- мобильное оборудование устанавливается в карьере, с целью загрузки приемного бункера зевы агрегатов в добычном забое.

Мобильное оборудование на гусеничном шасси рекомендуется использовать при производительности карьера по горной массе до 1,0 млн.т в год [20].

В первую очередь это связано с геометрическими параметрами мобильных установок – относительно небольшими размерами приемных бункеров, размеры которых составляют в основном 4-9 м<sup>3</sup>, реже больше; ограниченными размерами грохотов, длина которых редко превышает 5 м, что не позволяет использовать мобильное оборудование в технологических комплексах с большими (более 1,0 млн. т в год) объемами переработки ПГС.

В случае, когда годовая производительность карьера больше 1,0 млн.т, рекомендуется использование мобильного оборудования только на 1-й стадии переработки – с целью сортировки или дробления материала непосредственно в забое.

Подтверждением представленных выводов являются результаты анализа опыта эксплуатации данного класса оборудования за рубежом. Как правило, работа МДА организуется в одну смену пять дней в неделю. МДА не используется на крупных карьерах большой производительности по горной массе, производящих большие объёмы мелких фракций конечной продукции высокого качества.

Годовая производительность предприятий определяется спросом на готовую продукцию карьеров, максимальная производительность предприятий ограничена возможностями имеющегося оборудования [1, 5, 36, 60, 102, 112]. Заданная производительность определяет длину фронта горных работ [5, 19, 41]. Определение годовой производительности рассмотрено в трудах многих авторов [53, 54, 59, 78, 87, 111].

Одним из главных процессов при ведении открытых горных работ является выемка и погрузка горной массы [1, 2, 50]. Правильный выбор выемочно-погрузочных машин (экскаватор, погрузчик) при отработке месторождений песчано-гравийной смеси с последующей переработкой на мобильных дробильно-сортировочных установках является важной технической задачей, т.к. при непосредственной загрузке зевы агрегата в добычном забое производительность системы экскаватор (погрузчик) – МДА будет определяться по минимальной производительности одного из комплексов (экскаватор/погрузчик или мобильный агрегат переработки) и не может превышать ее. Кроме того, правильно подобранное выемочно-погрузочное оборудование определяет возможность равномерной загрузки МДА, от правильной работы которой зависит качество выпускаемой продукции.

Особенностью большинства работающих предприятий по добыче и переработке песчано-гравийной смеси, является наличие большего количества мелких потребителей по сравнению с «классическими» щебеночными карьерами, отрабо-

тывающими месторождения магматического происхождения, что определяет изменение спроса и в итоге колебания производительности предприятий год к году.

Предприятия по добыче и переработке песчано-гравийной смеси имеют возможность выпускать широкую линейку готовой продукции – песка, щебня, гравия и валунов различных фракций в зависимости от конкретного спроса в районе расположения месторождения. Предприятия не всегда имеют оборудование для изменения технологической схемы переработки с целью обеспечения изменяющегося спроса. Решением данной проблемы является аутсорсинг мобильного дробильно-сортировочного оборудования.

К примеру, компания ООО «АвтоДорРесурс» в Псковской области является поставщиком нерудных строительных материалов для ГБУ ПО «Псковавтодор» и других дорожных организаций. ООО «АвтоДорРесурс» имеет лицензии на разведку и добычу на 9 месторождениях в различных районах Псковской области. Всего лишь на 1 месторождении имеется оборудование для переработки гравийно-валунного материала. На остальных месторождениях отгружается песок или песчано-гравийная смесь крупностью 0-25 мм, в случае же необходимости получения щебня различных фракций предприятие привлекает компанию, имеющую мобильное оборудование, способное производить щебень необходимых фракций, либо потребитель сам устанавливает необходимое дробильно-сортировочное оборудование в карьере. При этом недропользователь отгружает песчано-гравийную смесь не в автотранспорт потребителя, а в приемную зеву агрегата дробления или грохочения, с целью получения щебня необходимых фракций. ООО «АвтоДорРесурс», не имея возможности к привлечению дополнительных ресурсов и специалистов, экономит финансовые средства в условиях изменяющегося спроса и номенклатуры продукции.

Большое распространение на предприятиях, разрабатывающих месторождения песчано-гравийной смеси, получил аутсорсинг геолого-маркшейдерского и проектного сопровождения.

Большинство организаций, разрабатывающих месторождения песчано-гравийной смеси, не имеют возможности самостоятельно заниматься маркшей-

дерскими, геологоразведочными и проектными работами. Это связано с тем, что при относительно небольшом объеме работ (до начала разработки месторождения – геологоразведочные и проектные работы [70], в процессе разработки – маркшейдерские замеры, проводимые не реже 2-х раз в год [69], подготовка и защита планов развития горных работ на предстоящий год [71], а также сдача государственной статистической отчетности [74]), содержание специалистов, оборудования, необходимость получать лицензии, разрешения и согласования обходится дороже, чем итоговая стоимость самих работ.

Предприятия, предоставляющие услуги в области геолого-маркшейдерского и проектного аутсорсинга, как правило, обслуживают несколько предприятий. Так всего несколько организаций в Северо-Западном федеральном округе оказывают услуги по выполнению маркшейдерских, поисковых и оценочных, геологоразведочных, проектных и других видов работ сотням предприятиям-недропользователям. Данные проектные организации накопили огромный опыт проектных работ «под ключ», создали базы данных по разрабатываемым месторождениям.

Появившееся в последние два десятилетия иностранное мобильное дробильно-сортировочное оборудование получило широкое применение на отечественных предприятиях, но использование его по-прежнему неэффективно [86, 106].

Все основные параметры будущего предприятия по разработке месторождения ПГС оговариваются в техническом задании на подготовку проектной документации на разработку конкретного месторождения. Как правило, недропользователь – заказчик работ, предлагает проектировщикам имеющееся в наличии или уже запланированное к покупке оборудование, не учитывая специфику конкретного месторождения.

До настоящего времени не разработано классификации технологических комплексов переработки песчано-гравийной смеси с использованием мобильных дробильно-сортировочных комплексов, которая позволила бы недропользовате-

лям определить оптимальную технологическую схему переработки еще на стадии предпроектных работ.

При принятии решения о разработке месторождения песчано-гравийной смеси, как и при отработке других месторождений, организации проводят аналитическую работу, связанную с определением целей и задач такой разработки, а также способах их достижения [91, 103, 105, 110].

Основными целями и задачами на карьерах по разработке месторождений песчано-гравийной смеси являются: возможность получать продукцию заданных фракций, возможность оперативно изменять номенклатуру выпускаемой продукции, возможность поддержания и изменения годовой производительности, возможность приостановки (консервации) работ [68].

Такие цели и задачи можно ставить на разведанном месторождении, запасы которого поставлены на государственный баланс.

После определения целей и задач, а также границ проектирования определяются способы их достижения, отвечающие требованиям эффективности, экономичности и экологичности [3, 49].

Классификация технологических комплексов переработки песчано-гравийной смеси с использованием МДСК (таблица 3.1) позволит подобрать необходимую технологическую схему для отработки месторождений.

## **2.4 Выводы по второй главе**

1. На выбор технологических комплексов влияют многие факторы, основными являются максимальный размер валунов и гранулометрический состав.
2. Цены производителей на песчано-гравийную смесь характеризуются значительными колебаниями в течение года. Прослеживается устойчивая тенденция увеличения цены относительно средней во второй половине года, что связано с сезонностью строительства и неравномерным финансированием в течение года.
3. Основной тенденцией последних лет стало наращивание крупными дорожно-строительными фирмами транспортных и логистических мощностей,

что в итоге сказывается на конечной цене на приобретаемую песчано-гравийную смесь.

4. Конечные цены потребителей на ПГС значительно колеблются и в течение года, и относительно средней цены по Северо-Западному федеральному округу в целом.

5. Наблюдается общее снижение средней цены на ПГС, приобретённый строительными компаниями, при большом разбросе цен в отдельных регионах. В Ленинградской области, Санкт-Петербурге конечная цена на ПГС значительно выше средней цены по СЗФО, что связано со значительным спросом и большими транспортными расходами.

6. Все большее распространение на предприятиях, разрабатывающих месторождения песчано-гравийной смеси, получает аутсорсинг геолого-маркшейдерского и проектного сопровождения, а также переработки песчано-гравийной смеси месторождений на мобильном дробильно-сортировочном оборудовании.

7. Техничко-экономические показатели будущего предприятия зависят от выбранной производительности и технологической схемы отработки месторождения.

## **ГЛАВА 3 ОБОСНОВАНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДОБЫЧИ ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНЫХ ПОРОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНЫХ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

### **3.1 Обоснование разработки классификации технологических комплексов переработки песчано-гравийной смеси с использованием МДСК**

Большое количество мощного, высокопроизводительного мобильного дробильно-сортировочного оборудования, появившееся на рынке переработки песчано-гравийной смеси, накопленный в XXI веке опыт его эксплуатации и применения в различных горно-геологических условиях поставили вопрос о необходимости разработки классификации организационно-технологических схем открытой разработки месторождений ПГС с использованием МДСК.

Практика разработки месторождений песчано-гравийной смеси показывает, что в сложившихся экономических условиях предприниматели в погоне за прибылью крайне редко уделяют внимание качеству геологоразведочных работ, стараясь оценить и разведать запасы по максимально возможной низкой категории. Например, сетка бурения при разведке месторождений по категории С<sub>2</sub> составляет 200 на 400 м, что не позволяет достоверно оценить не только общую изменчивость содержания гравия и валунов по месторождению, но и ее составляющие – внутриблоковую и межблоковую изменчивость содержания.

При слабой оценке качества полезной толщи, на первый план выходит возможность использования того или иного технологического комплекса оборудования, позволяющего обеспечить необходимую производительность по готовой продукции предприятия, которая определяется шириной диапазона использования перерабатывающего оборудования.

Основным фактором, влияющим на производительность предприятий, добывающих и перерабатывающих нерудные строительные материалы, является организационно-технологическая связь внутри комплекса ДСЗ-карьер, состоящего из добычного, транспортного и дробильно-сортировочного комплексов.

Отсутствие промежуточных складов на таких предприятиях проявляется в жесткой временной зависимости комплекса ДСЗ-карьер, при которой простой од-

ной из частей комплекса (добычной, транспортной или простои на ДСЗ) влияют на всю систему в целом.

Надежность комплекса, определяется надежностью входящих в него звеньев и оценивается коэффициентом их технической готовности (формула 3.1) [25]

$$K = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{K_i} \cdot (n-1)}, \quad (3.1)$$

где  $K_i$  – коэффициент готовности  $i$ -го звена технологической цепи;

$n$  – количество звеньев в технологической цепи, шт.

Основным способом ухода от жесткой зависимости дробильно-сортировочного комплекса от основных технологических процессов карьера является формирование промежуточных (усреднительных) складов.

До настоящего времени не было разработано классификации технологических комплексов добычи и переработки гравийно-песчаных пород с использованием мобильного дробильно-сортировочного оборудования.

Для разработки такой классификации необходимо выделить и подробно рассмотреть основные классификационные признаки, которые позволят охватить большую часть месторождений, представляющих интерес для вовлечения в разработку с использованием МДСК.

Ю.Д. Буяновым [16] была предложена классификация технологических комплексов добычи гравийно-песчаных пород, при которой для дальнейшей переработки полезной толщи и получения готовой продукции предполагалось транспортировать всю горную массу на борт карьера, где располагалось стационарное дробильно-сортировочное оборудование (за исключением способов, когда частично или полностью, прослой пустых или некондиционных пород выделялись и транспортировались в хвостохранилища). Основным классификационным признаком такой схемы являлось наличие и вид процесса управления формированием качества сырья.

Согласно классификации [16] технологические комплексы подразделяются на четыре класса:

- 1) технологические комплексы, при которых управление качеством сырья не осуществляется;
- 2) технологические комплексы, при которых предусматривается усреднение содержания гравия и валунов;
- 3) технологические комплексы, при которых обеспечивается повышение содержания гравия и валунов и удаление прослоев пустых и некондиционных пород;
- 4) технологические комплексы, при которых происходит регулирование крупности поставляемых на ДСЗ фракций валунов.

Использование мощного стационарного дробильно-сортировочного оборудования, располагаемого, как правило, за пределами горных отводов предприятий, целесообразно только на крупных месторождениях (с годовой производительностью более 1 млн. т). Появившиеся в последние десятилетия высокотехнологичные мобильные дробильно-сортировочные установки для переработки ПГС позволяют расширить и дополнить существующую классификацию (применяемую пока лишь для стационарных комплексов). Кроме того, применение мобильного оборудования позволяет получать земельные отводы, соответствующие контуру горных отводов по поверхности, без вовлечения дополнительных площадей для переработки исходной горной массы.

Таким образом, для разработки классификации технологических комплексов добычи и переработки песчано-гравийной смеси с использованием мобильного дробильно-сортировочного оборудования предлагается ввести ограничения – использование только мобильного оборудования в пределах границ горного отвода, для предприятий с годовой производительностью до 1 млн. т.

На горнодобывающих предприятиях, использующих традиционное стационарное оборудование, при управлении качеством минерального сырья, используется либо промежуточный (усреднительный) склад перед первой стадией переработки, либо бункер-питатель дробильно-сортировочного завода большого размера (60 м<sup>3</sup> и более). При использовании мобильных комплексов, при управлении качеством минерального сырья, использование промежуточного (усреднительного)

склада необходимо, что связано со сравнительно небольшими объемами приемных бункеров мобильных установок (2-12 м<sup>3</sup>). В зависимости от строения полезной толщи и требованиям к качеству готовой продукции промежуточный склад может использоваться как перед первой стадией переработки, так и перед второй.

Технологические схемы должны строиться с соблюдением принципов – не дробить и не транспортировать лишнего [35]. Так, предварительный рассев песчано-гравийной смеси в забое позволяет выполнить оба принципа – на дробление, где бы ни находилась мобильная дробильная установка (в карьере, либо на промышленной площадке) поступает только гравий и валуны заранее заданных размеров (зависит от применяемых сит), а песок отгружается потребителю непосредственно в забое, либо транспортируется в склады, минуя стадию перемещения на промышленную площадку (рисунок 3.1).

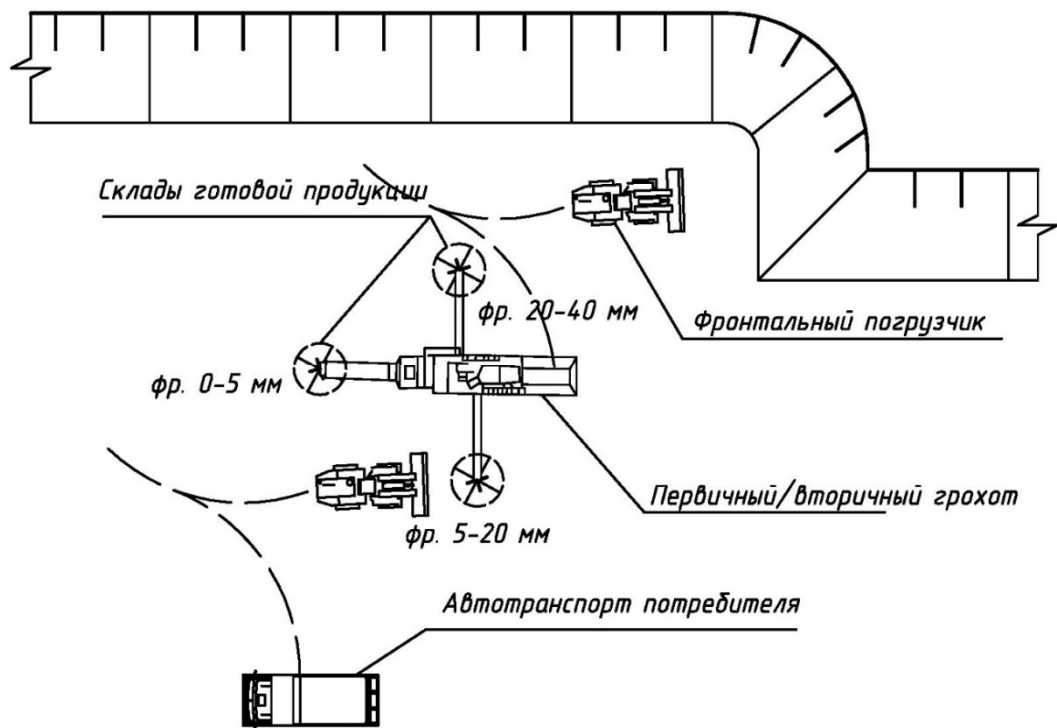


Рисунок 3.1 – Технологическая схема отработки с рассевом горной массы

Классификация технологических комплексов добычи и переработки песчано-гравийной смеси с использованием МДСК основывается на следующих классификационных признаках:

1. Наличие, либо отсутствие управления качеством минерального сырья.
2. Стадийность размещения усреднительного склада (после первой или второй стадии переработки горной массы).
3. Способ управления качеством сырья.

Выбор выемочно-погрузочного оборудования, используемого при загрузке приемного бункера на первой стадии переработки загрузки, влияет на равномерность загрузки, а также зависит от сложности горнотехнических условий и высоты обрабатываемого уступа. Так, как правило, при высоте уступа до 7 м целесообразно использовать пневмоколёсный погрузчик, а при высоте уступа более 7 м – экскаватор. Кроме того, экскаватор, за счет меньшего времени цикла, способен обеспечить более равномерную загрузку приемного бункера перерабатывающей установки.

### **3.2 Классификация технологических комплексов переработки песчано-гравийной смеси с использованием МДСК**

Классификация технологических комплексов переработки песчано-гравийной смеси с использованием мобильных дробильно-сортировочных комплексов приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Классификация технологических комплексов добычи и переработки песчано-гравийных месторождений

Класс комплекса	Класс технологических комплексов по виду процесса управления формированием сырья	Группа комплекса	Группа технологического комплекса по месту расположения усреднительного склада	Группа технологического комплекса по способу управления качеством сырья	Назначение и характер управления формированием качества сырья	Условия применения	Соответствующий рисунок в тексте
1	Без управления качеством сырья	1.1	Без усреднительного склада	–	Рассев горной массы, получение при расसेве готовой продукции в виде песка кр. 0-5 мм, гравия фракций 5-10, 10-20, 20-40, 40-70 мм, редко валунов, как готовой продукции. Максимальное число передвижек МДСК.	Любое содержание песка, почти полное отсутствие валунов, преобладающий размер гравия 5-20 мм.	3.1
		1.2		–	Дробление всего объема горной массы с последующим рассевом, получение в зависимости от гранулометрического состава исходной породы гравия, щебня из гравия фракций 5-10, 10-20, 20-40, 40-70 мм и песка кр. 0-5 мм Допускается наличие валунов до 250 мм. Ограниченность использования, максимальное число передвижек МДСК, увязка оборудования в работе.	Большое среднее содержание гравия и валунов в исходной горной массе (50% и более). Допускается разброс содержания в ПГМ валунно-гравийной составляющей в диапазоне 10-15% от среднего значения.	3.2
		1.3		–	Сортировка всего объема горной массы, с прямой подачей валунно-гравийной составляющей на конусную дробилку и последующим рассевом (три стадии переработки и более – при необходимости)	Большое среднее содержание гравия и валунов в исходной горной массе (50% и более). Незначительное отклонение содержания в ПГМ валунно-гравийной составляющей от среднего значения.	3.3

Продолжение таблицы 3.1

2	С управление качеством сырья – усреднение содержания фракций гравия и валунов	2.1	С организацией усреднительного склада перед первой стадией переработки	С усреднением числа одновременно действующих забоев	Спонтанная стабилизация содержания гравия и валунов, уменьшение общей дисперсии содержания по месторождению или участку.	Простое строение полезной толщи. Малая изменчивость содержания гравия и валунов, при среднем и большом содержании их в горной массе в целом, большая и очень большая производительность карьера, большая и очень большая длина фронта работ.	3.4
		2.2	С организацией переработки	С выбором оптимального направления движения выемочно-погрузочного оборудования вдоль фронта работ	Направленная стабилизация содержания гравия и валунов, регулирование межблоковой и внутриблоковой дисперсий содержания при преимущественном погашении последней.	Простое строение полезной толщи, малая и средняя изменчивость содержания гравия и валунов, при среднем и большом содержании их в горной массе в целом, наличие тренда содержания в выемочных блоках, большая и очень большая производительность карьера, большая и очень большая длина фронта работ.	3.4
		2.3		С регулированием очередности отработки выемочных блоков	Направленная стабилизация содержания гравия и валунов, регулирование внутриблоковой и межблоковой дисперсий при преимущественном погашении последней.	Простое строение полезной толщи, средняя и высокая изменчивость содержания гравия и валунов, при среднем и большом содержании их в горной массе в целом, большая и очень большая длина фронта работ, ограничения по производительности карьера могут отсутствовать.	3.5
		2.4		С изменением нагрузки на добычные забои	Направленная стабилизация содержания гравия и валунов, практическое погашение межблоковой дисперсии и существенное регулирование внутриблоковой.	Простое строение полезной толщи, высокая и очень высокая изменчивость содержания гравия и валунов, при среднем и большом содержании их в горной массе в целом, наличие эксплуатационной разведки или промышленного опробования.	3.6

Продолжение таблицы 3.1

		2.5		С комбинацией способов 2.1-2.4	Стабилизация содержания гравия и валунов соответственно способам 2.1-2.5	Соответственно сочетанию условий способов 2.1-2.5, наличие тренда содержания по мощности полезной толщи, обводненной полезного ископаемого	–
3	С повышением содержания гравия и валунов и удалением прослоев пустых и некондиционных пород	3.1	С организацией усреднительного склада перед второй (после первой) стадией переработки	С частичной или полной селективной выемкой	Увеличение содержания гравия и валунов до среднего по месторождению или оптимального значения, обеспечение заданных кондиций по содержанию глинистых пород при частичном или полном удалении прослоев пустых и некондиционных пород экскавацией выемочно-погрузочным оборудованием.	Сложное и высокой сложности строение полезной толщи, большое и очень большое распространение прослоев пустых и некондиционных пород по площади месторождения, наличие прослоев очень небольшой и небольшой мощности, очень малое, малое, среднее и большое содержание гравия и валунов	3.7
		3.2		Полная сортировка всей горной массы	Увеличение содержания гравия и валунов до среднего по месторождению или оптимального значения, обеспечение заданных кондиций по содержанию глинистых пород при удалении всех прослоев пустых и некондиционных пород на стадии сортировки.	Усложненное и сложное строение полезной толщи, малое и среднее распространение прослоев глинистых пород по площади месторождения, очень малое, малое и среднее содержание гравия и валунов	3.7

К первому классу комплексов относятся технологические комплексы без управления качеством сырья. Промежуточные (усреднительные) склады не используются. Данный класс комплексов характеризуется жесткой связью выемочно-погрузочного оборудования и МДСК. Мобильные перерабатывающие установки находятся в непосредственной близости от добычного забоя, и позволяют вести загрузку приемного бункера установки без лишних перемещений (при загрузке гидравлическими экскаваторами или механическими лопатами), либо с минимальными перемещениями (при загрузке погрузчиками). Для данного класса комплексов характерно максимальное число передвижек перерабатывающего комплекса, который должен находиться в зоне действия ковша экскаватора, либо на небольшом расстоянии от пневмоколёсного погрузчика, который должен обеспечить постоянную и равномерную нагрузку на приемный бункер мобильной установки.

В составе первого класса комплексов можно выделить три группы. К первой группе относятся комплексы, на которых осуществляется рассев горной массы (рисунок 3.1). Такие комплексы могут использоваться на предприятиях с различной производственной мощностью, на месторождениях с простым геологическим строением, с преобладающим содержанием гравия крупностью менее 20 мм и низким содержанием валунов (материал крупностью выше 70 мм), либо их отсутствием.

Готовой продукцией комплексов первого класса является либо песчано-гравийная смесь крупностью 0-25 мм и гравий крупностью 25-50 мм (либо 25-60 мм), либо песок крупностью 0-5 мм и гравий фракций 5-20 мм, 20-40 мм, 40-70 мм. После отсева на таких месторождениях, дробить валунно-гравийную составляющую представляется нецелесообразным, т.к. в соответствии с ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» [29] щебень из гравия и валунов должен содержать дробленые зерна в количестве не менее 80% по массе.

Ко второй группе (рисунок 3.2) технологических комплексов относятся комплексы, на которых вся горная масса поступает на дробление в дробилки

среднего и мелкого дробления (дробилки ударного действия и конусные дробилки), после чего смесь дробленого материала и песка поступает на мобильный грохот для последующего отсева товарной продукции.

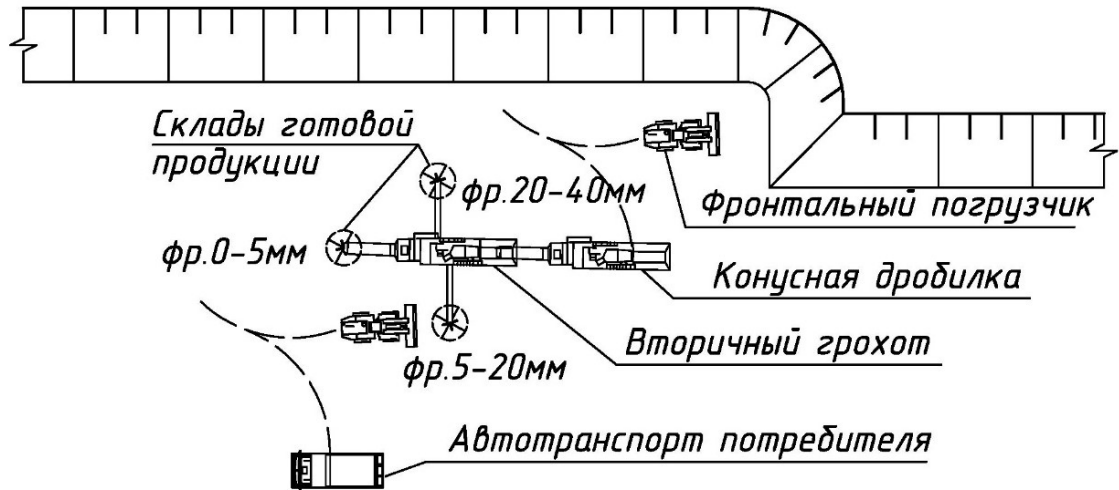


Рисунок 3.2 - Схема с дроблением всей горной массы и последующим рассевом

Схема с дроблением всей горной массы и последующим рассевом используется на месторождениях с большим содержанием гравия и валунов в горной массе – 50-60% и более, при этом допускается разброс содержания гравийно-валунной составляющей в пределах 10-15%. При реализации схемы реализуется правило – «не транспортируй ничего лишнего». Вся горная масса перерабатывается в непосредственной близости от добычного забоя. Готовая продукция из конусных складов отгружается в автотранспорт потребителей или собственный карьерный транспорт для последующей транспортировки в склады готовой продукции.

К третьей группе технологических комплексов переработки гравийно-песчаной смеси без управления качеством сырья относится комплекс, при котором технологическая линия состоит из первичного грохота на первой стадии, дробилки среднего или мелкого дробления на второй стадии переработки, и вторичного грохота – на третьей (рисунок 3.3).

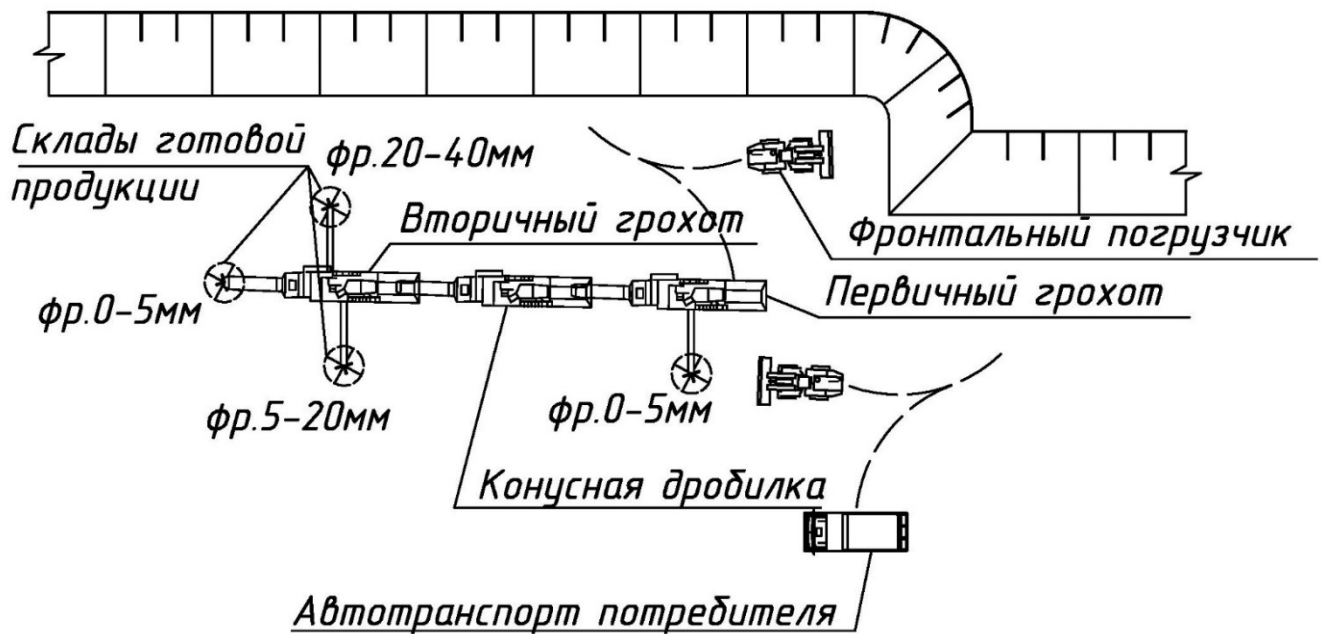


Рисунок 3.3 - Схема с сортировкой всего объема горной массы, с прямой подачей валунно-гравийной составляющей на конусную дробилку и последующим рассевом

Использование технологической схемы, представленной на рисунке 3.3, связано с реализацией принципа – «не дрови ничего лишнего» и целесообразно при разработке месторождений со средним и высоким содержанием гравия и валунов (50% и более) в горной массе в целом. При этом отклонение содержания гравийно-валунной составляющей должно незначительно отличаться от среднего по месторождению, т.е. поступающая на сортировку горная масса должна быть однородна по своему составу. Это обусловлено прямой связью работы первичного грохота и дробилки, и необходимостью равномерной нагрузки дробилки. После дробления вся горная масса поступает на вторичный грохот для товарного грохочения.

Использование технологических комплексов первого класса связано с жесткими ограничениями по качеству исходной горной массы – либо с низким содержанием гравийно-валунной составляющей и преобладающим размером в гравии фракции до 20 мм, когда возможен только рассев с целью получения песка крупностью 0-5 мм или песчано-гравийной смеси фр. 0-25 мм, либо со средним и вы-

соким содержанием гравийно-валунной составляющей и однородным ее распространением в пределах всего разрабатываемого месторождения.

Большинство месторождений песчано-гравийной смеси имеют большое среднеквадратическое отклонение содержания и гранулометрического состава гравия и валунов как по площади месторождения, так и по всей мощности полезной толщи.

На таких месторождениях для обеспечения ритмичности поступления минерального сырья на переработку и создания однородности потоков в технологических линиях необходимо создание процессов по управлению качеством сырья.

Ко второму классу относятся технологические комплексы с управлением качеством сырья – усреднением содержания фракций гравия и валунов.

На комплексах, относящихся ко второму классу, для усреднения содержания фракций гравия и валунов используется усреднительный склад, что связано с незначительными, в отличие от стационарных заводов, размерами приемных бункеров-питателей перерабатывающих установок и необходимостью ритмичного поступления сырья на переработку.

Группы технологических комплексов в составе второго класса отличаются по способу усреднения фракций гравия и валунов в усреднительном складе, а также отвечают одному из принципов построения схем – «не дрови ничего лишнего».

Главная задача буферного склада – стабилизация качества сырья, которая позволяет равномерно загружать агрегаты дробления на линии переработки. Размеры буферных (усреднительных) складов зависят от производительности предприятия по готовой продукции, а также от колебаний содержания фракций гравия и валунов в исходной горной массе.

Дробильное оборудование при этом необходимо выбирать с запасом по производительности, поскольку необходимо исходить не из фактической нагрузки, а из необходимости компенсировать колебания качества перерабатываемого сырья.

Во втором классе комплексов вся горная масса либо пневмоколёсным погрузчиком (при расстоянии транспортирования до склада не более 300 м), либо карьерным автотранспортом предприятия транспортируется в буферно-усреднительный склад. Со склада горная масса экскаватором загружается в приемный зев сортировочной установки. После отделения фракций песка крупностью 0-5 мм, либо песчано-гравийной смеси крупностью 0-25 мм и валунов крупностью более 200-250 мм, гравийно-валунная составляющая подается в среднюю или мелкую дробилку, после чего поступает на товарное грохочение, рисунок 3.4.

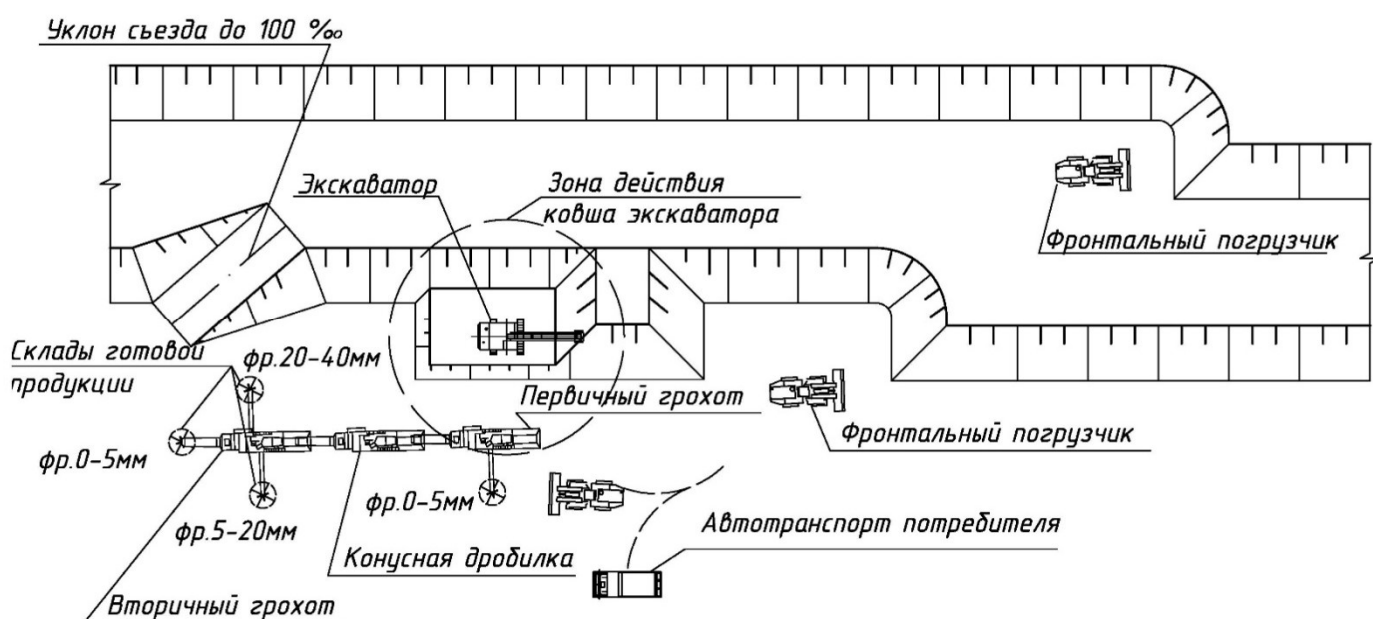


Рисунок 3.4 - Формирование усреднительного склада сырья с усреднением числа одновременно действующих забоев

Первая группа технологических комплексов по способу управления качеством сырья в усреднительных складах связана с усреднением количества одновременно действующих забоев (рисунок 3.4).

Способ формирования усреднительного склада характеризуется спонтанным усреднением качества сырья и воздействует на общую дисперсию содержания гравия и валунов, определяется по формуле 3.2:

$$D = D_{\text{общ}} / N_z \quad (3.2)$$

где  $D$  – дисперсия содержания гравия и валунов в сырье, поставляемом на усреднительный склад;

$N_3$  – число забоев.

Для эффективности реализации такой схемы число забоев должно быть не менее 3-4, что бывает довольно сложно реализовать на небольших месторождениях.

Применение технологической схемы целесообразно при недостаточной изученности месторождения, когда информация об изменении гранулометрического состава известна в целом по месторождению, но недостаточно точно оценена по выемочным блокам и панелям.

Условия применения технологической схемы усреднения: простое строение полезной толщи, малая изменчивость содержания гравия и валунов при среднем и большом содержании их в горной массе в целом, большая производительность карьера и длина фронта работ.

Вторая группа комплексов в составе 2 класса связана с выбором оптимального направления движения забоев выемочно-погрузочного оборудования вдоль фронта работ.

Данный способ оказывает различное воздействие на межблоковую и внутриблоковую дисперсию содержания гравия и валунов. Межблоковая дисперсия, уменьшается за счет увеличения количества забоев. Уменьшение внутриблоковой дисперсии достигается за счет согласования направлений отработки различных блоков. Способ может использоваться при выявлении тренда изменения содержания гравия и валунов в выемочных блоках. При блоках небольшой длины это возможно только при проведении эксплуатационной разведки или промышленном опробовании.

Такой способ усреднения фракций гравия и валунов в усреднительных складах используется для горно-геологических условий месторождений, что и при первом способе усреднения, но при наличии тренда содержания в выемочных блоках.

Третья группа комплексов связана с регулированием очередности отработки выемочных блоков, рисунок 3.5.

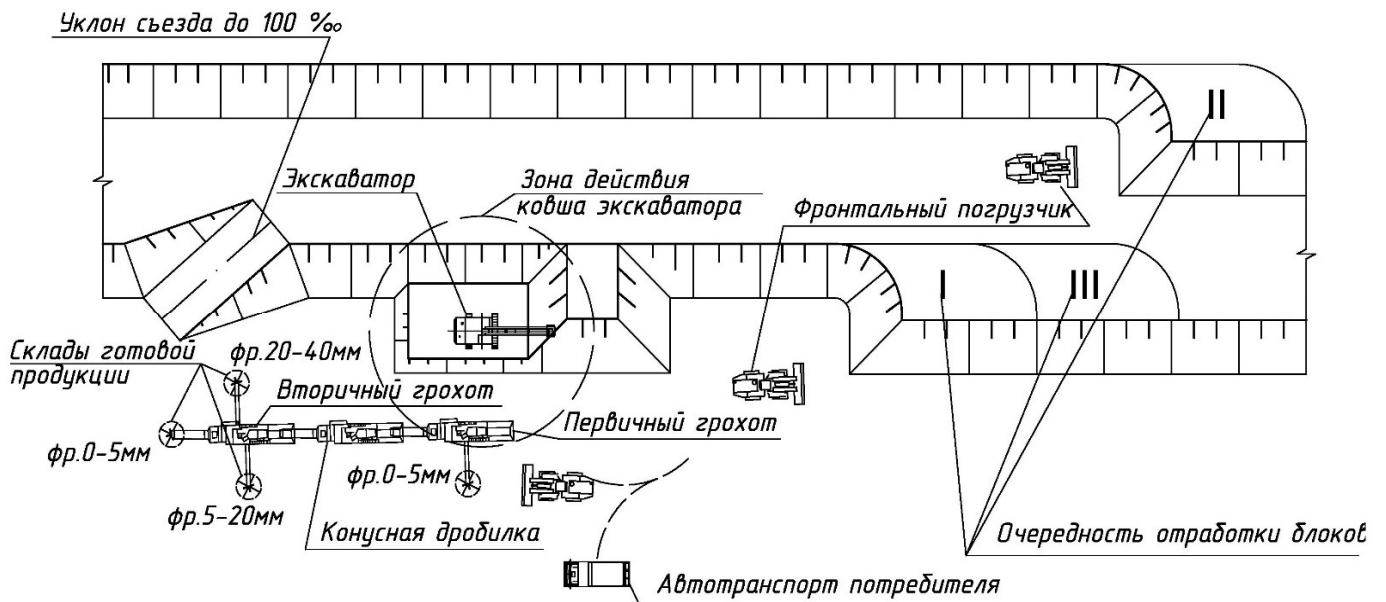


Рисунок 3.5 - Формирование усреднительного склада сырья с регулированием очередности отработки выемочных блоков

Усреднение содержания гравия и валунов достигается за счет выбора рациональной последовательности отработки выемочных блоков. Панель подразделяют на выемочные блоки, число которых должно быть кратно числу одновременно работающих экскаваторов (или погрузчиков). При этом объемы пород должны быть приблизительно одинаковы. Блоки нумеруют по порядку их следования по фронту работ. Для каждого блока определяется среднее содержание гравия и валунов. Цель выбора рациональной последовательности отработки блоков – найти такое подразделение  $N$  блоков на  $K$  групп по  $n_0$  блоков в каждой группе, чтобы суммарные содержания гравия и валунов по группам были возможно более однородны (блоки каждой группы отрабатываются одновременно и, следовательно, их число равно числу забоев).

Способ усреднения используется при простом строении полезной толщи, средней и высокой изменчивости содержания гравия и валунов, при среднем и большом содержании их в горной массе в целом, большой длине фронта работ, ограничения по производительности карьера могут отсутствовать.

К четвертой группе комплексов управления качеством минерального сырья относятся установки с усреднением фракций гравия и валунов, связанные с изменением нагрузки на забои, рисунок 3.6.

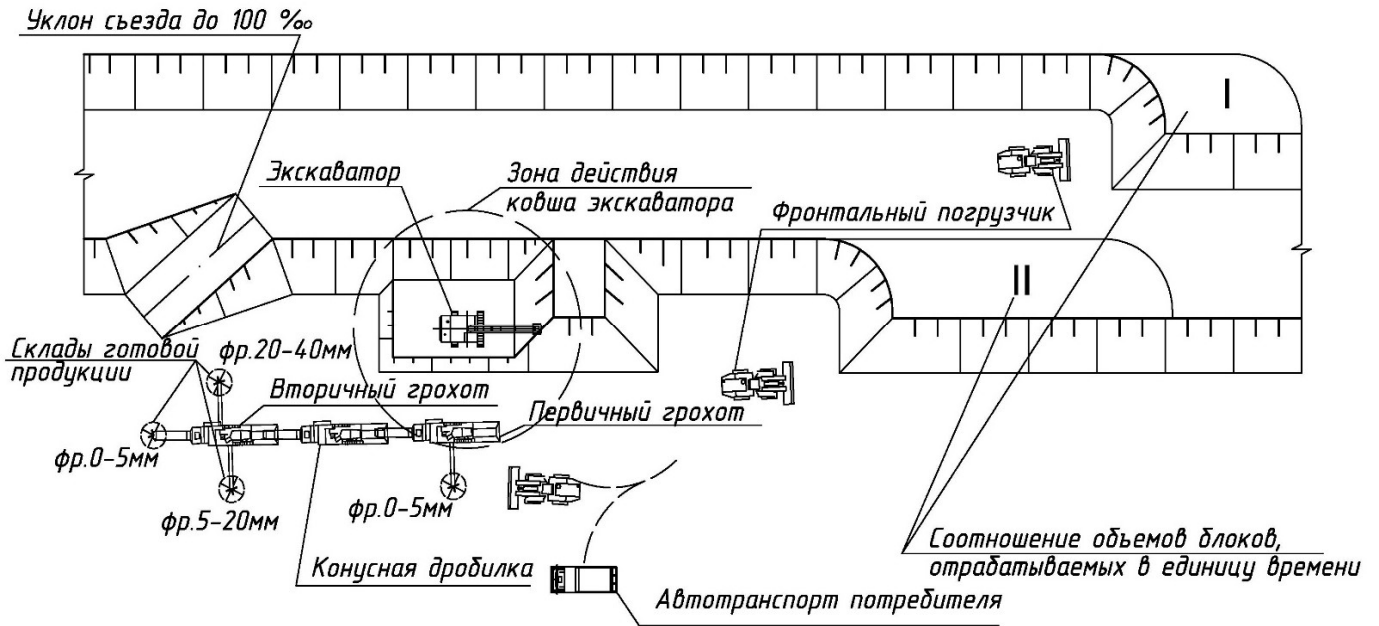


Рисунок 3.6 - Формирование усреднительного склада сырья с изменением нагрузки на добычные забои

Для определения нагрузки на забой необходимо определить объемы пород объемной  $V_i$  или относительной  $V_i'$  (в долях ед.) мере, которые следует отгружать из каждого забоя в соответствии с дисперсией содержания гравия и валунов по забоям. Способ может быть применен только при проведении эксплуатационной разведки с большой плотностью сети разведочных выработок или при промышленном опробовании полезного ископаемого по фронту работ уступа.

Такой способ усреднения используется при простом строении полезной толщи, средней и высокой изменчивости содержания гравия и валунов, при среднем и большом содержании их в горной массе в целом.

Третий класс комплексов связан также, как и второй класс, с управлением качеством – повышением содержания фракций гравия и валунов и удалением прослоев пустых и некондиционных пород. Данный класс комплексов отвечает второму принципу построения схем переработки – «не транспортируй ничего лишнего». В связи со средним и большим размахом колебаний гранулометрического состава предусматривается формирование буферного склада после сортировки, для обеспечения равномерности подачи гравия и валунов на дробилку, рисунок 3.7.

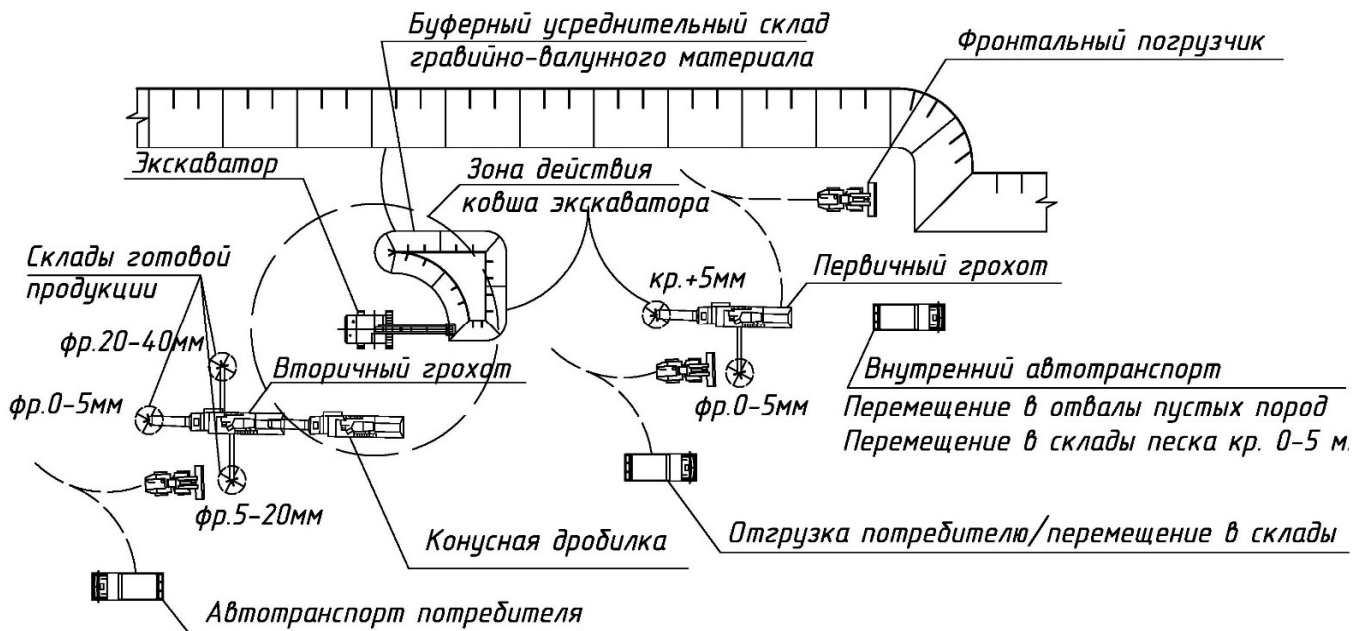


Рисунок 3.7 – Комплекс переработки с полной или частичной селективной выемкой горных пород

Первая группа комплексов данного класса связана с повышением содержания гравия и валунов с полной или частичной селективной выемкой прослоев пустых и некондиционных пород при котором удаляются либо все прослои пустых и некондиционных пород, либо те прослои пустых и некондиционных пород, мощность и условия залегания которых позволяют осуществлять эффективную селективную выемку при применяемом типе экскавационного оборудования. Удаление осуществляется с отгрузкой непосредственно в забое в автотранспорт предприятия для последующего транспортирования в отвалы или склады (для песчаной составляющей). После удаления прослоев, горная масса подается в сортировочную установку, расположенную в забое.

В данном случае к породам отходам относятся безгравийные пески, а также прослои глин и суглинков, к некондиционным – прослои песчаных пород с содержанием гравия ниже установленных кондиций или прослои, имеющие повышенное содержание глинистых пород. Удаление прослоев глин и суглинков необходимо для эффективной работы МДСК. Например, допустимое содержание комовой глины при применении конусных дробилок не должно превышать 6-8%.

Первая группа комплексов данного класса применяется на месторождениях со сложным и высокой сложности строением полезной толщи, большим и очень большим распространением прослоев пустых и некондиционных пород по площади месторождения, наличием прослоев очень небольшой и небольшой мощности, очень малым, малым, средним и большим содержанием гравия и валунов

«Вторая группа комплексов данного класса связана с полным выделением песчаной составляющей, а также прослоев пустых и некондиционных пород. Выделение происходит за счет того, что вся горная масса подается в сортировочную установку, расположенную непосредственно в забое.

Вторая группа комплексов используется при разработке сложноструктурных месторождений ПГС с усложненным и сложным строением полезной толщи, малым и средним распространением прослоев глинистых пород по площади месторождения, очень малым, малым и средним содержанием гравия и валунов» [102].

После стадии сортировки в данном классе технологических комплексов, гравий и валуны поступают в буферный склад для обеспечения равномерности подачи на последующей переработке.

### **3.3 Производительность системы экскаватор-мобильный агрегат переработки песчано-гравийной смеси**

Определение производительности горнотехнической системы экскаватор-мобильный агрегат переработки песчано-гравийной смеси является важной горнотехнической и экономической задачей, решаемой на стадии планирования отработки месторождения песчано-гравийной смеси [101].

Производительность, как основной показатель работы горного предприятия, характеризует интенсивность отработки месторождения и определяется по горнотехническим и экономическим факторам. Производительность карьера по полезным ископаемым зависит от объемов запасов, включенных в конечный контур карьера, от времени отработки месторождения, конструктивных и эксплуатационных возможностей горнотранспортного оборудования, организации производства и т.д. [97].

«При разработке месторождений песчано-гравийной смеси с целью получения фракционного гравия и щебня из гравия важной технической задачей является определение производительности системы карьер – дробильно-сортировочный завод» [101]. Организационная связь комплексов горнотранспортного оборудования и стационарного дробильно-сортировочного завода зависит от структуры их рабочего времени, а также от наличия или отсутствия промежуточных складов [16].

«Отсутствие промежуточных складов сырья проявляется в прямом влиянии простоев одного из комплексов на всю систему карьер-ДСЗ в целом.

Это характерно не только для стационарного оборудования, сырье на которое поступает с помощью различных видов транспорта, но также и для мобильного дробильно-сортировочного оборудования, располагаемого непосредственно в добычном забое. При использовании экскаваторов в качестве выемочно-погрузочного оборудования, осуществляющего загрузку мобильного агрегата дробления или грохочения, система классифицируется как экскаватор-МДА» [101].

«При непосредственной загрузке зевы приемного бункера агрегата грохочения/дробления производительность системы определяется по минимальной производительности одного из комплексов системы (экскаватор или агрегат переработки) и не может превышать ее.

Рекомендации по определению производительности экскаватора при погрузке в приемный бункер дробильно-сортировочной установки содержатся в НТП-77 «Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов», формула 3.3 [61]:

$$Q_{см} = (T_{см} - T_{п.з.} - T_{об} - T_{п.т.} - T_{лн}) \cdot V_k \cdot n_{ц}, \text{ м}^3/\text{смену} \quad (3.3)$$

где  $T_{см}$  – время смены, мин.;  $T_{п.з.} + T_{об}$  – время на подготовительно-заключительные операции и обслуживание рабочего места, мин.;  $T_{п.т.}$  – время на технологические перерывы, мин.;  $T_{лн}$  – время на личные надобности, мин.;  $V_k$  – объем горной массы в ковше экскаватора,  $\text{м}^3$ , определяется по формуле 3.4:

$$V_k = E_k \cdot k_э, \text{ м}^3 \quad (3.4)$$

где  $E_k$  – объем ковша экскаватора, м<sup>3</sup>;  $k_э$  – коэффициент экскавации, определяемый по отношению коэффициента наполнения ковша  $k_n$  к коэффициенту разрыхления породы в ковше  $k_p$ ;  $n_ц$  – число циклов экскавации в минут.

Формула (3.3) принята для определения производительности экскаватора при стационарно размещаемом оборудовании и не учитывает затрат времени на передвижку оборудования при продвижении забоя.

Время на передвижку оборудования, определяется по формуле 3.5:

$$T_{\text{пер}} = t_{\text{пер}} \cdot n_{\text{пер}}, \text{ мин} \quad (3.5)$$

где  $t_{\text{пер}}$  – время 1-й передвижки оборудования, мин.;  $n_{\text{пер}}$  – количество передвижек в течение смены;

Время однократной передвижки оборудования зависит от квалификации машиниста экскаватора, который, как правило, и осуществляет процесс передвижки установки с помощью пульта дистанционного управления и может изменяться от 5 до 10 мин. На рисунке 3.8 представлена технологическая схема ведения добычных работ с погрузкой в мобильный агрегат дробления / грохочения» [101].

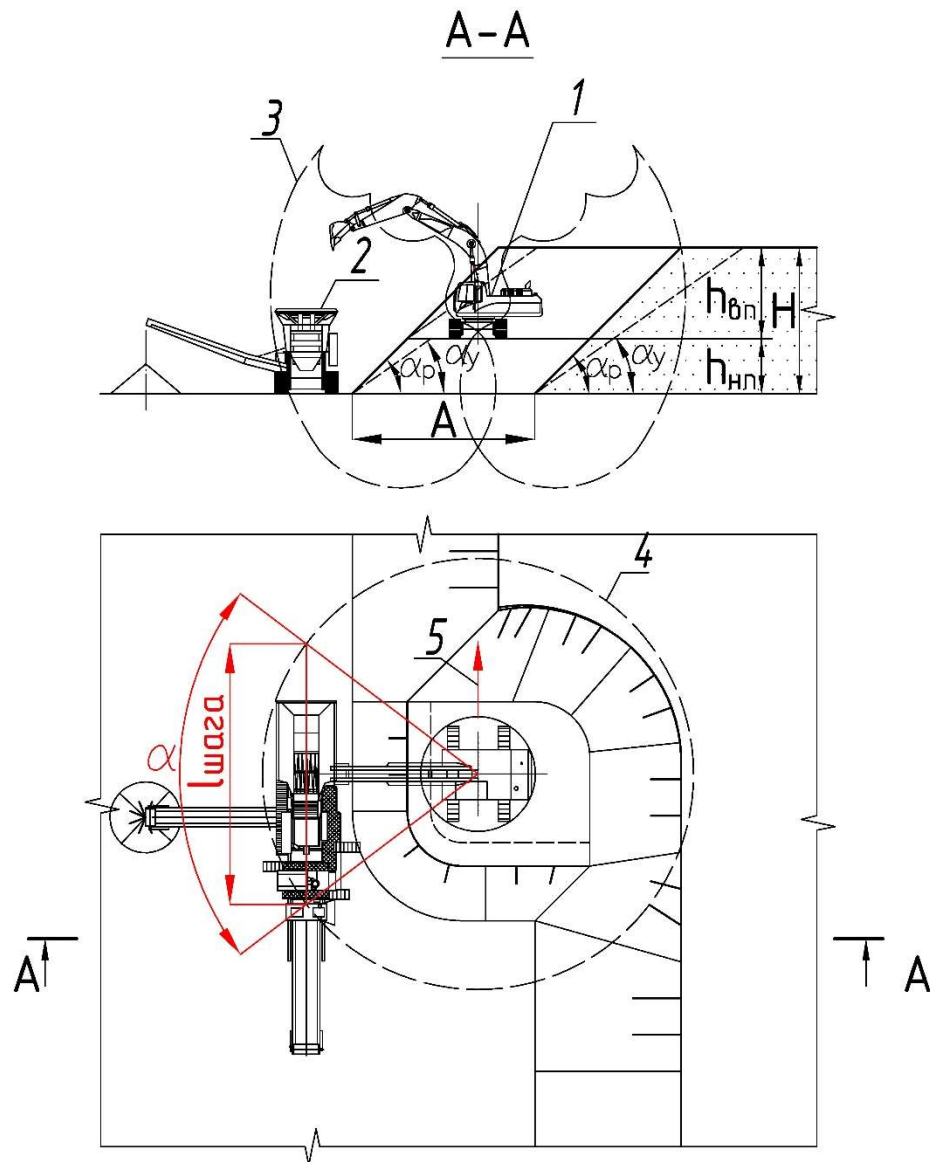


Рисунок 3.8 – Технологическая схема ведения добычных работ с погрузкой в мобильный агрегат дробления/грохочения

1 – экскаватор; 2 – МДА; 3 – кинематическая схема движения ковша экскаватора; 4 – зона влияния ковша экскаватора; 5 – направление движения добычного забоя; А – ширина заходки экскаватора;  $h_{вп}$  – высота верхнего подступа;  $h_{нп}$  – высота нижнего подступа;  $H$  – общая высота уступа;  $\alpha_p$  – рабочий угол откоса уступа;  $\alpha_y$  – устойчивый угол откоса уступа;  $\alpha$  – изменение угла поворота стрелы в пределах одной передвижки МДА;  $l_{шага}$  – расстояние однократной передвижки МДА

«Количество передвижек оборудования в смену будет зависеть от скорости подвигания забоя в смену, продолжительности смены, формулы 3.6 и 3.7:

$$n_{пер} = \frac{L}{l_{шага}}, \quad (3.6)$$

$$n_{\text{пер}} = \frac{Q_{\text{см}}}{S_{\text{заб}} \cdot l_{\text{шага}}} = \frac{Q_{\text{см}}}{A \cdot H \cdot 2 \cdot R \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (3.7)$$

где  $L$  – подвигание добычного забоя за смену, м, формула 3.8:

$$L = \frac{Q_{\text{см}}}{l_{\text{шага}}}, \text{ м} \quad (3.8)$$

где  $Q_{\text{см}}$  – сменная производительность экскаватора без учета времени на передвижку оборудования, м<sup>3</sup>;  $S_{\text{заб}}$  – площадь обрабатываемого забоя, м<sup>2</sup>, определяется по формуле 3.9:

$$S_{\text{заб}} = A \cdot H, \text{ м}^2 \quad (3.9)$$

где  $A$  – ширина заходки экскаватора, м;  $H$  – высота обрабатываемого уступа, м;  $l_{\text{шага}}$  – подвигание добычного забоя после которого необходима передвижка МДА (длина шага передвижки), м, определяется по формуле 3.10:

$$l_{\text{шага}} = 2 \cdot R \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \text{ м} \quad (3.10)$$

где  $R$  – радиус разгрузки экскаватора на уровне стояния, м;  $\alpha$  – угол поворота стрелы в пределах одной передвижки МДА (сектор погрузки), град,

Таким образом, время на передвижку МДА, затраченное в смену, определяется по формуле 3.11:

$$T_{\text{пер}} = t_{\text{пер}} n_{\text{пер}} = \frac{t_{\text{пер}} Q_{\text{см}}}{A H 2 R \sin \frac{\alpha}{2}}, \text{ МИН} \quad (3.11)$$

Сменная производительность горнотехнической системы экскаватор - МДА с учетом передвижек оборудования определяется по формуле 3.12:

$$Q_{\text{см}}^* = (T_{\text{см}} - T_{\text{п.з.}} - T_{\text{об}} - T_{\text{п.т.}} - T_{\text{лн}} - T_{\text{пер}}) \cdot V_{\text{к}} \cdot n_{\text{ц}}, \text{ м}^3/\text{смену} \quad (3.12)$$

При определении производительности возможно введение поправочных коэффициентов, учитывающих «орошение забоя в течение смены, подчистку подъездов к экскаватору бульдозером и другие» [101].

«Анализ практики разработки месторождений песчано-гравийной смеси с целью получения фракционного гравия, щебня из гравия в Северо-Западном федеральном округе показывает, что при разработке месторождений песчано-

гравийной смеси наибольшее распространение получили экспортируемые гидравлические экскаваторы типа обратная лопата (Volvo, Comatsu, Caterpillar, Hitachi, Terex и другие), реже – отечественного производства (Твэкс, Ковровец и др.). При этом емкости ковшей, как правило, находятся в диапазоне 2-3 м<sup>3</sup>, при этом на небольших притрассовых карьерах, с небольшой годовой производительностью применяются экскаваторы с ковшом емкостью и 0,65 м<sup>3</sup> (ЕК-12, производитель – Твэкс и др.)» [101].

«При погрузке в мобильную сортировочную установку грохочения такие экскаваторы работают по технологической схеме с разбиением добычного уступа на подступы. Общая высота уступа изменяется в пределах 5-10 м, при высоте подступа 1,5-3 м, радиус черпания составляет 8-12 м.

Высота уступа при работе экскаваторов определяется кинематической схемой движения ковша экскаватора и зависит от высоты и радиуса черпания» [101].

«Изменение угла поворота стрелы экскаватора при движении забоя относительно неподвижной МДА находится в пределах 45°-90° и зависит от радиуса черпания экскаватора и дальности установки МДА до нижней бровки обрабатываемого уступа. Сразу после передвижки МДА угол поворота стрелы между направлением движения забоя и зевом приемного бункера МДА должен составлять не менее 45°. В конечном положении МДА, непосредственно перед передвижкой, этот угол достигает 135°, что связано со значительным увеличением времени цикла экскаватора» [101].

«В процессе проектирования карьеров, обрабатывающих месторождения песчано-гравийной смеси, при построении паспортов ведения добычных работ с погрузкой полезного ископаемого в МДА, определение оптимальных параметров системы разработки, должно проводиться с учётом отработки полезной толщи не только с максимально возможными значениями высоты уступа и ширины заходки, но и при минимизации количества передвижек МДА» [101].

### 3.4 Выводы по третьей главе

Управление качеством минерального сырья, подаваемого на ДСЗ, является для предприятий по добыче строительных горных пород, особенно гравийно-песчаных, актуальной проблемой, возникшей в связи с необходимостью решения общих задач комплексного использования горной массы и коренного повышения эффективности горного производства. По сравнению с другими капиталоемкими отраслями горнодобывающей промышленности промышленность НСМ имеет существенные особенности. В смежных отраслях горнодобывающей промышленности, как правило, при управлении формировании качества минерального сырья рассматривается процесс стабилизации качественных показателей.

При разработке валунно-гравийно-песчаных месторождений усреднение качества сырья также является важнейшим видом процесса, но не исчерпывает всех направлений организационно-технической деятельности.

Многогранность процесса управления формированием качества сырья и его особая важность для технологии разработки месторождений валунно-гравийно-песчаных пород обуславливают необходимость классификации технологических комплексов добычных работ по виду и способу управления качеством сырья.

На выбор и формирование технологических схем мобильных дробильно-сортировочных комплексов при переработке гравийно-песчаных пород влияют следующие признаки: среднее содержание гравия и валунов в исходном сырье, максимальная крупность валунных фракций и гранулометрический состав фракций гравия и валунов. Эти признаки также влияют на возможный ассортимент готовой продукции. На компоновку технологических схем МДСК и эффективность их функционирования большое влияние оказывает степень стабильности качества перерабатываемого сырья.

Исходя из среднего содержания гравия и валунов в исходном сырье и максимальной крупности валунных фракций можно выделить следующие основные типы технологических схем МДСК:

1. Технологические схемы, рассчитанные на переработку сырья с содержанием гравийных фракций до 10-15%. Как правило, при этом фракции валунов отсутствуют. Перерабатывающий комплекс предназначается для выпуска песка.

2. Технологические схемы, рассчитанные на переработку сырья со средним содержанием гравия и валунов до 50%. Крупность фракций гравия и валунов определяет число стадий дробления и тип дробилок. При изменении крупности валунных фракций от 300 до 900 мм количество стадий дробления может изменяться от двух до четырех.

3. Технологические схемы, рассчитанные на переработку сырья со средним содержанием гравия и валунов свыше 60%. В этом случае, при сохранении стадийности дробления увеличивается число дробилок на II и III стадиях.

При значительном содержании в гравии фракций +20 мм целесообразно предусматривать выпуск как гравия, так и щебня. После сортировки исходного продукта материал подразделяется на три фракции: 0-5 мм – песчаный, 5-20 мм – гравийный, +20 мм – щебеночный.

При непосредственной загрузке зевы приемного бункера агрегата грохочения/дробления производительность системы определяется по минимальной производительности одного из комплексов системы (экскаватор или агрегат переработки) и не может превышать ее. Определение производительности горнотехнической системы экскаватор – мобильный агрегат переработки песчано-гравийной смеси должно учитывать затраты времени на передвижку оборудования при продвижении забоя.

## **ГЛАВА 4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВАЛУННО-ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОГО МАТЕРИАЛА «АНСКИНО-2» С ИЗМЕНЕНИЕМ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СХЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛЕЗНОЙ ТОЛЩИ**

### **4.1 Исходные данные и основные характеристики предприятия по разработке месторождения валунно-песчано-гравийного материала «Анскино-2»**

В настоящей главе будут рассмотрены варианты выбора технологической схемы для переработки песчано-гравийной смеси на типовом, для конкретного региона, месторождении. Данный выбор основан на разработанной классификации технологических комплексов переработки песчано-гравийной смеси с использованием мобильных дробильно-сортировочных установок.

Рассмотрим производственные процессы одного из крупнейших предприятий в Псковской области по производству песка, гравия, щебня из гравия, песка из отсевов дробления – карьер на месторождении песчано-гравийного материала «Анскино-2». Предприятие является характерным объектом по разработке месторождений песчано-гравийного материала, т.к. обладает достаточными запасами, имеет частично нагорный рельеф, нижняя граница подсчета балансовых запасов находится ниже уровня грунтовых вод, кроме того, месторождение находится в непосредственной близости от мест потребления готовой продукции (автодороги Палкинского и близлежащих районов, а также строительные площадки г. Пскова, г. Острова, пгт. Палкино и др.).

Месторождение «Анскино-2» расположено в 42 км к юго-западу от г. Псков в Палкинском районе Псковской области. Ближайший районный центр пгт. Палкино расположен в 10 км к востоку. Участок расположен между деревнями Анскино и Веретье. С юга от участка проходит автодорога местного значения Анскино-Изборск.

В настоящее время, отработка месторождения «Анскино-2» происходит по следующей схеме:

– полезное ископаемое – песчано-гравийный материал (ПГМ) крупностью 0-300 мм в полном объеме транспортируется в буферный склад сырья, располо-

женный на промышленной площадке предприятия, для последующей переработки;

- промышленная площадка (далее – промплощадка) размещается западнее лицензионного участка в пределах имеющегося земельного отвода;

- полезное ископаемое перерабатывается на мобильном дробильно-сортировочном заводе полной заводской готовности, с целью получения готовой продукции – щебня из гравия фракций (фр.) 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм, а также песков из отсевов грохочения и отсевов дробления фр. 0-5 мм, валунов крупностью 160-300 мм.

- щебень из гравия фракций 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм либо отгружается потребителю, либо складировается в склады готовой продукции, равные при максимальном заполнении двухнедельному объему производства щебня соответствующих фракций;

- пески из отсевов грохочения и дробления фр. 0-5 мм, в связи с низким спросом на данное сырье в районе, частично (в объеме 50% производства) складироваться во внешнем складе, расположенном вдоль западного борта карьера в пределах имеющегося земельного отвода;

- валуны крупностью 160-300 мм отгружаются в автотранспорт потребителей.

Производительность карьера на месторождении «Анскино» по горной массе – 300 тыс. м<sup>3</sup> (в плотном теле), режим работы предприятия – 350 дней в году в одну 8-ми часовую смену.

Подробнее рассмотрим характеристики рассматриваемого объекта – месторождения песчано-гравийного материала «Анскино-2».

#### *Геологическое строение карьерного поля*

В геоморфологическом отношении участок приурочен к гряде северо-восточного простирания с абсолютными отметками поверхности 92,5-163 м и представлен холмом овальной формы размером 1000×500 м с террасированными склонами. Окаймляющая гряду озерно-ледниковая равнина слабо заболочена, с востока гряда граничит с моренными холмами.

В геологическом строении месторождения принимают участие четвертичные отложения. Четвертичные отложения развиты в пределах участка повсеместно, представлены крестецкой стадией и подразделяются на ледниковые, флювиогляциальные и озерно-ледниковые отложения.

Полезная толща непосредственно участка работ представлена валунно-гравийно-песчаным материалом, гравийно-песчаным материалом с линзами гравелистых песков и песков.

Содержание гравия и валунов неравномерно как по площади, так и по глубине. Содержание валунов в полезной толще составляет от 0% до 57%, среднее 4%; гравия – от 0% до 60%, среднее 35%; песок – от 21% до 88%, среднее 61%. Размер валунов до 300 мм (преобладают 100 – 200 мм).

Валуны представлены в основном крепкими горными породами и в меньшем количестве породами средней крепости, среди которых преобладают известняки – 75-90%, граниты составляют 10-25%. К слабым породам относятся выветрелые пористые известняки. Валуны в основном изометрической формы, с шероховатой поверхностью. Содержание слабых пород составляет до 5%.

Гравий характеризуется фракцией 5-70 мм, преобладающая – 5-10 мм. Гравий представлен в основном породами крепкими и средней крепости, в основном известняками (80%), реже гранитами (15%) и единичными кварцитами и песчаниками (5%). К слабым породам относятся выветрелые пористые известняки.

Пески полезной толщи разнозернистые, в основном крупные, глинистые.

По петрографо-минералогическим характеристикам пески карбонатно-кварцевые, карбонаты составляют от 51,6 до 74%, кварц – от 8,6 до 20,7%, полевой шпат – от 1,4 до 87%, обломки пород – от 2,0 до 6,8%, слюда – до 0,3%.

Вскрышные породы представлены почвенно-растительным слоем, суглинками и супесями валунными.

По сложности геологического строения (условиям залегания, невыдержанности мощности и качества песков) участок «Анскино-2» отнесен к II группе согласно «Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Песок и гравий» [73], рисунок 4.1.



Рисунок 4.1 – Разрез полезной толщи месторождения «Анскино-2»

#### *Характеристика полезной толщи*

Пески представлены от очень мелких до повышенной крупности. В среднем, согласно требованиям ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия», по модулю крупности пески соответствуют группе песка «крупный» относимые ко II классу.

Полный остаток на сите № 063, за исключением единичных проб, в среднем по месторождению соответствую стандарту ГОСТ 8736-2014 (45-65% по массе).

По физико-механическим свойствам песок удовлетворяет всем требованиям ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» за исключением пылевато-глинистых частиц.

Согласно требованиям ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация» [27] пески относятся к классу природных дисперсных грунтов, к группе несвязных, к подгруппе осадочных, типу полиминеральных, виду – пески «крупные», по коэффициенту фильтрации к сильноводопроницаемым грунтам.

Согласно требованиям СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\* [84] пески могут применяться для устройства дренирующих и морозозащитных слоев дорожных одежд.

Физико-механические свойства гравия приведены по материалам предшествующих геологоразведочных работ в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Физико-механические свойства гравия

Показатели	Гравий
2	3
Объемная масса зерен, т/м <sup>3</sup>	2,49 - 2,62
Объемный насыпной вес, т/м <sup>3</sup>	1,38 - 1,44
Плотность исходной горной массы, т/м <sup>3</sup>	2,69 - 2,78
Водопоглощение, %	0,5 - 2,7
Объем пустот, %	43,3 - 49,9
Дробимость, марка	Др.12, 16, 24
Содержание органических примесей	св.эталона
Пылев.-глинистые примеси, %	0,2 - 2,0
Лещадн. и игловат. формы, %	2,0 - 5,0
Содержание слабых зерен, %	1,0 - 10,0
Сопротивление удару, марка	У-75
Истираемость, марка	И1, И2
Марка по морозостойкости	М25, 50

По содержанию зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы гравий удовлетворяет требованиям ГОСТ 8267-93 (не более 35% по массе).

Марка по истираемости – И1 (до 20%) и И2 (св. 20 до 30 вкл.).

Марка по дробимости – 1000 (до 8% вкл.), 800 (св.8 до 12% вкл.), 600 (св.12 до 16% вкл.).

Содержание слабых зерен удовлетворяет требованиям ГОСТ 8267-93 (не более 10% для марок 600, 800 и 1000).

Содержание пылевидных и глинистых частиц удовлетворяет требованиям ГОСТ 8267-93 – для марок 1000 и 800 – 1%, 600 – 2%.

Марка по морозостойкости – F50.

Приведенные выше показатели определений подтверждают пригодность гравия и валунов для всех видов строительных работ в соответствии с требовани-

ями действующих стандартов. Отмечается лишь высокое содержание глинистых примесей в пробах песка. Уменьшение количества глинистых примесей возможно за счет промывки песка и гравия.

*Генеральный план и транспорт.*

В состав действующего предприятия входят следующие производственные объекты:

- карьер;
- внешний отвал вскрышных пород;
- внешний склад песка и гравия – отсева дробления
- откаточная автодорога;
- промплощадка предприятия, в т.ч.:
- буферный склад полезного ископаемого крупностью 0-300 мм, склад песка фракции 0-5 мм, склад песка из отсевов дробления фракции 0-5 мм, склады щебня из гравия фракций 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм, противопожарный резервуар, вагон-бытовка (2 штуки), дизель-генератор, биотуалеты (3 штуки), площадка для контейнеров для сбора отходов, стоянка техники.

Транспортирование полезного ископаемого из карьера на промплощадку предприятия выполняется автомобильным транспортом предприятия – автосамосвалами предприятия МАЗ 6517Х9-(410-051), грузоподъемностью 19,0 т.

Вывоз готовой продукции осуществляется автотранспортом потребителей, предназначенным для передвижения по дорогам общего пользования.

Все объекты предприятия по генплану располагаются в пределах земельного отвода недропользователя, предоставленного в соответствии со Свидетельством о государственной регистрации права от 30.06.2011 г. Кадастровый номер участка 60:14:080103:16. Площадь земельного участка 52,8 га. Категория земель – земли промышленности.

Площадь контура подсчета запасов полезного ископаемого месторождения «Анскино-2» составляет 21,5 га. Конечный контур карьера на месторождении «Анскино-2» по поверхности совпадает с контуром подсчета запасов и составляет 21,5 га.

Внешний отвал вскрышных пород и внешний отвал песков-отсевов дробления располагаются в непосредственной близости от юго-западной границы месторождения.

Промплощадка размещается к северу от въезда на территорию предприятия, в 50 м западнее карьера. Размеры промплощадки составляет 150 × 190 м. Площадь промплощадки – 2,9 га. Высотная отметка спланированной поверхности промплощадки +98,0 м.

По функциональному использованию промплощадка разделена на следующие зоны:

– производственная зона, в том числе: буферный склад ПГМ крупностью 0-300 мм, площадка с агрегатами ДСУ, склады готовой продукции - щебня фракций 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм, песка из отсевов грохочения и песка из отсевов дробления фракции 0-5 мм, валунов крупностью 160-300 мм;

– подсобная зона, в том числе: противопожарный резервуар, вагон-бытовка (2 шт.), дизель-генератор, биотуалеты (3 штуки), площадка для контейнеров для сбора отходов, стоянка техники.

Объекты подсобно-вспомогательного назначения предусматриваются к размещению в типовых легкоборных зданиях на базе блок-контейнеров.

На площадке располагается стоянка для горнотранспортной техники, размером 11 × 25 м.

Объекты подсобно-вспомогательного назначения выполнены в типовых легкоборных зданиях на базе блок-контейнеров.

*Основные технологические и организационные решения по отработке месторождения «Анскино-2».*

В настоящее время добычные работы ведутся на горизонте с отметкой +106 м.

Транспортная связь карьера с промплощадкой предприятия осуществляется по откаточной автодороге длиной 200 м и уклоном, не превышающим 70‰.

Добычные работы ведутся по следующей схеме: по мере зачистки кровли полезного ископаемого проводится отработка добычного горизонта +106,0 м. От-

работка ведется с понижением верхней части уступа бульдозером Т170-01 до высоты 8,0 м (отметка горизонта +114,0 м). Понижение высоты уступа осуществляется бульдозером Т170-01 путем срезания и перемещения полезного ископаемого наклонными слоями под углом  $18^\circ$  под откос нижнего подступа. При этом на кровле нижнего (подошве верхнего) подступа (горизонт +114,0 м) организуется горизонтальная площадка шириной не менее 10 м.

Вскрытие нижележащих горизонтов будет осуществляться по мере отработки вышележащих. Высота горизонтов принята равной 8 м. При этом транспортный доступ на нижележащие горизонты будет осуществляться по съездам, проложенным по западному борту карьера. Ширина съездов, при используемом транспорте, с учетом расположения на съезде предохранительного вала, водоотводного сооружения и закуветной полки должна составлять не менее 16,5 м, уклон съезда – 70‰ [85].

Комплекс горного производства по эксплуатации карьера включает в себя следующие работы [108]:

- горно-подготовительные работы;
- вскрышные работы;
- транспортирование вскрышных пород;
- отвалообразование;
- добычные работы;
- транспортирование полезного ископаемого на промплощадку предприятия;
- переработка полезного ископаемого, добываемого при разработке месторождения;
- складирование готовой продукции во временных складах;
- отгрузка готовой продукции в автотранспорт потребителей.

Вскрышные породы транспортируются во внешний отвал вскрыши.

#### **4.2 Анализ проблем организации эксплуатационных работ на карьере по разработке месторождения валунно-песчано-гравийного материала «Анкино-2»**

Используемая в настоящее время на предприятии схема переработки полезного ископаемого имеет как преимущества, так и недостатки. По сути, имеющееся мобильное оборудование используется как стационарное по классической схеме – на борту карьера. Разработка месторождения осуществляется с экскавацией и последующим транспортированием на переработку всего объема полезной толщи.

К преимуществам применяемой схемы относятся:

- наличие усреднительного склада большого объема, позволяющего подавать на сортировку сбалансированное по гранулометрическому составу сырье, несмотря на большие отклонения данных показателей в исходном сырье;

- возможность бесперебойной работы перерабатывающего комплекса, которая достигается наличием усреднительного (буферного) склада большого объема (позволяет перерабатывать исходную горную массу в независимости от остановок оборудования на карьере);

К недостаткам существующей схемы переработки относятся:

- транспортирование всего объема полезного ископаемого на промплощадку предприятия, что приводит к большим транспортным расходам;

- переработка всего объема полезного ископаемого на промплощадке предприятия, что приводит к увеличению используемых площадей как под складирование исходной породы (буферный / усреднительный склад), так и готовой продукции (временные склады готовой продукции);

- не увязаны производительности сортировочной установки Warrior 1800 и дробильно-сортировочной установки Maxtrak 1000, что не позволяет выстроить линейную технологическую схему переработки исходной горной массы, при которой гравийно-валунная фракция крупностью 5-160 мм подавалась бы напрямую из сортировки в дробилку.

Из теории переработки нерудных строительных материалов известно, что технологические схемы должны строиться с соблюдением принципов – не дробить и не транспортировать лишнего.

На основе разработанной классификации технологических комплексов переработки песчано-гравийной смеси с использованием МДСК (таблица 3.1), рассмотренной в главе 3.2 настоящей диссертации следует, что при среднем содержании гравия и валунов на месторождении 39%, а также изменении содержания гравия и валунов в горной массе от 0 до 60% можно выстроить следующие варианты технологических схем [43, 46] по переработке песчано-гравийной смеси месторождения:

1. Комплекс 3 класса группы 2, при котором вся горная масса сортируется в сортировочной установке непосредственно в забое, продукт сортировки – гравий крупностью 5-160 мм транспортируется на промышленную площадку для последующей переработки.

2. Комплекс 1 класса 3 группы. В связи с особенностями разработки месторождения «Анскино», а именно большой высоты понижаемого бульдозером уступа (до 35 м), качественные показатели горной массы стабилизируются (формирование усреднительного склада не требуется), и при подборе оптимального выемочно-погрузочного оборудования можно выстроить технологическую схему переработки, в соответствии с которой вся технологическая цепочка по переработке песчано-гравийной смеси будет выстроена последовательно в непосредственной близости от добычного забоя.

Для выбора оптимальной организационной схемы переработки ПГС необходимо сравнить предлагаемые схемы с действующей в настоящее время в части количества используемого оборудования, а также занятых трудовых ресурсов. Кроме того, необходимо провести упрощенный экономический анализ предлагаемых схем для определения наиболее эффективной [21, 23, 24, 39].

Рассмотрим оборудование, занятое на добычных работах, переработке горной массы, транспортировании и отгрузке готовой продукции в настоящее время.

В соответствии с действующим проектом разработки месторождения полезное ископаемое транспортируется в полном объеме на промплощадку предприятия для последующей переработки.

Предлагаемая технологическая схема предусматривает сортировку полезного ископаемого, одностадийное дробление гравийно-валунного материала крупностью 5-160 мм с последующим товарным грохочением.

Рассматривается технологический режим, предусматривающий получение песка из отсевов грохочения фракции 0-5 мм, щебня из гравия и валунов фракций 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм, валунов крупностью 160-300 мм и песков из отсевов дробления фракции 0-5 мм.

В технологическом комплексе используется сортировочное оборудование полной заводской готовности, которое поставляется комплектно и имеет агрегатное исполнение:

- мобильная сортировочная установка (СУ) Warrior 1800 Radial на гусеничном ходу производства фирмы «POWERSCREEN» с дизельным двигателем;
- мобильная конусная дробилка Maxtrak 1000 на гусеничном ходу производства фирмы «TEREX - PEGSON» с дизельным двигателем;
- мобильная сортировочная установка Chieftain 2100 (3-Deck) на гусеничном ходу производства фирмы «POWERSCREEN» с дизельным двигателем.

Основные технические решения по переработке ПГМ крупностью 0-300 мм:

- экскавация полезного ископаемого – ПГМ крупностью 0-300 мм из массива экскаватором Volvo EC290BLC с последующей отгрузкой в автосамосвалы предприятия – МАЗ 6517 Х9-410-051;
- доставка ПГМ крупностью 0-300 мм автосамосвалами МАЗ 6517 Х9-410-051 на промплощадку предприятия – в буферный склад ПГМ;
- загрузка из буферного склада ПГМ экскаватором Hitachi 330ZX в наклонный пластинчатый питатель сортировочной установки (СУ) Warrior 1800;
- грохочение на ситах СУ Warrior 1800 с размером ячеек 160 мм и 5 мм;
- продукты сортировки – гравий кр. 5-160 мм, валуны кр. 160-300 мм и песок фракции 0-5 мм – складироваться на открытых конусных складах;
- отгрузка песка фракции 0-5 мм из конусного склада погрузчиком JCB456ZX потребителю или транспортировка до склада готовой продукции;

- отгрузка валунов крупностью 160-300 мм погрузчиком JCB456ZX в автотранспорт потребителей;
- транспортировка гравийно-валунного материала крупностью 5-160 мм погрузчиком John Deere WL56 в буферный склад кр. 5-160 мм;
- загрузка из буферного склада погрузчиком John Deere WL56 гравийно-валунного материала в приемный бункер конусной дробильной установки Maxtrak 1000 (вторая стадия переработки).
- дробление гравия и валунов крупностью 5-160 мм в конусной дробилке с последующим товарным грохочением на сортировочной установке Chieftain 2100 (3-Deck) с ситами 5, 20, 40 мм с выделением фракций 0-5 мм, 5-20 мм, 20-40 мм, 40-70 мм;
- готовая продукция складировается на открытых конусных складах и отгружается пневмоколесным погрузчиком JCB456ZX в автомобильный транспорт потребителей, либо транспортируется в склады готовой продукции;
- технологическое оборудование размещается на открытых площадках;
- все конвейеры, участвующие в технологическом процессе, установлены на агрегатах.

При наличии спроса, данную технологическую цепочку можно перестроить на получение песчано-гравийной смеси крупностью 0-15 мм или 0-25 мм по ГОСТ 23735-2014 «Смеси песчано-гравийные для строительных работ. Технические условия» [26], а также нарастить выпуск фракций щебня 5-20 мм или 20-40 мм, предусмотрев возвратный конвейер для надрешетного продукта верхней фракции в дробильную установку Maxtrak 1000.

Режим работы дробильно-сортировочного завода – 350 рабочих дней в году в одну 8-часовую смену в сутки (календарный фонд рабочего времени).

Производительность и режим работы ДСУ определены на максимальную загрузку оборудования:

Режим работы – круглогодичный, 350 дней в году, в 1 смену в сутки по 8 часов

Календарный фонд времени работы ДСУ

$$T = 350 \times 8 \times 1 = 2800 \text{ ч.}$$

Эффективный фонд времени работы сортировочной установки Warrior 1800 (стадия сортировки) определяется по формуле 4.1:

$$T_q = T \cdot k_v, \text{ ч} \quad (4.1)$$

где  $T$  – календарный фонд рабочего времени;

$k_v$  – коэффициент использования оборудования во времени,  $k_v = 0,72$

$$T_q = 2800 \times 0,72 = 2016 \text{ ч.}$$

Материальный баланс по первой стадии переработки (сортировочная установка Warrior 1800) приведен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Материальный баланс по первой стадии переработки

Наименование	Насыпная плотность, т/м <sup>3</sup>	Выход, %	Производительность		
			т/ч	тыс. т/год	тыс. м <sup>3</sup> /год
Промплощадка предприятия: сортировка полезного ископаемого					
Полезное ископаемого 0 - 300 мм	1,54*	100	275,00	554,4	360,0**
Песок крупностью 0 - 5 мм	1,52	61	167,75	338,2	222,5
Гравийно-валунный материал крупностью 5 – 160 мм	1,42	38	104,50	210,7	148,4
Валуны крупностью 160-300 мм	1,45	1	2,75	5,5	3,8
Итого переработанного материала		100	450,00	554,4	374,7
Примечание:					
* – коэффициент разрыхления породы 1,20 (объемный вес породы в плотном теле – 1,85 т/м <sup>3</sup> );					
** – 360,0 тыс. м <sup>3</sup> в разрыхленном состоянии соответствует 300 тыс. м <sup>3</sup> в плотном теле.					

На рисунке 4.2 представлена технологическая схема доставки из карьера и последующей сортировки на промышленной площадке ПГМ крупностью 0-300 мм.

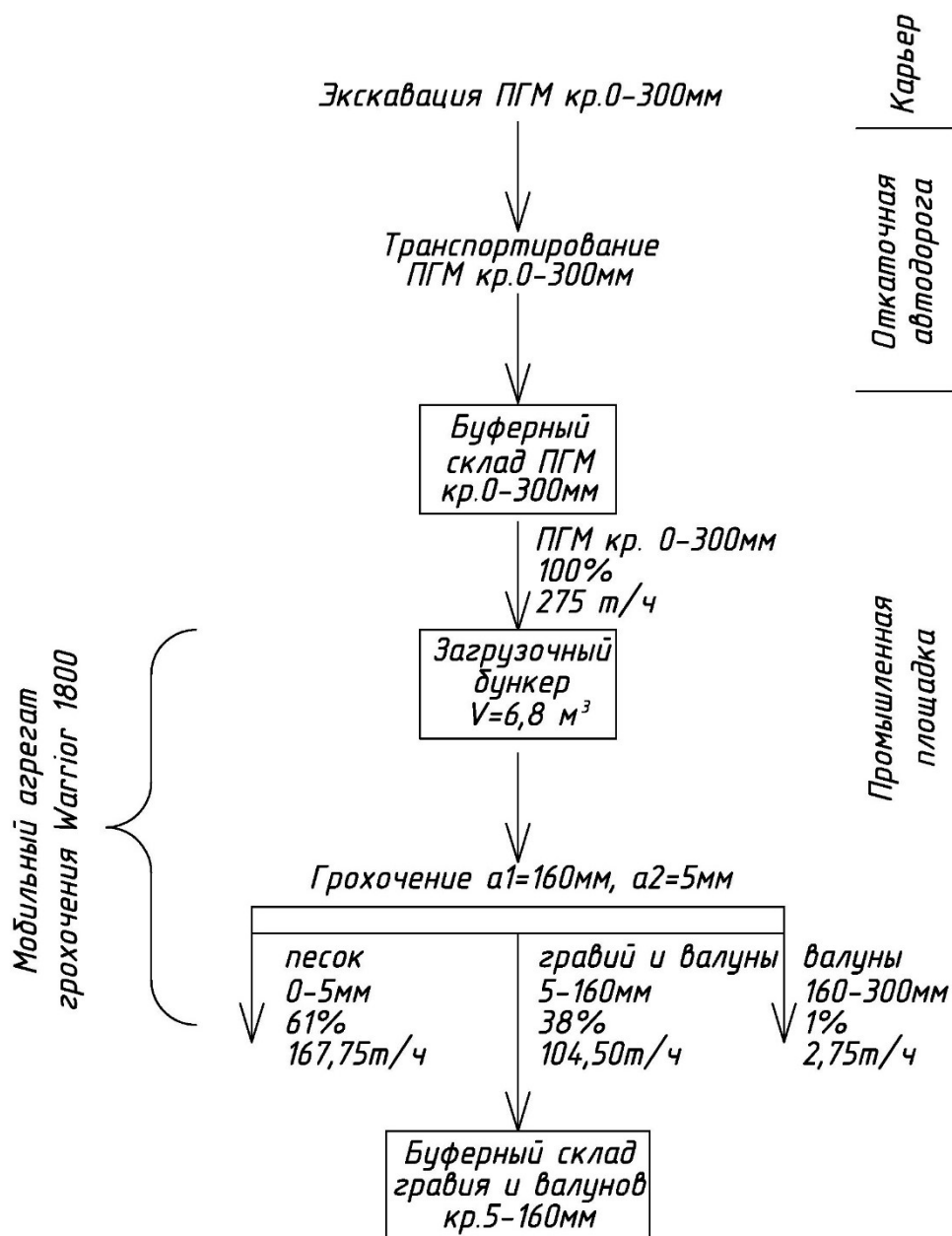


Рисунок 4.2. Технологическая схема доставки из карьера и последующей сортировки на промышленной площадке ПГМ крупностью 0-300 мм

Гравий и валуны фракции 5-160 мм транспортируются в буферный склад гравия и валунов для последующего накопления и переработки. Напрямую подавать данную фракцию после сортировки конвейером в дробильно-сортировочную установку Maxtrak 1000 нецелесообразно, что связано с выходом данной фракции после сортировки с производительностью 104,5 т/ч. Максимального выпуска щебня кубовидной формы можно достигнуть, если дробилка работает при полной загрузке, при этом существует необходимость в постоянной равномерной загрузке пород после грохочения в питающем бункере мобильного дробильного агрегата

[8]. Эффективная нагрузка дробильной установки Maxtrak 1000 составляет 170 - 180 т/ч.

Эффективный фонд времени работы дробильной установки Maxtrak 1000 (стадия дробления):

$$T_{\text{ч}} = 2800 \times 0,45 = 1260 \text{ ч.}$$

Материальный баланс по стадии дробления приведен в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Материальный баланс по второй стадии переработки (дробление)

Наименование	Насыпная плотность, т/м <sup>3</sup>	Выход, %	Производительность		
			т/ч	тыс. т/год	тыс. м <sup>3</sup> /год
Промплощадка предприятия: дробление и товарное грохочение					
Гравийно-валунный материал крупностью 5 - 160 мм	1,42	100	171,00	210,7	148,4
Щебень фракции св. 5 до 20 мм	1,34	30	51,30	63,2	47,2
Щебень фракции св. 20 до 40 мм	1,34	35	59,85	73,8	55,1
Щебень фракции св. 40 до 70 мм	1,36	5	8,55	10,5	7,7
Итого щебня		70	119,70	147,5	110,0
Песок из отсевов дробления фракции 0 - 5 мм	1,45	30	51,30	63,2	43,6
Итого готовой продукции		100	171,00	210,7	153,6

На рисунке 4.3 представлена технологическая схема дробления гравийно-валунного материала крупностью 5-160 мм с последующим товарным грохочением.

На дробильно-сортировочной установке производится следующая продукция:

– песок из отсевов грохочения крупностью от 0 до 5 мм по ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация» и СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги»;

– щебень фракций от 5 до 20 мм, от 20 до 40 мм, от 40 до 70 мм по ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ»;

– песок из отсевов дробления крупностью от 0 до 5 мм по ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия»;

– валуны крупностью 160-300 мм.

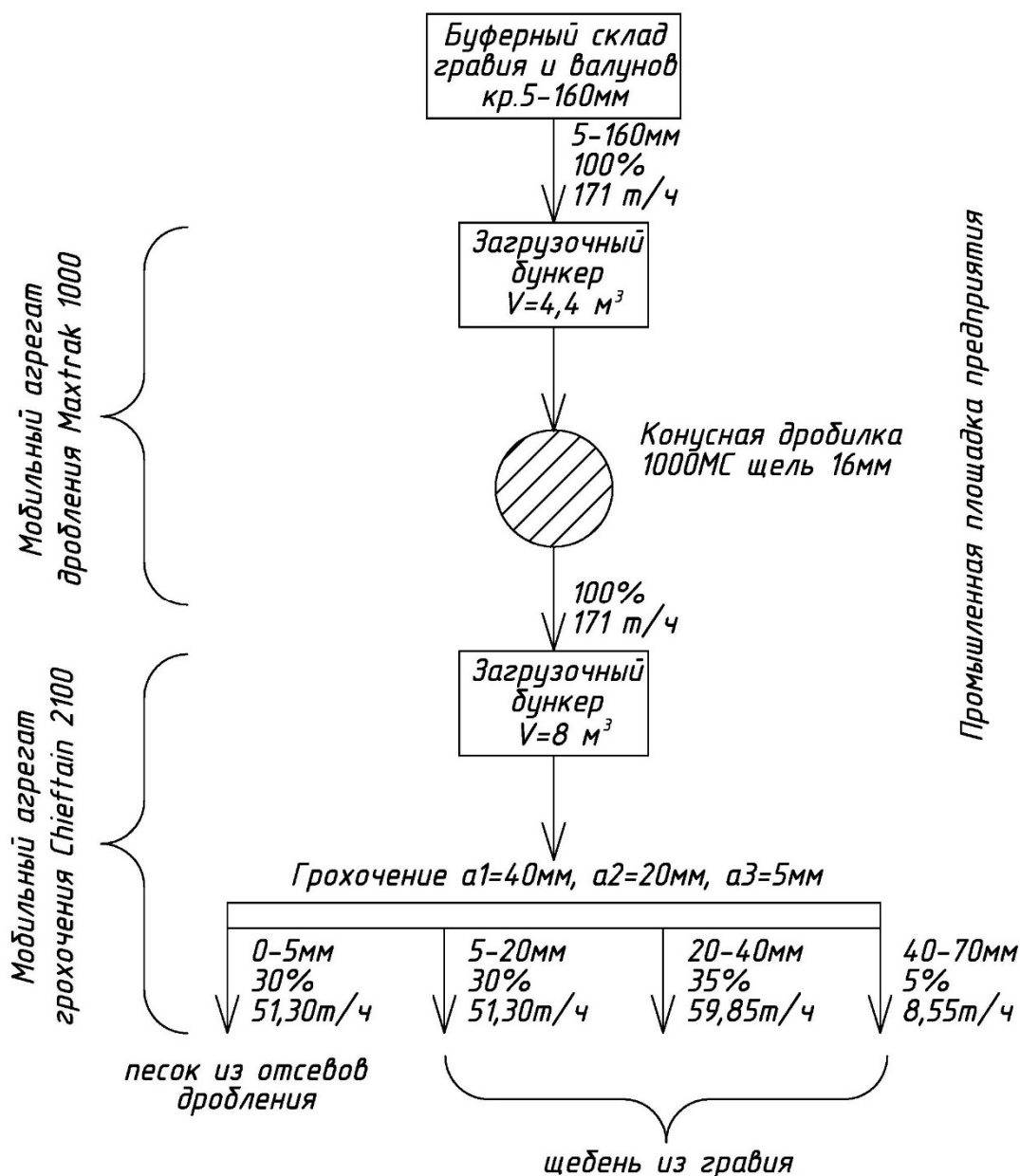


Рисунок 4.3 - Технологическая схема дробления гравийно-валунного материала крупностью 5-160 мм с последующим товарным грохочением

Для полноценной обеспеченности дробильно-сортировочного комплекса сырьем для переработки на промплощадке предприятия предусмотрен буферный (усреднительный) склад полезного ископаемого. Объем склада принят исходя из двухнедельной производительности карьера по полезному ископаемому (с учетом коэффициента разрыхления 1,2) – 15,0 тыс. м<sup>3</sup>. Высота склада составляет 3 м. Занимаемая площадь – 0,56 га.

Продуктами первой стадии переработки полезного ископаемого (сортировка на грохоте Warrior 1800) являются песок крупностью 0-5 мм, гравийно-валунный материал крупностью 5 - 160 мм и валуны крупностью 160-300 мм.

Песок крупностью 0 - 5 мм отгружается из конусов погрузчиком JCB456ZX непосредственно в автотранспорт потребителей или, при отсутствии спроса, транспортируется в склад песка для длительного хранения. Опыт эксплуатации карьера показал, что складывается 50% произведенного песка.

Валуны крупностью 160 - 300 мм в полном объеме отгружаются из конусов готовой продукции в автотранспорт потребителей.

Валунно-гравийный материал крупностью 5 - 160 мм складывается в полном объеме в буферном складе валунно-гравийного материала. Транспортирование данного материала из конусного склада в буферный склад осуществляется погрузчиком John Deere WL56. Объем буферного склада принимается исходя из двухнедельного объема производства и составляет 6,3 тыс. м<sup>3</sup>. Высота буферного склада 3 м. Занимаемая площадь 0,25 га.

Загрузка гравийно-валунного материала крупностью 5-160 мм из буферного склада в дробильно-сортировочную установку Maxtrak 1000 осуществляется погрузчиком John Deere WL56. Готовая продукция второй стадии переработки (дробление на конусной дробилке с последующим товарным грохочением) – песок из отсевов дробления фракции от 0 до 5 мм, щебень фракций от 5 до 20 мм, от 20 до 40 мм, от 40 до 70 мм складывается в открытых конусных складах.

По мере наполнения конусов, предусматривается отгрузка готовой продукции погрузчиком JCB456ZX в автомобильный транспорт потребителей, либо транспортировка в склады готовой продукции. Опыт эксплуатации месторождения показал, что большая часть щебня из гравия отгружается потребителю непосредственного из конусов готовой продукции. Через склады готовой продукции проходит лишь 20% щебня. Объемы складов щебня составляют 2,0 тыс. м<sup>3</sup>, 2,4 тыс. м<sup>3</sup>, 0,3 тыс. м<sup>3</sup>, соответственно щебня фракций 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм. Высота складов – 3 м. Занимаемая площадь составляет 0,09 га, 0,11 га, 0,02 га, соответственно для щебня фракций 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм. Песок из от-

севов дробления фракции 0-5 мм отгружается погрузчиком JCB456ZX в объеме 50% – в автотранспорт потребителей, 50% – в собственный автотранспорт для транспортирования в склад песка из отсевов дробления (располагается там же, где и пески из отсевов грохочения).

Результаты определения производительности основного выемочно-погрузочного оборудования представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Производительность основного выемочно-погрузочного оборудования

Наименование процесса	Производительность, м <sup>3</sup> /смен.			
	Экскаватор Volvo EC290 BLC	Экскаватор Hitachi 330ZX	Погрузчик JCB456ZX	Погрузчик John Deere WL 56
Экскавация горной массы кр. 0-300 мм из массива, погрузка в автотранспорт/приемный бункер МДА	900/1100			
Загрузка горной массы кр. 0-300 мм из буферного склада в установку Warrior 1800/Maxtrak 1000		1200		
Отгрузка валунов кр. 160-300 мм в автотранспорт			1000	1000
Отгрузка песка кр. 0-5 мм в автотранспорт			1500	1500
Транспортирование гравийно-валунного материала кр. 5-160 мм в буферный склад				850
Загрузка гравийно-валунного материала кр. 5-160 мм в установку Maxtrak 1000/в автотранспорт			1000/800	1000/800
Отгрузка готовой продукции – щебня фракций 5-20 мм, 20-40 мм, 40-70 мм в автотранспорт			1250	
Транспортирование готовой продукции – щебня фракций 5-20 мм, 20-40 мм, 40-70 мм в склады готовой продукции			650	
Отгрузка песков из отсевов дробления кр 0-5 мм в автотранспорт			1500	

В качестве основного технологического оборудования используются:

– экскаватор Volvo EC290BLC (с ковшом емкостью 1,4 м<sup>3</sup>) – 1 ед.. Используется для ведения добычных работ;

– экскаватор Hitachi 330ZX (с ковшом емкостью 1,5 м<sup>3</sup>) – 1 ед. Используется для погрузки горной массы крупностью 0-300 мм из буферного усреднительного склада, а также;

– фронтальный погрузчик JCB456ZX (с ковшом емкостью 3,1 м<sup>3</sup>) – 1 ед. на отгрузке продуктов переработки полезного ископаемого;

– фронтальный погрузчик JDWL56 (с ковшом емкостью 3,1 м<sup>3</sup>) – 1 ед. Используется для погрузки валунно-гравийного материала крупностью 5-160 мм в дробильно-сортировочную установку Maxtrak 1000, а также на отгрузке продуктов переработки полезного ископаемого;

– самосвал МАЗ 6517х9-(410-051), грузоподъемностью 19,0 т. Используется для транспортирования горной массы на промплощадку предприятия, песка отсева крупностью 0-5 мм и песка из отсевов дробления крупностью 0-5 мм в склады.

Расчет необходимого количества оборудования для выполнения годового объема работ приведен в таблице 4.5.

Учитывая суммарные затраты времени на выполнение работ и режим работы (350 рабочих смен в году) необходимо следующее количество оборудования:

Экскаватор Volvo EC290 BLC – 1 шт.;

Экскаватор Hitachi 330ZX (в карьере) – 1 шт.;

Погрузчик John Deere WL 56– 1 шт.;

Погрузчик JCB456ZX– 1 шт.

Внутренним автотранспортом предприятия предусматриваются следующие виды перевозок:

– транспортировка полезного ископаемого в буферный склад;

– транспортировка песков из отсевов грохочения и отсевов дробления фр. 0-5 мм в склады.

Транспортирование полезного ископаемого и песков предусматривается осуществлять автомобильным транспортом – самосвалами МАЗ 6517х9-(410-051), грузоподъемностью 19,0 т.

Таблица 4.5 – Расчет потребности в горном и технологическом оборудовании

Показатели	Единица измерения	Расчет	Количество
Экскаватор Volvo EC290 BLC (в карьере)			
Добычные работы (экскавация горной массы крупностью 0-300 мм из массива в автотранспорт)			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.2	300 000
Сменная производительность экскаватора	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	900
Количество смен работы экскаватора	маш.-смен.	300 000/900	334
Экскаватор Hitachi 330ZX (на промплощадке)			
Загрузка горной массы крупностью 0-300 мм из буферного склада в установку Warrior 1800			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.2	300 000
Сменная производительность экскаватора	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1 200
Количество смен работы экскаватора	маш.-смен.	300 000/1 200	250
Погрузчик John Deere WL 56			
Транспортирование горной массы крупностью 5-160 мм из конусного склада в буферный склад			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.2	148 400
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	850
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	148 400 / 850	175
Загрузка горной массы крупностью 5-160 мм в дробильно-сортировочную установку Maxtrak 1000			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.2	148 400
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1 000
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	148 400 / 1 000	149
Погрузчик JCB456ZX			
Отгрузка песка крупностью 0-5 мм в автотранспорт			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.2	222 500
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1 500
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	222 500 / 1 500	149
Отгрузка валунов крупностью 160-300 мм в автотранспорт			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.2	3 800
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1000
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	3 800 / 1 000	4
Отгрузка песка из отсевов дробления кр. 0-5 мм			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.3	43 600
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1 500
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	43 600 / 1 500	29
Отгрузка щебня фракций 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм в автотранспорт потребителей			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.3	110 000
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1 250
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	110 000/1 250	88
Транспортировка щебня фракций 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм в склады готовой продукции			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. п. 4.2 диссертации	22 000

## Продолжение таблицы 4.5

Показатели	Единица измерения	Расчет	Количество
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	650
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	22 000 / 650	34

Средняя дальность транспортировки полезного ископаемого в буферный склад составит 0,6 км.

Средняя дальность транспортировки песков до складов составит 0,3 км

Исходные данные для расчета карьерного транспорта приведены в таблице 4.6.

Для расчета принимается первый год разработки месторождения – год с максимальным объемом перевозок внутренним автотранспортом.

Таблица 4.6 – Исходные данные для расчета карьерного транспорта

Наименование	Единица измерения	Полезное ископаемое	Пески-отсевы грохочения	Пески-отсевы дробления
Режим работы:				
- количество смен в году	смен.	350	350	350
- продолжительность смены	ч	8	8	8
Годовой объем перевозок	м <sup>3</sup>	300 000	111 250	21 800
Годовой объем перевозок	т	554 400	169 100	31 600
Тип погрузочного механизма		Volvo EC290BLC	JCB456ZX	JCB456ZX
Число погрузочных механизмов	шт.	1	1	1
Объемный вес породы	т/м <sup>3</sup>	1,85	1,52	1,45
Коэффициент экскавации	т/м <sup>3</sup>	0,917	1	1
Емкость ковша погрузочного механизма	м <sup>3</sup>	1,4	3,1	3,1
Средняя масса груза в ковше	т	2,37	4,71	4,50
Среднее время цикла	мин.	0,5	0,6	0,6

Результаты расчёта необходимого количества автосамосвалов, с учетом коэффициента неравномерности использования оборудования во времени и технической готовности автопарка, представлены в таблице 4.7.

Организационная структура управления на предприятии предусматривается исходя из обеспечения рационального содержания, разделения и кооперирования

труда рабочих с учетом максимально возможного совмещения профессий и равномерности загрузки оборудования.

Таблица 4.7 – Расчет необходимого количества автосамосвалов

Наименование	Полезное ископаемое	Пески-отсевы грохочения	Пески-отсевы дробления
Годовой объем перевозок, т	554 400	169 100	31 600
Масса, перевозимая за один рейс, т	18,96	18,84	18,00
Время рейса в т.ч.:	10,6	8,2	8,2
Коэффициент, учитывающие неравномерность подачи и использование во времени	0,99		
Сменное число рейсов, шт.	37	47	47
Производительность в смену, т/смен.	701,5	885,5	846,0
Годовое число рейсов, смен	791	191	38
Необходимое количество автосамосвалов, шт.	3	1	
Пробег за год, км	38633	5925	2368
Общий годовой пробег, км	45737		

Результаты расчёта численного и профессионально-технического состава занятых на работах, связанных с добычей, транспортировкой и переработкой песчано-гравийной смеси на предприятии, представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Численный и профессионально-технический состав работающих

Цех, профессия	Группы производственных процессов	Число работников	
		В смену	Списочный состав
Машинист экскаватора Volvo EC290BLC	1б, 2г	1	2
Машинист экскаватора Hitachi 330ZX	1б, 2г	1	2
Дробильщик	1б, 2г	1	2
Грохотовщик	1б, 2г	1	2
Машинист погрузчика JCB456ZX	1б, 2г	1	2
Машинист погрузчика JDWL56	1б, 2г	1	2
Водитель автосамосвала МАЗ 65179Х	1в	4	6
Итого		10	18

Оценка капитальных затрат произведена на основе информации и данных, полученных по карьерам-аналогам и из сети Интернет. Расчет приводится только на оборудование, связанное с добычей, транспортировкой и технологическим комплексом по переработке песчано-гравийной смеси.

Опыт эксплуатации месторождения показал, что данные эксплуатационные расходы составляют 80% от всех расходов на предприятии.

Затраты необходимо сгруппировать в соответствии с экономическими содержаниями по элементам [47, 48]: запасные части, вспомогательные материалы, электроэнергия, горюче-смазочные материалы, оплата труда, амортизация оборудования и внепроизводственные расходы.

#### *Затраты на запасные части*

Стоимость запасных частей принимается равной 10% от стоимости оборудования с учетом доставки.

$$S_{зч} = 10\% \cdot S_{\text{оборудования}} = 10\% \cdot 70\,000 \text{ тыс. руб.} = 7\,000 \text{ тыс. руб.}$$

#### *Затраты на вспомогательные материалы*

Принимаются как 10% от стоимости затрат на запасные части.

$$S_{\text{вм}} = 10\% \cdot S_{зч} = 10\% \cdot 7\,000 \text{ тыс. руб.} = 700 \text{ тыс. руб.}$$

#### *Затраты на электроэнергию*

Все оборудование на дизельном приводе. Основные работы ведутся в светлое время суток. Расходы на электроэнергию, связанные с технологическим комплексом по переработке горной массы на предприятии принимаются равными нулю.

#### *Затраты на горюче-смазочные материалы*

Самосвал МАЗ 6517Х9-410-051 имеет паспортный расход дизтоплива ( $q_m$ ) 38 л/100км.

Фактический расход топлива определяется по формуле 4.2:

$$q'_m = q_m \cdot K_z \cdot K_n \cdot K_m / 100 \text{ км}, \quad (4.2)$$

где  $q_m$  - расход топлива, л/100 км;

$K_z = 1,2$  – коэффициент, учитывающий работу в зимнее время;

$K_n = 1,05$  – коэффициент, учитывающий расходы на внутригаражные нужды;

$K_m = 1,2$  – коэффициент, учитывающий дополнительные расходы топлива на собственные нужды машины;

$$q'_m = 38 \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot 1,2 = 58 \text{ л /100 км};$$

При общем годовом пробеге 45737 км для выполнения годового объема работы расход дизельного топлива составит 26528 л/год.

Нормированный расход дизельного топлива экскаватора Volvo EC290 BLC при нормальной рабочей нагрузке составляет 14 л/час. С учетом условий эксплуатации вводим поправочный коэффициент к норме расхода в процентах – работа в зимнее время - 15%, работа в карьере 12%. Итого 27%.

Годовой расход дизтоплива экскаватора Volvo EC290 BLC

$$Q_n = (14 \cdot 1,27) \cdot 334 \cdot 8 \cdot 440/480 = 43550 \text{ л/год.}$$

Нормированный расход дизельного топлива экскаватора Hitachi 330ZX при нормальной рабочей нагрузке составляет 38,5 л/час. С учетом условий эксплуатации в зимнее время 15%.

Годовой расход дизельного топлива экскаватора Hitachi 330ZX

$$Q_n = (38,5 \cdot 1,15) \cdot 2016 = 89259 \text{ л/год.}$$

Нормативный расход дизельного топлива для фронтального погрузчика JCB456ZX на погрузке (разгрузке) и перемещении грунта составляет 12,5 л/час.

С учетом работы в зимнее время годовой расход топлива составит

$$Q_n = (12,5 \cdot 1,15) \cdot 304 \cdot 8 \cdot 440/480 = 32047 \text{ л/год.}$$

Годовой расход дизельного топлива для фронтального погрузчика John Deere WL 56 на погрузке (разгрузке) и перемещении грунта с учетом работы в зимнее время составит

$$Q_n = (12,5 \cdot 1,15) \cdot 324 \cdot 8 \cdot 440/480 = 34155 \text{ л/год.}$$

Часовые расходы дизельного топлива мобильных дробильных и сортировочных установок приняты по опыту эксплуатации:

Warrior 1800 – 17 л/ч;

Maxtrak 1000 – 25 л/ч;

Chieftain 2100 (3-Deck) – 16 л/ч.

Годовые расходы мобильных установок с учетом работы в зимнее время:

Warrior 1800  $Q_n = (17 \cdot 1,15) \cdot 2016 = 39413 \text{ л/год;}$

Maxtrak 1000  $Q_n = (25 \cdot 1,15) \cdot 1232 = 35420 \text{ л/год;}$

Chieftain 2100  $Q_n = (16 \cdot 1,15) \cdot 1232 = 22669 \text{ л/год.}$

Результаты общих годовых расходов дизельного топлива оборудования, занятого на переработке полезного ископаемого сведены в таблицу 4.9.

Таблица 4.9 – Годовые расходы дизельного топлива оборудования, занятого на получении готовой продукции

Наименование оборудования	Годовой расход дизельного топлива, л/год
Самосвал МАЗ 6517Х9-410-051	26528
экскаватора Volvo EC290 BLC	43550
экскаватора Hitachi 330ZX	89259
погрузчика JCB456ZX	32047
погрузчика John Deere WL 56	34155
Warrior 1800	39413
Maxtrak 1000	35420
Chieftain 2100 (3-Deck)	22669
Всего	323041

Средняя оптовая цена на дизельное топливо в мае 2020 года составила 46,6 руб./л.

Расходы на дизельное топливо составят 15054 тыс.руб./год.

Затраты на смазочные масла и смазки принимаются равными 5% от общего расхода топлива и составляют 753 тыс. руб./год.

Общие расходы на горюче-смазочные материалы составляют 15807 тыс.руб./год.

#### *Затраты на оплату труда с учетом отчислений ЕСН*

С выплат, начисленных сотрудникам работодатель делает ежемесячные отчисления:

- на пенсионное страхование – 22%;
- на медицинское страхование – 5,1%;
- на страхование на случай временной нетрудоспособности или материнства (ВНиМ) – 2,9%;
- на страхование от несчастных случаев или профессиональных заболеваний – 1,5%.

Сумма затрат на оплату труда

$$S_{от} = N \cdot C \cdot (100\% + 22\% + 5,1\% + 2,9\% + 1,5\%), \text{ тыс. руб.}$$

где N – численность работников, чел;

C – средняя оплата труда, тыс. руб.

$$S_{от} = 18 \cdot 35 \cdot (100\% + 22\% + 5,1\% + 2,9\% + 1,5\%) = 828,5 \text{ тыс. руб.}$$

Результаты расчёта эксплуатационных затрат представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 - Сводная ведомость эксплуатационных затрат

Статьи затрат	Ед. измерения	Значения
Издержки на персонал с учетом отчислений в ЕНС	тыс. руб./год	828,5
Затраты на запасные части производственного оборудования		7000
Вспомогательные материалы производственного назначения		700
Амортизационные отчисления		11200
Затраты на ГСМ		15807
Итого		35535,5
Прочие неучтённые затраты		3553,5
Внепроизводственные расходы		2132
Итого эксплуатационные затраты при переработке горной массы		41221
Прочие эксплуатационные затраты предприятия		10305
Общие эксплуатационные затраты при отработке месторождения		51526
Итого удельные эксплуатационные затраты	руб./м <sup>3</sup>	171,8

#### *Амортизационные отчисления*

Ставку амортизации принимаем равной 16%. Сумма амортизационных отчислений составит 11200 тыс. руб./год.

#### *Внепроизводственные расходы*

Принимаем равными 6% от затрат на производство товарной продукции.

Результаты расчета налога на прибыль и других отчислений приведены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Результаты расчета налогов

Показатель	Значение показателя, тыс. руб.
Выручка от реализации продукции	88238
Полная коммерческая себестоимость	51526
Балансовая прибыль (прибыль валовая)	36712
Отчисления в резервный фонд, 5%	1835,6
НДПИ, 5,5%	2019,2
Отчисления в дорожный фонд, 1%	367,1
Налог на имущество, 1,9,%	697,5
Налогооблагаемая прибыль	31792,6
Налог на прибыль, 20%	6358,5
Прибыль чистая среднегодовая	25434,1
ЕВИТДА – прибыль до уплаты налогов, процентов и амортизации	47912

#### **4.3 Технико-экономическая оценка реализации предлагаемых организационно-технических решений по разработке месторождения валунно-песчано-гравийного материала «Анскино-2»**

Подробно рассмотрим два варианта организации технологической схемы по переработке исходной горной массы в соответствии с разработанной Классификацией (таблица 3.1).

В обоих вариантах исходим из того, что работу необходимо организовать наиболее эффективным способом с учетом имеющегося оборудования и для получения той же товарной продукции, а именно:

- песка крупностью 0-5 мм;
- щебня из гравия фракции 5-20 мм;
- щебня из гравия фракции 20-40 мм;
- щебня из гравия фракции 40-70 мм;
- песка из отсевов дробления крупностью 0-5 мм;
- валунов крупностью 160-300 мм.

Объемы отгрузки и формируемых складов готовой продукции соответствуют объемам, принятым на действующей технологической линии.

Для обоснования принятых решений, а также выборе наиболее эффективного варианта построения технологической схемы проведем технико-экономический анализ предлагаемых вариантов.

#### Первый вариант

Сортировочная установка Warrior 1800 с промышленной площадки перемещается в карьер и устанавливается в добычном забое, под погрузку экскаватором.

При построении технологической схемы по варианту 1 основные технические решения по добыче и переработке полезного ископаемого будут выглядеть следующим образом:

- загрузка полезного ископаемого крупностью 0-300 мм экскаватором Volvo EC290 BLC непосредственно в забое в наклонный пластинчатый питатель сортировочной установки Warrior 1800 (первая стадия переработки);

- грохочение на ситах СУ Warrior 1800 с размером ячеек 160 мм и 5 мм;

- продукты сортировки – гравийно-валунный материал 5-160 мм, гравий и валуны крупностью 160-300 мм и песок фракции 0-5 мм складироваться на открытых конусных складах;

- погрузка погрузчиком John Deere WL56 продуктов сортировки:

- песка фракции 0-5 мм в автотранспорт потребителей (50%), либо в собственный (50%) для последующего транспортирования в склад песка;

- гравия и валунов крупностью 160-300 мм в автотранспорт потребителей;

- гравийно-валунного материала крупностью 5-160 мм в собственный автотранспорт – автосамосвалы МАЗ 6517Х9-(410-051), с целью транспортировки на промплощадку в буферный склад и последующей переработки;

- загрузка из буферного склада экскаватором Hitachi 330ZX гравийно-валунного материала крупностью 5-160 мм в приемный бункер конусной дробильно-сортировочной установки Maxtrak 1000 (вторая стадия переработки).

- дробление гравийно-валунного материала крупностью 5-160 мм в конусной дробилке с последующим товарным грохочением на сортировочной установ-

ке Chieftain 2100 (3-Deck) с ситами 5, 20, 40 мм с выделением фракций 0-5 мм, 5-20 мм, 20-40 мм, 40-70 мм;

– готовая продукция складирована на открытых конусных складах и отгружается пневмоколёсным погрузчиком JCB456ZX в автомобильный транспорт потребителей, либо транспортируется в склады готовой продукции;

– технологическое оборудование размещается на открытых площадках.

Материальный баланс переработки песчано-гравийной смеси крупностью 0-300 мм по варианту 1 полностью соответствует действующей на предприятии технологической схеме и приведен в таблицах 4.2 и 4.3.

Рассчитаем необходимое количество смен работы горнотранспортного оборудования для выполнения годовых объемов работы для технологической схемы в соответствии с вариантом 1. Расчет приведен в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Результаты расчёта потребности в горном и технологическом оборудовании

Показатели	Ед. изм.	Расчет	Количество
Экскаватор Volvo EC290 BLC (в карьере)			
Добычные работы (экскавация горной массы крупностью 0-300 мм из массива и погрузка в СУ Warrior 1800)			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.2	300 000
Сменная производительность экскаватора	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1100
Количество смен работы экскаватора	маш.-смен.	300 000/1100	273
Погрузчик John Deere WL 56 (в карьере)			
Отгрузка гравийно-валунного материала крупностью 5-160 мм			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.2	148 400
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	800
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	148 400/800	186
Отгрузка песка фр. 0-5 мм			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.2	222 500
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1500
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	222 500/1500	149
Отгрузка валунов кр. 160-300 мм			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.2	3 800
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1000
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	3 800/1 000	4

## Продолжение таблицы 4.12

Показатели	Ед. изм.	Расчет	Количество
Экскаватор Hitachi 330ZX (на промплощадке)			
Загрузка гравийно-валунного материала крупностью 5-160 мм из буферного склада в установку Maxtrak 1000			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.2	148 400
Сменная производительность экскаватора	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1 200
Количество смен работы экскаватора	маш.-смен.	148 400/1 200	124
Погрузчик JCB456ZX			
Отгрузка песка из отсевов дробления крупностью 0-5 мм в автотранспорт			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.3	43 600
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1 500
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	43 600/1 500	29
Отгрузка щебня фракции 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм в автотранспорт потребителей			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.3	110 000
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1 250
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	110 000/1 250	88
Транспортировка щебня фракции 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм в склады готовой продукции			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.3	22 000
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	650
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	22 000/650	34

Учитывая суммарные затраты времени на выполнение работ и режим работы (350 рабочих смен в году) необходимо следующее количество оборудования:

Экскаватор Volvo EC290 BLC – 1 шт.;

Экскаватор Hitachi 330ZX (в карьере) – 1 шт.;

Погрузчик John Deere WL 56– 1 шт.;

Погрузчик JCB456ZX– 1 шт.

Внутренним автотранспортом предприятия при первом из предлагаемых вариантов будут осуществляться следующие виды перевозок:

– транспортировка гравийно-валунного материала крупностью 5-160 мм в буферный склад на промышленной площадке;

– транспортировка песков из отсевов грохочения и отсевов дробления фракции 0-5 мм в склады.

Транспортирование полезного ископаемого и песков предусматривается осуществлять автомобильным транспортом – самосвалами МАЗ 6517х9-(410-051), грузоподъемностью 19,0 т.

Средняя дальность транспортировки гравийно-валунного материала крупностью 5-160 мм в буферный склад составит 0,6 км.

Средняя дальность транспортировки песков до складов составит 0,3 км.

Средняя скорость транспортирования 20 км/ч.

Исходные данные для расчета карьерного транспорта для варианта 1 приведены в таблице 4.13.

Для расчета принимается первый год разработки месторождения – год с максимальным объемом перевозок внутренним автотранспортом.

Проведём оценку капитальных затрат при переработке по варианту 1 по аналогии с расчетом для действующей в настоящее время схемы переработки.

#### *Затраты на запасные части*

Стоимость запасных частей

$$S_{зч} = 10\% \cdot S_{\text{оборудования}} = 10\% \cdot 63\,000 \text{ тыс. руб.} = 6\,300 \text{ тыс. руб.}$$

#### *Затраты на вспомогательные материалы*

$$S_{\text{вм}} = 10\% \cdot S_{зч} = 10\% \cdot 6\,300 \text{ тыс. руб.} = 630 \text{ тыс. руб.}$$

Таблица 4.13 – Исходные данные для расчета карьерного транспорта

Наименование	Ед. изм.	Гравийно-валунный материал кр. 5-160 мм	Пески-отсевы грохочения	Пески-отсевы дробления
Режим работы:				
- количество смен в году	смен.	350	350	350
- продолжительность смены	ч	8	8	8
Годовой объем перевозок	м <sup>3</sup>	148 400	111 250	21 800
Годовой объем перевозок	т	210 700	169 100	31 600
Тип погрузочного механизма		John Deere WL 56	JCB456ZX	JCB456ZX
Число погрузочных механизмов	шт.	1	1	1
Объемный вес породы	т/м <sup>3</sup>	1,42	1,52	1,45
Коэффициент экскавации	т/м <sup>3</sup>	1	1	1
Емкость ковша погрузочного механизма	м <sup>3</sup>	3,1	3,1	3,1
Средняя масса груза в ковше	т	4,40	4,71	4,50
Среднее время цикла	Мин.	0,6	0,6	0,6

Расчет необходимого количества автосамосвалов при первом варианте переработки, сведен в таблицу 4.14.

Таблица 4.14 – Расчет необходимого количества автосамосвалов

Наименование	Гравийно-валунный материал кр. 5-160 мм	Пески-отсевы грохочения	Пески-отсевы дробления
Годовой объем перевозок, т	210 700	169 100	31 600
Масса, перевозимая за один рейс, т	17,60	18,84	18,00
Время рейса в т.ч.:	10,0	8,2	8,2
Коэффициент, учитывающие неравномерность подачи и использование во времени	0,9		
Сменное число рейсов, шт.	39	47	47
Производительность в смену, т/см	686,4	885,5	846,0
Годовое число рейсов, смен	307	191	38
Необходимое количество автосамосвалов, шт.	1	1	
Пробег за год, км	15805	5925	1179
Общий годовой пробег, км	22909		

Численный и профессионально-технический состав занятых на работах, связанных с добычей, транспортировкой и переработкой песчано-гравийной смеси на предприятии при ведении работ по варианту 1 представлен в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Численный и профессионально-технический состав работающих

Цех, профессия	Группы произв. процессов	Число работников	
		В смену	Списочный состав
Машинист экскаватора Volvo EC290BLC	16, 2г	1	2
Машинист экскаватора Hitachi 330ZX	16, 2г	1	2
Дробильщик	16, 2г	1	2
Грохотовщик	16, 2г	1	2
Машинист погрузчика JCB456ZX	16, 2г	1	2
Машинист погрузчика JDWL56	16, 2г	1	2
Водитель автосамосвала МАЗ 65179Х	1в	2	3
Итого		8	15

#### *Затраты на горюче-смазочные материалы*

Самосвал МАЗ 6517Х9-410-051 имеет паспортный расход дизтоплива ( $q_m$ ) 38 л/100км.

Фактический расход топлива

$$q'_m = 38 \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot 1,2 = 58 \text{ л /100 км};$$

При общем годовом пробеге 22909 км для выполнения годового объема работы расход дизельного топлива составит 13288 л/год.

Годовой расход дизельного топлива экскаватора Volvo EC290 BLC

$$Q_n = (14 \cdot 1,27) \cdot 273 \cdot 8 \cdot 440/480 = 35596 \text{ л/год.}$$

Годовой расход дизельного топлива экскаватора Hitachi 330ZX

$$Q_n = (38,5 \cdot 1,15) \cdot 1232 = 54547 \text{ л/год.}$$

С учетом работы в зимнее время годовой расход топлива погрузчика JCB456ZX составит

$$Q_n = (12,5 \cdot 1,15) \cdot 151 \cdot 8 \cdot 440/480 = 15918 \text{ л/год.}$$

Годовой расход дизельного топлива для фронтального погрузчика John Deere WL 56 на погрузке (разгрузке) и перемещении грунта с учетом работы в зимнее время составит

$$Q_n = (12,5 \cdot 1,15) \cdot 339 \cdot 8 \cdot 440/480 = 35737 \text{ л/год.}$$

Годовые расходы мобильных установок с учетом работы в зимнее время:

Warrior 1800  $Q_n = (17 \cdot 1,15) \cdot 2016 = 39413 \text{ л/год.}$

Maxtrak 1000  $Q_n = (25 \cdot 1,15) \cdot 1232 = 35420 \text{ л/год.}$

Chieftain 2100  $Q_n = (16 \cdot 1,15) \cdot 1232 = 22669 \text{ л/год.}$

Общие годовые расходы дизельного топлива оборудования, занятого на переработке полезного ископаемого по варианту 1 сведены в таблицу 4.16.

Таблица 4.16 – Годовые расходы дизельного топлива оборудования, занятого на получении готовой продукции

Наименование оборудования	Годовой расход дизельного топлива, л/год
Самосвал МАЗ 6517Х9-410-051	13288
экскаватора Volvo EC290 BLC	35596
экскаватора Hitachi 330ZX	54547
погрузчика JCB456ZX	15918
погрузчика John Deere WL 56	35737
Warrior 1800	39413
Maxtrak 1000	35420
Chieftain 2100 (3-Deck)	22669
Всего	252588

Средняя оптовая цена на дизельное топливо в мае 2020 года составила 46,6 руб./л.

Расходы на дизельное топливо составят 11800 тыс.руб./год.

Затраты на смазочные масла и смазки составляют 590 тыс. руб./год.

Общие расходы на горюче-смазочные материалы составляют 12390 тыс. руб./год.

*Затраты на оплату труда с учетом отчислений ЕСН*

$$S_{от} = 15 \cdot 35 \cdot (100\% + 22\% + 5,1\% + 2,9\% + 1,5\%) = 690,4 \text{ тыс. руб.}$$

*Амортизационные отчисления*

Сумма амортизационных отчислений составит 10240 тыс. руб./год.

*Внепроизводственные расходы*

Результаты определения эксплуатационных затрат по варианту 1 представлены в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Сводная ведомость эксплуатационных затрат

Статьи затрат	Ед. измерения	Значения
Издержки на персонал с учетом отчислений в ЕНС	тыс. руб./год	690,4
Затраты на запасные части производственного оборудования	тыс. руб./год	6300
Вспомогательные материалы производственного назначения	тыс. руб./год	630
Амортизационные отчисления	тыс. руб./год	10240
Затраты на ГСМ	тыс. руб./год	12390
Итого	тыс. руб./год	30250,4
Прочие неучтенные затраты	тыс. руб./год	3025
Внепроизводственные расходы	тыс. руб./год	1815
Итого эксплуатационные затраты при переработке горной массы	тыс. руб./год	35090,4
Прочие эксплуатационные затраты предприятия	тыс. руб./год	10305
Общие эксплуатационные затраты при отработке месторождения	тыс. руб./год	45395,4
Итого удельные эксплуатационные затраты	руб./м <sup>3</sup>	151,3

Результаты расчета налога на прибыль и других отчислений приведены в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Результаты расчета налогов

Показатель	Значение показателя, тыс. руб.
Выручка от реализации продукции	88238
Полная коммерческая себестоимость	45395,4
Балансовая прибыль (прибыль валовая)	42842,6
Отчисления в резервный фонд, 5%	2142,1

*Продолжение таблицы 4.18*

НДПИ, 5,5%	2356,3
Отчисления в дорожный фонд, 1%	428,4
Показатель	Значение показателя, тыс. руб.
Налог на имущество, 1,9,%	814
Налогооблагаемая прибыль	37101,8
Налог на прибыль, 20%	7420,4
Прибыль чистая среднегодовая	29681,4
ЕВITDA – прибыль до уплаты налогов, процентов и амортизации	53082,6

При реализации данной технологической схемы переработки песчано-гравийного материала необходимо на 2 самосвала меньше, чем при существующей схеме. Продажа 2 высвободившихся самосвалов может принести дополнительный доход в размере 7 млн. руб.

#### Второй вариант

В связи с особенностями разработки месторождения «Анскино», а именно большой высоты понижаемого бульдозером уступа (до 35 м), качественные показатели горной массы стабилизируются (формирование усреднительного склада не требуется), и при подборе оптимального выемочно-погрузочного оборудования можно выстроить технологическую схему переработки, в соответствии с которой вся технологическая цепочка по переработке песчано-гравийной смеси будет выстроена последовательно в непосредственной близости от добычного забоя.

При этом варианте вся технологическая цепочка организуется в карьере. Мобильная сортировочная установка Warrior 1800 устанавливается непосредственно в забое, остальное оборудование устанавливается последовательно за сортировочной установкой.

Построение технологической схемы в соответствии с вариантом 2 было бы возможно при стабилизации качества поступающего на переработку сырья и подборе оптимального выемочно-погрузочного оборудования, позволяющего использовать полные мощности (обеспечить нагрузку на мобильную дробильно-сортировочную установку) имеющихся мобильных комплексов и выстроить линейную технологическую схему переработки, при которой материал крупностью

5-160 мм после сортировки конвейером подается в дробильную установку. Как видно из данных, представленных в таблице 4.2, материал подается на сортировочную установку Warrior 1800 с нагрузкой 275 т/ч, что обусловлено загрузкой приемного бункера сортировочной установки экскаватором Hitachi 330ZX с ковшом емкостью 1,5 м<sup>3</sup>.

Учитывая, что по качественно-количественной схеме известны процентные выходы готовой продукции МДСК, а также оптимальная нагрузка на дробильно-сортировочную установку Maxtrak 1000, с помощью таблицы материального баланса (таблица 4.19) можно определить необходимую нагрузку на сортировочную установку Warrior 1800, которая позволит организовать линейную технологическую схему по переработке исходной горной массы, при которой установка Maxtrak 1000 устанавливается сразу после установки Warrior 1800.

Таблица 4.19 – Материальный баланс по первой стадии переработки

Наименование	Насыпная плотность, т/м <sup>3</sup>	Выход, %	Производительность		
			т/ч	тыс. т/год	тыс. м <sup>3</sup> /год
Карьер: первая стадия – сортировка полезного ископаемого					
Полезное ископаемого 0-300 мм	1,54	100	450,00	554,4	360,0
Песок крупностью 0-5 мм	1,52	61	274,50	338,2	222,5
Гравийно-валунный материал крупностью 5-160 мм	1,42	38	171,00	210,7	148,4
Валуны крупностью 160-300 мм	1,45	1	4,50	5,5	3,8
Итого переработанного материала		100	450,00	554,4	374,7
Карьер: вторая стадия – дробление и товарное грохочение полезного ископаемого					
Гравийно-валунный материал крупностью 5-160 мм	1,42	100	171,00	210,7	148,4
Щебень фракции св. 5 до 20 мм	1,34	30	51,30	63,2	47,2
Щебень фракции св. 20 до 40 мм	1,34	35	59,85	73,8	55,1
Щебень фракции св. 40 до 70 мм	1,36	5	8,55	10,5	7,7
Итого щебня		70	119,70	147,5	110,0
Песок из отсевов дробления фракции 0-5 мм	1,45	30	51,30	63,2	43,6
Итого готовой продукции		100	171,00	210,7	153,6

Определение необходимой производительности по загрузке сортировочной установки Warrior 1800 позволит определить типоразмер экскаватора, осуществляющего загрузку в приемную зеву агрегата грохочения, а также эффективный фонд рабочего времени, необходимый для переработки годового объема добываемого полезного ископаемого.

Эффективный фонд времени работы оборудования ( $T_{\text{ч}}$ ) определяется по формуле 4.3 и составляет 1232 ч.

$$T_{\text{ч}} = Q_{\text{г}} / Q_{\text{ч}}, \text{ ч} \quad (4.3)$$

где  $Q_{\text{г}}$  – годовая производительность, тыс. т/год,  $Q_{\text{г}} = 554,4$  тыс. т/год;

$Q_{\text{ч}}$  – часовая производительность, т/год,  $Q_{\text{ч}} = 450,0$  т/год;

Определим коэффициент использования рабочих смен в году, формула 4.4:

$$k_{\text{с}} = k_{\text{в}} / k_{\text{и}} \quad (4.4)$$

где  $k_{\text{с}}$  – коэффициент использования оборудования во времени, формула 4.5:

$$k_{\text{в}} = T_{\text{ч}} / T \quad (4.5)$$

где  $T_{\text{ч}}$  – эффективный фонд времени оборудования, ч; составляет 1232 ч;

$T$  – календарный фонд времени оборудования, ч; составляет 2800 ч;

$k_{\text{и}}$  – коэффициент, учитывающий использование оборудования в смену;  $k_{\text{и}} = 0,9$

$$k_{\text{с}} = 1232 / (2800 * 0,9) = 0,5$$

Таким образом, для выполнения годового объема переработки горной массы необходимо 175 смен работы оборудования.

Для построения технологической схемы переработки горной массы по варианту 2, при котором установка Maxtrak 1000 устанавливается сразу после установки Warrior 1800, необходимо приобретение экскаватора с объемом ковша 2,5-3,0 м<sup>3</sup>. Для технико-экономического обоснования принимаем, что недропользователь приобретает экскаватор Volvo EC 360 D взамен существующего экскаватора Volvo EC 290 BLC, с доплатой 2 млн. рублей.

При построении технологической схемы по варианту 2 основные технические решения по добыче и переработке полезного ископаемого будут выглядеть следующим образом:

– загрузка полезного ископаемого крупностью 0-300 мм экскаватором Volvo EC 360 D непосредственно в забое в наклонный пластинчатый питатель сортировочной установки Warrior 1800 (первая стадия переработки);

– грохочение на ситах СУ Warrior 1800 с размером ячеек 160 мм и 5 мм;

– продукты сортировки – гравий и валуны крупностью 160-300 мм и песок фракции 0-5 мм складированы на открытых конусных складах;

– погрузка погрузчиком John Deere WL56 продуктов сортировки:

– песка фракции 0-5 мм в автотранспорт потребителей (50%), либо в собственный (50%) для последующего транспортирования в склад песка;

– гравия и валунов крупностью 160-300 мм в автотранспорт потребителей;

– подача гравийно-валунного материала крупностью 5-160 мм конвейером установки Warrior 1800 в приемный бункер конусной дробилки Maxtrak 1000 (вторая стадия переработки).

– дробление гравийно-валунного материала крупностью 5-160 мм в конусной дробилке с последующим товарным грохочением на сортировочной установке Chieftain 2100 (3-Deck) с ситами 5, 20, 40 мм с выделением фракций 0-5 мм, 5-20 мм, 20-40 мм, 40-70 мм;

– готовая продукция складирована на открытых конусных складах и отгружается пневмоколёсным погрузчиком JCB456ZX в автомобильный транспорт потребителей, либо транспортируется в склады готовой продукции;

– технологическое оборудование размещается на открытых площадках.

Материальный баланс переработки песчано-гравийной смеси крупностью 0-300 мм по варианту 2 приведен в таблице 4.20.

Таблица 4.20 – Результаты расчёта потребности в горном и технологическом оборудовании

Показатели	Ед. изм.	Расчет	Количество
Экскаватор Volvo EC360 D (в карьере)			
Добычные работы (экскавация горной массы кр. 0-300 мм из массива и погрузка в СУ Warrior 1800)			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.2	300 000
Сменная производительность экскаватора	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	2400
Количество смен работы экскаватора	маш.-смен.	300 000/2 400	125

## Продолжение таблицы 4.20

Показатели	Ед. изм.	Расчет	Количество
Погрузчик John Deere WL 56 (в карьере)			
Отгрузка песка фр. 0-5 мм			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.2	222 500
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1500
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	222 500/1500	149
Отгрузка валунов кр. 160-300 мм			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.2	3 800
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1000
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	3 800/1 000	4
Погрузчик JCB456ZX (в карьере)			
Отгрузка песка из отсевов дробления кр. 0-5 мм в автотранспорт			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.3	43 600
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1 500
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	43 600/1 500	29
Отгрузка щебня фр. 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм в автотранспорт			
Объем работ	м <sup>3</sup>	см. табл. 4.3	110 000
Сменная производительность погрузчика	м <sup>3</sup> /смен.	см. табл. 4.4	1 250
Количество смен работы погрузчика	маш.-смен.	110 000/1 250	88

Рассчитаем необходимое количество смен работы горнотранспортного оборудования для выполнения годовых объемов работы для технологической схемы в соответствии с вариантом 2.

Учитывая суммарные затраты времени на выполнение работ и режим работы (350 рабочих смен в году) необходимо следующее количество оборудования:

Экскаватор Volvo EC290 BLC – 1 шт.;

Погрузчик John Deere WL 56– 1 шт.;

Погрузчик JCB456ZX– 1 шт.

Внутренним автотранспортом предприятия при втором из предлагаемых вариантов будут осуществляться следующие виды перевозок:

- транспортировка щебня фракций 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм в склады готовой продукции, расположенные на промышленной площадке предприятия;
- транспортировка песков из отсевов грохочения и отсевов дробления фр. 0-5 мм в склады.

Транспортирование полезного ископаемого и песков предусматривается осуществлять автомобильным транспортом – самосвалами МАЗ 6517х9-(410-051), грузоподъемностью 19,0 т.

Средняя дальность транспортировки щебня фракций 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм в склады готовой продукции составит 0,6 км.

Средняя дальность транспортировки песков до складов составит 0,3 км

Исходные данные для расчета карьерного транспорта для варианта 1 приведены в таблице 4.21.

Для расчета принимается первый год разработки месторождения – год с максимальным объемом перевозок внутренним автотранспортом.

Произведем оценку капитальных затрат при переработке по варианту 1 по аналогии с расчетом для действующей в настоящее время схемы переработки.

*Затраты на запасные части*

$$S_{зч} = 10\% \cdot S_{оборудования} = 10\% \cdot 56000 \text{ тыс. руб.} = 5600 \text{ тыс. руб.}$$

Таблица 4.21 – Исходные данные для расчета карьерного транспорта

Наименование	Ед. изм.	щебень фр. 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм в склады готовой продукции	Пески-отсевы грохочения	Пески-отсевы дробления
Режим работы:				
- количество смен в году	смен.	350	350	350
- продолжительность смены	ч	8	8	8
Годовой объем перевозок	м <sup>3</sup>	148 400	111 250	21 800
Годовой объем перевозок	т	210 700	169 100	31 600
Тип погрузочного механизма		John Deere WL 56/ JCB456ZX		
Число погрузочных механизмов	шт.	1	1	1
Объемный вес породы	т/м <sup>3</sup>	1,3414*	1,52	1,45
Коэффициент экскавации	т/м <sup>3</sup>	1	1	1
Емкость ковша погрузочного механизма	м <sup>3</sup>	3,1	3,1	3,1
Средняя масса груза в ковше	т	4,16	4,71	4,50
Среднее время цикла	Мин.	0,6	0,6	0,6

\* – средневзвешенный объемный вес

Расчет необходимого количества автосамосвалов при первом варианте переработки сведен в таблицу 4.22.

Таблица 4.22 – Расчет необходимого количества автосамосвалов

Наименование	Гравийно-валунный материал кр. 5-160 мм	Пески-отсевы грохочения	Пески-отсевы дробления
Годовой объем перевозок, т	29 500	169 100	31 600
Масса, перевозимая за один рейс, т	16,64	18,84	18,00
Время рейса в т.ч.:	10,0	8,2	8,2
Коэффициент, учитывающие неравномерность подачи и использование во времени	0,9		
Сменное число рейсов, шт.	39	47	47
Производительность в смену, т/смен.	649,0	885,5	846,0
Годовое число рейсов, смен	46	191	38
Необходимое количество автосамосвалов, шт.	1		
Пробег за год, км	2368	2368	2368
Общий годовой пробег, км	9472		

Численный и профессионально-технический состав занятых на работах, связанных с добычей, транспортировкой и переработкой песчано-гравийной смеси на предприятии при ведении работ по варианту 1 представлен в таблице 4.23.

Таблица 4.23 – Численный и профессионально-технический состав работающих

Цех, профессия	Группы произв. процессов	Число работников	
		В смену	Списочный состав
Машинист экскаватора Volvo EC290BLC	1б, 2г	1	2
Машинист экскаватора Hitachi 330ZX	1б, 2г	1	2
Дробильщик	1б, 2г	1	2
Грохотовщик	1б, 2г	1	2
Машинист погрузчика JCB456ZX	1б, 2г	1	2
Машинист погрузчика JDWL56	1б, 2г	1	2
Водитель автосамосвала MA3 65179X	1в	7	2
Итого		8	14

*Затраты на вспомогательные материалы*

$$S_{\text{вм}} = 10\% \cdot S_{\text{зч}} = 10\% \cdot 5600 \text{ тыс. руб.} = 560 \text{ тыс. руб.}$$

*Затраты на горюче-смазочные материалы*

Самосвал MA3 6517X9-410-051 имеет паспортный расход дизтоплива ( $q_m$ ) 38 л/100км.

Фактический расход топлива

$$q'_m = 38 \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot 1,2 = 58 \text{ л/100 км};$$

При общем годовом пробеге 9472 км для выполнения годового объема работы расход дизельного топлива составит 5494 л/год.

Годовой расход дизельного топлива экскаватора Volvo EC 360 D

$$Q_n = (16 \cdot 1,27) \cdot 125 \cdot 8 \cdot 440/480 = 18627 \text{ л/год.}$$

С учетом работы в зимнее время годовой расход топлива погрузчика JCB456ZX составит

$$Q_n = (12,5 \cdot 1,15) \cdot 117 \cdot 8 \cdot 440/480 = 12334 \text{ л/год.}$$

Годовой расход дизельного топлива для фронтального погрузчика John Deere WL 56 на погрузке (разгрузке) и перемещении грунта с учетом работы в зимнее время составит

$$Q_n = (12,5 \cdot 1,15) \cdot 153 \cdot 8 \cdot 440/480 = 16129 \text{ л/год.}$$

Годовые расходы мобильных установок с учетом работы в зимнее время:

Warrior 1800  $Q_n = (17 \cdot 1,15) \cdot 1232 = 24086 \text{ л/год};$

Maxtrak 1000  $Q_n = (25 \cdot 1,15) \cdot 1232 = 35420 \text{ л/год};$

Chieftain 2100  $Q_n = (16 \cdot 1,15) \cdot 1232 = 22669 \text{ л/год.}$

Общие годовые расходы дизельного топлива оборудования, занятого на переработке полезного ископаемого по варианту 1 сведены в таблицу 4.24.

Таблица 4.24 – Годовые расходы дизельного топлива оборудования, занятого на получении готовой продукции

Наименование оборудования	Годовой расход дизельного топлива, л/год
Самосвал МАЗ 6517Х9-410-051	5494
экскаватора Volvo EC 360 D	18627
погрузчика JCB456ZX	12334
погрузчика John Deere WL 56	16129
Warrior 1800	24086
Maxtrak 1000	35420
Chieftain 2100 (3-Deck)	22669
Всего	134759

Средняя оптовая цена на дизельное топливо в мае 2020 года составила 46,6 руб./л.

Расходы на дизельное топливо составят 6300 тыс. руб./год.

Затраты на смазочные масла и смазки составляют 315 тыс. руб./год.

Общие расходы на горюче-смазочные материалы составляют 6615 тыс. руб./год.

*Затраты на оплату труда с учетом отчислений ЕСН*

$$S_{от} = 14 \cdot 35 \cdot (100\% + 22\% + 5,1\% + 2,9\% + 1,5\%) = 644,4 \text{ тыс. руб.}$$

*Амортизационные отчисления*

Сумма амортизационных отчислений составит 8960 тыс. руб./год.

*Внепроизводственные расходы*

Эксплуатационные затраты по варианту 2 представлены в таблице 4.25.

При реализации технологической схемы переработки песчано-гравийного материала по второму варианту необходимо на 3 самосвала меньше и отпадает надобность в наличии второго экскаватора, по сравнению с существующей технологией переработки.

Таблица 4.25 – Сводная ведомость эксплуатационных затрат

Статьи затрат	Ед. измерения	Значения
Издержки на персонал с учетом отчислений в ЕНС	тыс. руб./год	644,4
Затраты на запасные части производственного оборудования		5600
Вспомогательные материалы производственного назначения		560
Амортизационные отчисления		8960
Затраты на ГСМ		6615
Итого		22379,4
Прочие неучтенные затраты		2238
Внепроизводственные расходы		1343
Итого эксплуатационные затраты при переработке горной массы		25960,4
Прочие эксплуатационные затраты предприятия		10305
Общие эксплуатационные затраты при отработке месторождения		36265,4
Итого удельные эксплуатационные затраты		руб./м <sup>3</sup>

Результаты расчета налога на прибыль и других отчислений приведены в таблице 4.26.

Таблица 4.26 – Результаты расчета налогов

Показатель	Значение показателя, тыс. руб.
Выручка от реализации продукции	88238
Полная коммерческая себестоимость	36265,4
Балансовая прибыль (прибыль валовая)	51972,6
Отчисления в резервный фонд, 5%	2598,1
НДПИ, 5,5%	2858,5
Отчисления в дорожный фонд, 1%	519,7
Налог на имущество, 1,9,%	987,5
Налогооблагаемая прибыль	45008,8
Налог на прибыль, 20%	9001,8
Прибыль чистая среднегодовая	36007
ЕВИТДА – прибыль до уплаты налогов, процентов и амортизации	60932,6

Продажа 3 высвободившихся самосвалов и второго экскаватора, с учетом обмена первого экскаватора на более мощный с доплатой 2 млн. руб. может принести дополнительный доход в размере 12 млн. руб.

Сравним чистый дисконтированный доход существующего и предлагаемых вариантов отработки месторождения «Анскино-2» исходя из проектного срока отработки 14 лет и ставки дисконтирования 15%.

Показатели реализации проекта при различных вариантах отработки представлены в таблице 4.27.

Таблица 4.27 – Показатели проекта при различных вариантах отработки

Показатель	Действующий вариант	Вариант 1	Вариант 2
	Значение показателя, тыс. руб.		
Выручка от реализации продукции	88238	88238	88238
Полная коммерческая себестоимость	51526	45395,4	36265,4
Балансовая прибыль (прибыль валовая)	36712	42842,6	51972,6
Прибыль чистая среднегодовая	25434,1	29681,4	36007
ЕВИТДА – прибыль до уплаты налогов, процентов и амортизации	47912	53082,6	60932,6
Срок отработки, лет	14		
Ставка дисконтирования, %	15		
Чистый дисконтированный доход	241680,5	282039,1	342143,3

Анализ сравнения приведенных технологических схем, их конструктивно-компоновочное исполнение, условия установки относительно забоя в карьере, экономический эффект позволяют сделать следующие выводы:

– наиболее экономически выгодной является технологическая схема по варианту 2, количество задействованного горнотранспортного оборудования при такой схеме минимально;

– наиболее рациональна и легко реализуема технологическая схема по варианту 1, т.к. при данной схеме технология переработки не зависит от качества перерабатываемой породы (отделение гравия и валунов происходит в забое, гравий и валуны перерабатываются на промплощадке), а также меньше вероятность простоев оборудования из-за наличия буферного склада гравия и валунов.

Таким образом, к внедрению рекомендуется технологическая схема по второму варианту.

#### **4.4 Выводы по четвертой главе**

1. Выбор оптимальной технологической схемы организации горных работ на месторождениях песчано-гравийной смеси с целью переработки полезной толщи на мобильных дробильно-сортировочных агрегатах необходимо осуществлять на основании разработанной классификация технологических комплексов добычи и переработки песчано-гравийных месторождений

2. Технологический комплекс на основании мобильно оборудования должен отвечать принципам: не дрови ничего лишнего, не транспортируй ничего лишнего. Технологический комплекс должен обеспечить максимальную и равномерную загрузку дробильно-сортировочного оборудования с целью улучшения качества получаемой товарной продукции

3. Эффективность принимаемых решений по изменению технологической схемы переработки ПГС действующего предприятия должна определяться на основании сравнений чистого дисконтированного дохода и себестоимости продукции вариантов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится новое решение актуальной научно-производственной задачи: обоснование организационно-технических методов открытой разработки песчано-гравийных месторождений с использованием мобильных дробильно-сортировочных комплексов.

Основные научные и практические результаты, полученные в процессе выполнения работы, заключаются в следующем:

1. Анализ данных по объемам добычи нерудных строительных материалов показал, что положение дел в отрасли в России напрямую зависит от ситуации в экономике, и каждый этап роста отрасли НСМ в последние десятилетия заканчивался резким падением в годы глобальных финансовых кризисов последних десятилетий, после чего быстро восстанавливался.

2. На основе анализа статистических данных объемов добычи отдельных строительных материалов установлено, что при общем росте рынка НСМ отмечается увеличение доли добычи песчано-гравийной смеси относительно группы материалов «галька, гравий, щебень», с 19,1% в 2000 году до 29,4% в 2018 году, что подчеркивает все возрастающую роль песчано-гравийной смеси на рынке НСМ.

3. Анализ данных Росстата показывает, что цены производителей на песчано-гравийную смесь имеют значительные колебания в течение года. Прослеживается устойчивая тенденция увеличения цены относительно средней во второй половине года, что связано с сезонностью строительства и неравномерным финансированием в течение года.

4. Установлено, что основной тенденцией последних лет стало наращивание крупными дорожно-строительными фирмами транспортных и логистических мощностей, что в итоге сказывается на конечной цене на приобретаемую песчано-гравийную смесь.

5. Установлено, что уменьшение разницы в цене производителей и потребителей в последние годы связано с тем, что все больше строительных и дорожных организаций становятся недропользователями – получают лицензии на

геологическое изучение, разведку и добычу песчано-гравийных месторождений, и становятся как производителями, так и потребителями ПГС.

6. Разработана классификация технологических комплексов добычи и переработки песчано-гравийной смеси с использованием МДСК, основанная на следующих классификационных признаках:

- наличие, либо отсутствие управления качеством минерального сырья;
- стадийность размещения усреднительного склада (после первой или второй стадии переработки горной массы);
- способ управления качеством сырья.

7. Доказано, что использование мобильных дробильно-сортировочных комплексов позволяет вовлекать в разработку сколь угодно малые месторождения вблизи мест потребления продукции, получаемой при отработке таких месторождений.

8. Выявлено, что на выбор и формирование технологических схем мобильных дробильно-сортировочных комплексов при переработке гравийно-песчаных пород влияют следующие признаки: среднее содержание гравия и валунов в исходном сырье, максимальная крупность валунных фракций и гранулометрический состав фракций гравия и валунов.

9. Доказано, что при определении производительности горнотехнической системы экскаватор – МДА необходимо учитывать затраты времени на передвижку мобильного оборудования.

10. Установлено, что эффективность принимаемых решений по изменению технологической схемы переработки ПГС действующего предприятия должна определяться на основании сравнений чистого дисконтированного дохода и себестоимости конечной продукции для рассматриваемых вариантов.

11. Перспективность выполненных исследований связана с возможностью дальнейшего развития организационно-технических методов открытой разработки песчано-гравийных месторождений с переработкой на МДСК в сочетании с конвейерным транспортом, обеспечивающим повышение экономической эффективности отработываемых месторождений.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Анистратов, Ю. И. Проектирование карьеров / Ю. И. Анистратов, К. Ю. Анистратов – М. : ГЕМОС Лимитед, 2003. – 174 с.
2. Анистратов, Ю. И. Технологические процессы открытых горных работ / Ю. И. Анистратов. – М. : Недра, 1995. – 350 с.
3. Анистратов, Ю. И. Технология открытых горных работ / Ю. И. Анистратов. – М. : Недра, 1995. – 215 с.
4. Ансофф, И. Стратегический менеджмент / И. Ансофф. – СПб. : Питер, 2009. – 344 с.
5. Арсентьев, А. И. Законы формирования рабочей зоны карьера / А. И. Арсентьев. – Л. : изд. ЛГИ, 1986. – 56 с.
6. Арсентьев А. И. Определение главных параметров карьера / А. И. Арсентьев, О. В. Шпанский, Г. П. Константинов, В. Л. Бложе. – М., Недра, 1976. – 216 с.
7. Арсентьев, А. И. Определение производительности и границ карьеров / А. И. Арсентьев. – М. : Недра, 1970. – 319 с.
8. Арсентьев В. А. Производство кубовидного щебня и строительного песка с использованием вибрационных дробилок / В. А. Арсентьев, Л. А. Вайсберг, Л. П. Зарогатский, А. Д. Шуляков. – СПб. : Издательство ВСЕГЕИ, 2004. – 112 с.
9. Арсентьев, А. И. Развитие горных работ в карьерном пространстве / А. И. Арсентьев. – Л. : изд. ЛГИ, 1994. – 104 с.
10. Астахов, А. С. Экономика горного предприятия. Горная микроэкономика / А. С. Астахов, Г. Л. Краснянский, Ю. Н. Малышев, А. Б. Яновский. – М. : Изд-во Академии горных наук, 1997. – 279 с.
11. Баженов, М. В. Оценка влияния рыночных факторов на производительность карьеров / М. В. Баженов, С. И. Фомин. – М. : Горный журнал. – 1996. – № 11-12. – С. 28-30.
12. Бурштейн, М. А. Производственный менеджмент на горном предприятии / М. А. Бурштейн. – М. : МГГУ, 2007. – 203 с.

13. Буткевич, Г. Р. Промышленность нерудных строительных материалов. Современное состояние и особенности / Г. Р. Буткевич // Журнал «Горная промышленность». – 2006. – № 6. – С. 58-61.
14. Буткевич, Г. Р. Промышленность нерудных строительных материалов в посткризисный период. / Г. Р. Буткевич // Сб. материалов XIV Международной конф. «Технологии, оборудование и сырьевая база горных предприятий промышленности строительных материалов» г. Москва. – 2010. – С. 15-18.
15. Буянов, Ю. Д. Поточная и циклично-поточная технология на карьерах по добыче нерудных строительных материалов / Ю. Д. Буянов. – М. : изд. Стройиздат, 1972. – 102 с.
16. Буянов, Ю. Д. Разработка гравийно-песчаных месторождений / Ю. Д. Буянов. – М. : Недра, 1988. – 209 с.
17. Буянов, Ю. Д. Разработка месторождений нерудных полезных ископаемых / Ю. Д. Буянов, А. А. Краснопольский. – М. : Недра, 1980. – 342 с.
18. Веселевич, В. И. Планирование на горном предприятии. / В. И. Веселевич, С. С. Лихтерман, М. А. Ревазов. – М. : МГГУ, 2005. – 405 с.
19. Веницкий, К. Е. Оптимизация технологических процессов на открытых разработках / К. Е. Веницкий. – М. : Недра, 1976. – 280 с.
20. Вопросы рационального применения мобильных дробильно-сортировочных комплексов в российских условиях. – Промышленный вестник Карелии. – 2008. – №83. – с. 7-8.
21. Галиев, Ж. К. Экономика предприятия. Общий курс с примерами из горной промышленности / Ж. К. Галиев. – М. : МГГУ, 2009. – 303 с.
22. Ганицкий, В. И. Менеджмент горного производства / В. И. Ганицкий, В. И. Веселевич. – М. : МГГУ, 2007. – 357 с.
23. Ганицкий, В. И. Менеджмент горного производства. Терминологический словарь / В. И. Ганицкий. – М. : изд. «Горная книга», 2013. – 472 с.
24. Глухов, В. В. Менеджмент / В. В. Глухов. – СПб. : Питер, 2008. – 608 с.

25. ГОСТ 13377-75. Надежность в технике. Термины и определения : государственный стандарт : дата введения 1975-07-01 / Госстандарт СССР. Изд. официальное. – М. : Издательство стандартов, 1975. – 23 с.
26. ГОСТ 23735-2014. Смеси песчано-гравийные для строительных работ. Технические условия : Межгосударственный стандарт : дата введения 2015-07-01 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Изд. официальное. – М. : Стандартинформ, 2019. – 11 с.
27. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация : Межгосударственный стандарт : дата введения 1996-07-01 / Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации и техническому нормированию в строительстве. – Изд. официальное. – М. : ОАО ЦПП, 2018. – 31 с.
28. ГОСТ 31426-2010. Породы горные рыхлые для производства песка, гравия и щебня для строительных работ. Технические требования и методы испытаний : Межгосударственный стандарт : дата введения 2012-01-01 / Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строительстве. – Изд. официальное. – М. : Стандартинформ, 2019. – 18 с.
29. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия : Межгосударственный стандарт : дата введения 1995-01-01 / Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации и техническому нормированию в строительстве. – Изд. официальное. – М. : Стандартинформ, 2018. – 27 с.
30. ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия : Межгосударственный стандарт : дата введения 2015-04-01 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Изд. официальное. – М. : Стандартинформ, 2019. – 16 с.
31. Горная энциклопедия онлайн [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mining-enc.ru/> (дата обращения: 20.02.2020).
32. Добыча металлических руд и прочих полезных ископаемых // Российский статистический ежегодник. 2003-2018. – М., 2003-2018.

33. Закон Российской Федерации от 21 февраля 1992 г. № 2395-1 «О недрах» (ред. от 27.12.2019).
34. Исева, Л. И. Экономика предприятия: учебное пособие / Л. И. Исева. – СПб : СПГГИ(ТУ), 2004. – 85 с.
35. Каменева, Е. Е. Технологические основы производства щебня из скальных горных пород / Е. Е. Каменева. – М. : изд. «Горная книга», 2010. – 247 с.
36. Капустин, Н. Г. Обоснование производственной мощности карьера / Н. Г. Капустин ; в книге : Техника и технология открытых горных работ. – М. : Углетехиздат, 1959. – 148 с.
37. Квитка, В. В. Проектирование устойчивой технологической системы карьера / В. В. Квитка ; в книге : Проблемы теории проектирование карьеров. – Л. : изд. ЛГИ. – 1988. – С. 61-54.
38. Козлов, Ю. С. Повышение качества щебня на нерудных предприятиях Уральского региона / Ю. С. Козлов, В. И. Аржанов, Ю. А. Муйземнек // Строит. материалы. – 1997. – № 2.
39. Коссов, В. В. и др. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов : Вторая редакция. Официальное издание / В. В. Коссов, В. Н. Лившиц, А. Г. Шахназаров. – М. : Экономика, 2000. – 421 с.
40. Кудасов, В. И. Организация и управление производством: учебное пособие / В. И. Кудасов. – СПб : СПГГИ(ТУ), 2008. – 62 с.
41. Кузнецов, К. К. и др. Системы разработки и транспорт на карьерах / К. К. Кузнецов, А. И. Ястребов. – М. : Недра, 1974. – 424 с.
42. Лапшин, Н. С. Анализ тенденций развития рынка нерудных строительных материалов в Российской Федерации / Н. С. Лапшин, И. П. Виноградов, Д. О. Дзюрич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 7. – С. 205-210.
43. Лапшин, Н. С. Анализ технологических схем переработки песчано-гравийной смеси / Н. С. Лапшин // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Новая наука: проблемы и перспективы» ч.2. – 2017. – С. 173-175.

44. Лапшин, Н. С. Обоснование организационно-технических методов повышения эффективности горных работ при открытой разработке песчано-гравийных месторождений (тезисы) / Н.С. Лапшин // Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование. Международная научно-практическая конференция, посвященная 185-летию кафедры «Горное искусство». – 2017. – С. 93-94.

45. Лапшин, Н. С. Применение мобильных дробильно-сортировочных комплексов как способ управления промышленной безопасностью на предприятиях по производству щебня / Н.С. Лапшин // Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке: Тезисы докладов международной научно-практической конференции Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование. РИЦ Горного университета, СПб. – 2018. – С. 81-82.

46. Лапшин, Н. С. Принципы построения технологических схем переработки песчано-гравийных смеси на притрассовых карьерах с малой производительностью / Н. С. Лапшин, С. И. Фомин // Наука и бизнес: пути развития (научно-практический журнал). – 2019. – № 102. – С. 97-101.

47. Латыпова, М. М. Современные технологии менеджмента / М. М. Латыпова. – М. : МГГУ, 2008. – 214 с.

48. Лебединский, И. Л. Основные производственные фонды промышленности / И. Л. Лебединский. – Л. : Лениздат, 1979. – 264 с.

49. Лигоцкий, Д. Н. Организация проектирования и строительства рудных и угольных карьеров: учебное пособие / Д. Н. Лигоцкий, С. И. Фомин. – СПб. : СПГГИ, 2010. – 86 с.

50. Лигоцкий, Д. Н. Технология разработки месторождений строительных материалов: учебное пособие / Д. Н. Лигоцкий, С. И. Фомин. – СПб. : СПГГИ, 2011. – 91 с.

51. Лобанов, Н. Я. Экономика природопользования. Экологический механизм рационального природопользования: учебное пособие / Н. Я. Лобанов. – СПб. : СПГГУ, 2011. – 73 с.

52. Лобанов, Н. Я. Экономика природопользования при разведке, добыче и обогащении полезных ископаемых: учебное пособие / Н. Я. Лобанов. – СПб. : СПГГИ(ТУ), 2009. – 99 с.
53. Малышева, Н. А. Технология разработки месторождений нерудных строительных материалов / Н. А. Малышева, В. Н. Сиренко. – М. : Недра, 1977. – 392 с.
54. Мельников, Н. В. и др. Теория и практика открытых разработок. Изд. 2 / Н. В. Мельников, А. И. Арсентьев. – М. : Недра, 1979. – 636 с.
55. Мельников, Н. Н. Техническое перевооружение железорудных карьеров Кольского полуострова / Н. Н. Мельников, В. И. Усынин, С. П. Решетняк // Научно-технический прогресс и развитие производства Мурманской обл. – Апатиты. – 1987. – С. 22-28.
56. Мельников, Н. Н. Циклично-поточная технология с передвижными дробильно-перегрузочными комплексами для глубоких карьеров / Н. Н. Мельников, В. И. Усынин, С. П. Решетняк. – Кольский научный центр. Горный институт. Апатиты, 1995. – 194 с.
57. Моссаковский, Я. В. Экономика горной промышленности: учебник / Я. В. Моссаковский. – М. : МГГУ, 2006. – 525 с.
58. Моссаковский, Я. В. Экономическая оценка инвестиций в горной промышленности: учебник / Я. В. Моссаковский. – М. : МГГУ, 2004. – 323 с.
59. Новожилов, М. Г. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых / М. Г. Новожилов, А. С. Фиделев. – Киев : Гостехиздат УССР, 1963. – 394 с.
60. Новожилов, М. Г. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Части 1 и 2 / М. Г. Новожилов, В. С. Хохряков, Г. Д. Пчелкин, В. С. Эскин. – М. : Недра, 1971.
61. Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов : Министерство промышленности строительных материалов СССР – Л.: Стройиздат, Ленинградское Отделение, 1977. – 366 с.

62. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов. ОНТП 18-85. – Л. : Стройиздат, 1988. – 80 с.
63. «ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2). Общероссийский классификатор видов экономической деятельности» (утв. Приказом Росстандарта от 31.01.2014 № 14-ст) (ред. от 12.02.2020) – 416 с.
64. Отчет по научно-исследовательской практике Лапшина Николая Сергеевича [электронный ресурс] / Н. С. Лапшин // СПб. : СПГУ, 2017. – 18 с. – Режим доступа: [https://spmi.ru/sites/default/files/imci\\_images/aspirant/portfolio/2%20year/Лапшин\\_Отчет%20по%20НИИП.pdf](https://spmi.ru/sites/default/files/imci_images/aspirant/portfolio/2%20year/Лапшин_Отчет%20по%20НИИП.pdf) (дата обращения: 17.06.2018).
65. Официальный интернет-портал Республики Карелия [электронный ресурс]. Режим доступа: [https://gov.karelia.ru/news/18-12-2019-v-gornopromyshlennom-komplekse-karelii-vyrosli-obemy-proizvodstva-/?special\\_version=Y](https://gov.karelia.ru/news/18-12-2019-v-gornopromyshlennom-komplekse-karelii-vyrosli-obemy-proizvodstva-/?special_version=Y) (дата обращения: 02.02.2020).
66. Петросов, А. А. Стратегическое планирование, прогнозирование, экономические риски горного производства / А. А. Петросов. – М. : МГГУ, 2009. – 684 с.
67. Пешкова, М. Х. Экономическая оценка горных проектов / М. Х. Пешкова. – М. : МГГУ, 2003. – 422 с.
68. Постановление Госгортехнадзора Российской Федерации от 02 июня 1999 г. № 33 «Об утверждении Инструкции о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с использованием недрами».
69. Постановление Госгортехнадзора Российской Федерации от 06 июня 2003 г. № 73 «Об утверждении «Инструкции по производству маркшейдерских работ» (вместе с «РД 07-603-03...»).
70. Постановление Правительства Российской Федерации от 03 марта 2010 № 118 «Об утверждении Положения о подготовке, согласовании и утверждении технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых

и иной проектной документации на выполнение работ, связанных с использованием участками недр, по видам полезных ископаемых и видам пользования недрами».

71. Постановление Правительства Российской Федерации от 06 августа 2015 г. № 814 «Об утверждении Правил подготовки, рассмотрения и согласования планов и схем развития горных работ по видам полезных ископаемых».

72. Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 мая 2011 г. № 262 «Об утверждении Стратегии развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения на период до 2020 года».

73. Приказ Минприроды России от 11 декабря 2006 г. № 278 «Об утверждении Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых».

74. Приказ Минприроды России от 17 августа 2016 г. № 434 «Об утверждении Порядка представления государственной отчетности пользователями недр, осуществляющими разведку месторождений и добычу полезных ископаемых, в федеральный фонд геологической информации и его территориальные фонды, а также в фонды геологической информации субъектов Российской Федерации, если пользование недрами осуществляется на участках недр местного значения».

75. Пучков, А. Л. Финансовая политика горных компаний / А. Л. Пучков. – М. : изд. «Горная книга», 2013. – 168 с.

76. Распоряжение Минприроды России от 05 июня 2007 № 37-р «Об утверждении методических рекомендаций по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых».

77. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 10 мая 2016 г. № 868-р «О Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года».

78. Ржевский, В. В. Открытые горные работы. Части 1 и 2 / В. В. Ржевский – М. : Недра, 1985.

79. Ржевский, В. В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ / В. В. Ржевский. – М. Недра, 1980. – 631 с.
80. Салманов, О. Н. Об оптимальных сроках отработки месторождений в условиях рыночной модели экономики / О. Н. Салманов // М. : Горный журнал – 1993. – № 6. – С. 9-11.
81. Свидетельство на программу для электронных вычислительных машин № 2018618753 / Система моделирования оптимальной длины фронта горных работ уступа для машин послойного фрезерования при погрузке в автомобильный транспорт / В. В. Иванов, Н. С. Лапшин, И. П. Виноградов; заявитель и правообладатель Санкт-Петербургский горный университет. – заявл. 08.06.2018 : опубл. 19.07.2018, Бюл. № 7. – 18 с.
82. Сергеев, И. Б. Экономика недропользования: учебное пособие / И. Б. Сергеев, А. Е. Череповицын, Д. Р. Каюмов. – СПб. : СПГГИ(ТУ), 2010. – 145 с.
83. Синьков, Л. С. Организация производства на предприятии: учебное пособие / Л. С. Синьков. – СПб : СПГГИ(ТУ), 2003. – 53 с.
84. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\* : Свод правил : дата введения 2013-07-01 / Министерство регионального развития Российской Федерации. – Изд. официальное. – М : Госстрой России, 2013. – 173 с.
85. СП 37.13330.2012. Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91\* : Свод правил : дата введения 2013-01-01 / Министерство регионального развития Российской Федерации. – Изд. официальное. – М : Минрегион России, 2012. – 248 с.
86. Твердов, А. А. Проблемы и перспективы импортозамещения в горной отрасли / А. А. Твердов, С. Б. Никишичев, В. Н. Захаров // М. : Горная промышленность. – 2015 – № 5. – С.54-58.
87. Томаков, П. И. Технология, механизация и организация открытых горных работ / П. И. Томаков, И. К. Наумов. – М. : Недра, 1986. – 312 с.

88. Трубецкой, К. Н. Комплексы мобильного оборудования на открытых горных работах / К. Н. Трубецкой, Е. Р. Леонов, Ю. Б. Панкевич. – М., Недра, 1990. – 255 с.
89. Трубецкой, К. Н. Методы оценки эффективности инвестиций горных предприятий / К. Н. Трубецкой, А. А. Пешков, Н. А. Мацко // М. : Горный журнал. – 1993. – № 2. – С. 3-11.
90. Трубецкой, К. Н. Методы учета инвестиционного риска в горной промышленности / К. Н. Трубецкой, А. А. Пешков, Н. А. Мацко // М.: Открытые горные работы. – 2000. – № 3. – С. 14-21 и № 4. – С.22-26.
91. Трубецкой, К. Н. Проектирование карьеров / К. Н. Трубецкой, Г. Л. Краснянский, В. В. Хронин, В. С. Коваленко. – М. : Издательство Высшая школа, 2009. – 694 с.
92. Уварин, Н. Л. Анализ и планирование безубыточности производства / Н. Л. Уварин. – М. : МГГУ, 2003. – 152 с.
93. Уварин, Н. Л. Оценка эффективности инвестиционного проекта на основе критерия «ЧДД» / Н. Л. Уварин. – М. : МГГУ, 2007. – 128 с.
94. Указ Президента Российской Федерации от 07 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
95. Усынин, В. И. Передвижные дробильно-перегрузочные комплексы в схемах циклично-поточной технологии. Техника и технология горных работ на карьерах заполярья / В. И. Усынин, С. П. Решетняк, М. И. Драй, Ю. А. Муйземнек // Апатиты. – 1993. – С. 13-38.
96. Уткина, С. И. Экономика предприятия / С. И. Уткина. – М. : МГГУ, 2003. – 262 с.
97. Фомин, С. И. Анализ современного состояния отрасли нерудных строительных материалов / С. И. Фомин, Н. С. Ларин, Н. С. Лапшин // ООО «Отраслевая медиа-корпорация «Держава» (Санкт-Петербург) – Журнал «Дорожная держава». – 2017. – № 74. – С. 78-82.

98. Фомин, С. И. Анализ спроса на рынке минерального сырья при определении производительности карьеров / С. И. Фомин // М.: Известия вузов. Горный журнал. – 2002. – № 4. – С. 48-53.
99. Фомин, С. И. Анализ эксплуатационных затрат на производство щебня из плотных изверженных горных пород / С. И. Фомин, Н. С. Лапшин // ООО «Отраслевая медиа-корпорация «Держава» (Санкт-Петербург) – Журнал «Дорожная держава». – 2019. – № 89. – С. 78-82.
100. Фомин, С. И. Динамический метод оценки проектов карьеров / С. И. Фомин ; под ред. Г. А. Холоднякова [и др.]. – СПб. : Изд-во СПГГИ, 1995. – 125 с.
101. Фомин, С. И. Определение производительности горнотехнической системы экскаватор – мобильный агрегат переработки песчано-гравийной смеси / С. И. Фомин, Н. С. Лапшин // Наука и бизнес: пути развития (научно-практический журнал). – 2020. – № 103. – С. 60-63.
102. Фомин, С. И. Производительность карьеров и спрос на минеральное сырье / С. И. Фомин. – СПб. : Изд-во «Тема», 1999. – 169 с.
103. Холодняков, Г. А. Проектирование карьеров при разработке комплексных месторождений / Г. А. Холодняков. – СПб. : изд. Горный университет, 2013. – 193 с.
104. Хохряков, В. С. Оценка эффективности инвестиционных проектов открытых горных разработок / В. С. Хохряков. – Екатеринбург : Изд-во УГГА, 1996. – 180 с.
105. Хохряков, В. С. Проектирование карьеров / В. С. Хохряков, А. Т. Шелест, Г. П. Молтусов, А. Т. Кмитовенко. – М. : Недра, 1969. – 216 с.
106. Чаплыгин, Н. Н. и др. Научно-технический прогресс в горнодобывающей промышленности: проблемы обоснований направлений и реализации / Н. Н. Чаплыгин, Л. А. Сахарина, А. М. Левин ; под ред. Н. Н. Мельникова. – Апатиты: КНЦ АН СССР, 1990. – 147 с.
107. Чиаев, Т. И. Справочник горного мастера нерудных карьеров / Т. И. Чиаев, В. А. Головкин. – М.: Недра, 1977. – 358 с.

108. Чирков, А. С. Добыча и переработка строительных горных пород / А. С. Чирков. – М. : МГГУ, 2009. – 622 с.
109. Шейн, Ф. Э. Современное состояние освоения месторождений гра-вийно-песчаных пород / Ф. Э. Шейн, А. В. Гилев, Н. Н. Гилева // Вестник Иркутского Государственного Технического Университета. – 2009. – № 1. – С. 46-50.
110. Шерстаков, В. А. Проектирование горных предприятий / В. А. Шерстаков. – М. : МГГУ, 2003. – 795 с.
111. Шешко, Е. Ф. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых / Е. Ф. Шешко. – М. : изд. Углетехиздат, 1954. – 223 с.
112. Шпанский, О. В. Производительность и границы карьеров / О. В. Шпанский. – Л. : изд. ЛГИ, 1983. – 223 с.
113. Шпанский, О. В. Технология и комплексная механизация добычи нерудного сырья для производства строительных материалов / О. В. Шпанский, Ю. Д. Буянов. – М. : Недра, 1996. – 462 с.
114. Яковлев, В. Л. Принципы формирования грузопотоков в схемах циклично-поточной технологии (ЦПТ) на карьерах / В. Л. Яковлев, А. А. Котяшев, А. П. Тюлькин // Тез. докл. пятой Всесоюз. науч.-техн. конф. по карьерному транспорту. – М.: Черметинформация. – 1984. – С. 21-24.
115. DIN EN 12620:2008-07. Aggregates for concrete; German version EN 12620:2002+A1:2008 – 61 p.
116. Fomin, S. I. Determining length of mining front in non-blast open mining of complex structure carbonate deposits / S. I. Fomin, I. P. Vinogradov, N. S. Lapshin // Journal of Engineering and Applied Sciences, Medwell Publications. - 2019. - PP. 94-98.