

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

На правах рукописи

Герасимов Андрей Викторович

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БЛОКОВОГО СПОСОБА
ОТКРЫТОЙ УГЛЕДОБЫЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ
АВТОТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Специальность 2.8.8. «Геотехнология, горные машины»

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент
Селюков Алексей Владимирович

Кемерово – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	12
1.1 Состояние открытого способа добычи угля в Российской Федерации	12
1.1.1 Состояние добычи угля в Кузбассе, проблемы и перспективы.....	12
1.2 Характеристика горно-геологических условий перспективных участков угольных месторождений центрального Кузбасса	16
1.3 Становление и развитие блокового способа отработки карьерных полей: научно-практический и проектный опыт.....	20
1.3.1 Становление и развитие блокового способа отработки карьерных полей .	20
1.3.2 Научно-практический и проектный опыт применения блокового способа отработки карьерных полей	22
1.4 Выводы.....	29
ГЛАВА 2 РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БЛОКОВОГО СПОСОБА ОТРАБОТКИ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА.....	31
2.1 Обоснование организации производства работ: применяемая система открытой разработки и перемещение горной массы	31
2.2 Формирование особенностей и требований к отработке карьерных полей угольных разрезов с применением блокового способа и автотранспортной технологии	34
2.3 Формирование общего перечня графических моделей и последовательности выполнения работ в блоках	37
2.4 Анализ и формирование графической модели отработки карьерных полей во взаимосвязи с параметрами блоков.....	40
2.5 Выводы.....	51

ГЛАВА 3	ОБОСНОВАНИЕ	ЗАКОНОМЕРНОСТИ	ИЗМЕНЕНИЯ	
ПАРАМЕТРОВ	БЛОКОВОГО	СПОСОБА	ОТКРЫТОЙ	УГЛЕДОБЫЧИ С
ПРИМЕНЕНИЕМ	АВТОТРАНСПОРТНОЙ	ТЕХНОЛОГИИ		53
3.1	Выявить горно-геологические условия залегания свит пластов наклонного и крутого падения при блоковом способе разработки карьерных полей.....			53
3.2	Математическая модель параметров блокового способа открытой угледобычи с применением автотранспортной технологии.....			67
3.2.1	Идентификация законов распределения параметров карьерного поля			67
3.2.2	Определение параметров первоначального блока			75
3.2.3	Определение параметров второго и последующих блоков.....			88
3.3	Влияние различных факторов на параметры блокового способа.....			93
3.3.1	Определить влияние различных факторов на ширину блоков			93
3.3.2	Определить влияние различных факторов на длину блоков			100
3.4	Выводы.....			114
ГЛАВА 4	ОЦЕНКА	ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ	ЭФФЕКТИВНОСТИ	
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО	РЕШЕНИЯ			116
4.1	Обоснование существующих параметров блокового способа Краснобродского угольного разреза			116
4.2	Обоснование критериев эколого-экономической эффективности технологического решения.....			122
4.3	Оценка эффективности технологического решения на примере Краснобродского угольного разреза			125
4.3.1	Оценка влияния параметров блоков на календарное планирование горных работ			125
4.3.2	Оценка влияния параметров блоков на экологические и экономические показатели угольного разреза			128
4.4	Выводы.....			133
ЗАКЛЮЧЕНИЕ				135
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ				140
ПРИЛОЖЕНИЕ А				168

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	169
ПРИЛОЖЕНИЕ В	170

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Горнодобывающая промышленность составляет одну из основ экономики регионов нашей страны. Данный факт подтверждается созданием благоприятных условий со стороны государства в увеличении объемов добываемого полезного ископаемого, в результате чего это оказывает влияние на условия проживания населения в непосредственной близости к объектам горнодобывающей промышленности, в том числе при производстве открытых горных работ.

Правительством Российской Федерации утверждена программа развития угольной промышленности до 2035 года, которая предусматривает постепенное увеличение уровня добычи, что сопровождается увеличением объемов складирования вскрышной породы.

В связи с этим в современных условиях особое внимание уделяется рациональному недропользованию при открытой разработке твердых полезных ископаемых. Перспективным направлением для открытой угледобычи является блоковый способ, сущностью которого является отработка пластов наклонного и крутопадающего залегания с максимальным использованием выработанного пространства карьерного поля. При этом вскрышные породы первоначального блока перевозятся карьерным автотранспортом на внешний отвал, а уже в дальнейшем карьерное поле разрабатывается со складированием пустых пород в выработанном пространстве.

Согласно официальным данным, около 2/3 перспективных угольных участков на территории нашей страны относятся к сложноструктурным месторождениям с крутым и наклонным залеганием свит пластов, отработка которых намечается с применением блокового способа.

При отработке карьерного поля с использованием блокового способа сдерживающим фактором является отсутствие единых и комплексных научно-технических и научно-методических наработок, направленных на обоснование

параметров блоков, к числу которых относятся не только взаимоувязанные геометрические и объемные параметры, но и дальность транспортирования вскрышных пород, зачастую определяющая главные параметры карьерных полей разрезов с автотранспортной технологией.

Вследствие этого работа, направленная на обоснование параметров блоков при открытой разработке угольных месторождений, представленных свитами пластов наклонного и крутого залегания, является актуальной.

Степень разработанности темы исследования

Основное направление исследований ученых-горняков нашей страны – это технологические решения по складированию вскрышных пород и отходов недропользования в выработанном пространстве при разработке не только угольных, но и рудных месторождений.

Становлением и развитием блокового способа отработки карьерных полей занимался его основоположник Рутковский Б. Т. В результате проведенных исследований установлены принципиальные последовательные решения по отработке карьерных полей с применением блокового способа, такие как:

- вскрышные породы первоначального блока размещаются на внешнем отвале с использованием железнодорожного транспорта;
- вскрышные породы второго и последующих блоков размещаются в выработанном пространстве первоначального блока с использованием железнодорожного транспорта.

Технологические решения по использованию выработанного пространства карьерных полей как емкости для складирования отражены в трудах Ржевского В. В., Томакова П. И., Трубецкого К. Н., Коваленко В. С., Ческидова В. И., Саканцева Г. Г., Кортелева О. Б., Корякина А. И., Рыльниковой М. В., Косолапова А. И., Гавришева С. Е., Пыталева И. А., Холоднякова Г. А., Селюкова А. В. и др.

Транспортная технология перемещения вскрышных пород отражена в трудах Яковлева В. Л., Яковлева В. А., Лель Ю. И., Глебова А. В., Глебова И. А., Журавлева А. Г., Акишева А. Н., Кузнецова Д. В. Логинова Е. В. и др.

В работах Рутковского Б. Т. не рассматривалось обоснование:

- параметров первоначального, второго и последующих блоков;
- количества, соотношения обрабатываемых блоков с длинами карьерных полей;
- вместимости выработанного пространства блоков как отвальных емкостей на основе пространственного залегания свиты пластов;
- взаимосвязи параметров блоков, условий залегания сложноструктурного угольного месторождения и автомобильного транспорта.

Цель работы

Обосновать параметры блокового способа открытой угледобычи с применением автотранспортной технологии перемещения вскрышных пород во внутренний отвал для снижения землеемкости горных работ.

Объект исследования

Блоковый способ обработки карьерного поля угольных разрезов с применением автотранспортной технологии перемещения вскрышных пород.

Предмет исследования

Взаимоувязанные параметры блокового способа и вместимость внутреннего отвала, дальность транспортирования вскрышных пород при открытой разработке свит угольных пластов наклонного и крутого залегания.

Идея работы заключается в учете взаимосвязи вместимости внутреннего отвала в выработанном пространстве карьерного поля и дальности транспортирования вскрышных пород карьерным автотранспортом при блоковом способе обработки угольных месторождений.

Для достижения поставленной цели в диссертации сформулированы и решены взаимосвязанные **задачи**:

1. Разработать графическую модель блокового способа отработки карьерных полей с применением автомобильного транспорта;
2. Установить закономерности изменения параметров блокового способа открытой угледобычи с применением автотранспортной технологии.
3. Определить технико-экономическую эффективность технологического решения.

Научная новизна состоит в:

- разработке графической модели объемно-пространственных решений наиболее эффективного формирования рабочей зоны углубочной продольной системы разработки с блоковым способом отработки карьерного поля, в основе которой закладывается матрица SWOT-анализа с группировкой данных по минимуму транспортной работы перемещения пустой породы на внешние и внутренние отвалы и воздействия на окружающую среду в процессе эксплуатации предприятия;
- разработке статистической модели параметров залегания свит пластов наклонного и крутого падения месторождений Центрального Кузбасса;
- обосновании методики расчета параметров блоков с автотранспортной технологией перемещения вскрыши для условий сложноструктурных угольных месторождений, доказательстве выдвинутых гипотез параметрической взаимосвязи природно-технологического объекта с получением нелинейных теоретических законов и функций плотности распределения;
- установлении количественных критериев, обеспечивающих совокупную эколого-экономическую эффективность блокового способа с численным моделированием его параметров для условий существующего горнодобывающего предприятия.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии теоретических основ определения параметров блокового способа открытой разработки свит

наклонных и крутопадающих угольных пластов, включающих: обоснование параметров первоначального блока с учетом минимально и максимально возможной дальности транспортирования вскрышных пород; обоснование параметров второго и последующих блоков с учетом вместимости внутреннего отвала и параметров первоначального блока.

Практическая значимость работы

Технологические решения по отработке карьерного поля позволяют обоснованно выбирать рациональные параметры блоков и рекомендуются к использованию при проектировании горнодобывающих предприятий с открытым способом добычи.

Методология и методы исследований

В работе использован комплекс методов, включающий:

- системное обобщение источников научно-технической и проектной информации по разработке перспективных угольных залежей в Российской Федерации;
- горно-геометрическое и статистическое моделирование параметров блоков с применением САПР;
- метод вариантов и технико-экономического моделирования развития горных работ с использованием электронных таблиц.

На защиту выносятся следующие научные положения:

- объем выработанного пространства блока, определяемый графическим моделированием рабочей зоны разреза, устанавливает вид схемы отработки карьерного поля (одно- или двухфланговую);
- закономерности изменения параметров блоков на разрезах центрального Кузбасса подчиняются γ -распределению (ширина и глубина) и N-распределению (длина) с достоверностью 95%.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций, сформулированных в работе, подтверждается надежностью и представительным объемом исходных данных; применением современных методов исследований и графоаналитического метода расчета с использованием современных программных средств; соответствием полученных научно-практических результатов патентной защите разработанных технологических решений.

Личный вклад автора заключается в постановке целей и задач исследования, обосновании параметров блоков и повышении эффективности применения блокового способа при отработке наклонных и крутопадающих угольных месторождений.

Реализация результатов работы

Основные научно-практические положения диссертации одобрены к внедрению при проектировании разработки угольных месторождений с блоковым способом отработки карьерных полей; в учебном процессе КузГТУ по специальности 21.05.04 – Горное дело, специализации «Открытые горные работы» для дисциплины «Проектирование карьеров». Эффективность разработанных технологических решений подтверждается соответствующими актами внедрения с достигнутым экономическим эффектом.

Апробация работы

Основные положения и результаты диссертационной работы были доложены и получили одобрение на научно-практических конференциях: VIII инновационном конвенте «Кузбасс: образование, наука, инновации» (2018, Кемерово); XI всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая» (2018, Кемерово); XVII международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2018» (2018, Кемерово); инновационном конвенте «Кузбасс: образование, наука, инновации» (2019, Кемерово); XIII всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая» (2021, Кемерово), XI инновационном конвенте «Кузбасс: образование, наука, инновации» (2023,

Кемерово); международной научно-практической конференции «Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов» (2023, Новокузнецк); XII инновационном конвенте «Кузбасс: образование, наука, инновации» (2024, Кемерово).

Публикации

По теме диссертационной работы опубликовано 15 научных работ, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи в изданиях перечня Scopus и Web of Science, 10 статей в материалах конференций и сборниках научных трудов, получен 1 патент на изобретение.

Объем и структура диссертации.

Диссертация включает введение, 4 главы и заключение, изложена на 170 страницах машинописного текста, содержит 17 таблиц, 82 рисунка, 3 приложения и список литературы из 163 наименований.

Автор выражает благодарность за помощь и поддержку, оказанную при работе над диссертацией, д.т.н. Аксенову В. В. и к.т.н. Кузнецову И. С.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Состояние открытого способа добычи угля в Российской Федерации

Горнодобывающая промышленность составляет одну из основ экономики регионов Российской Федерации. Российская Федерация занимает ведущее место в мире по величине разведанных запасов угля. На территории России расположены 5 из 7 крупнейших угольных бассейнов мира: Ленский, Тунгусский, Таймырский, Канско-Ачинский и Кузнецкий [141].

Потенциально для открытых горных работ по угольным бассейнам Российской Федерации пригодными являются 11,4 млрд тонн, в том числе более 2 млрд тонн – коксующихся марок [62].

Наиболее характерным и уникальным является Кузнецкий угольный бассейн, представленный залежами угля с различными характеристиками, такими как углы залегания свит пластов, количество пластов в свите, мощности свиты, мощности пластов и междупластьев, угленосность месторождений, степень нарушенности месторождений и т. д.

В 2020 году Правительством Российской Федерации утверждена программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года [100]. Данная программа предусматривает 2 сценария развития угольной промышленности непосредственно открытыми горными работами в зависимости от уровня добычи к 2035 году: консервативный – 390,0 млн тонн; оптимистический – 554,0 млн тонн.

1.1.1 Состояние добычи угля в Кузбассе, проблемы и перспективы

Значительная часть угольных месторождений Кузбасса имеет сложное залегание – свита пластов, представленная наклонными и крутопадающими залежами полезного ископаемого, отрабатываемыми открытым способом. В этой

связи к дальнейшей работе принимаются наклонные и крутопадающие свиты пластов.

Исторически с момента формирования открытого способа добычи в СССР для отработки наклонных и крутопадающих залежей широкое распространение получили углубочные продольные одно- и двухбортные системы разработки [101-103, 115, 118] с применением автомобильного транспорта и размещением вскрышных пород во внешних отвалах, что сопровождается ростом землеемкости горного производства.

Основными проблемами применения углубочных продольных систем разработки являются следующие [119, 103]:

- с углублением горных работ и развитием внешних отвалов постоянно увеличивается расстояние транспортирования вскрышных пород и, следовательно, возрастают затраты на производство вскрыши;
- с глубиной увеличивается общая длина фронта работ и протяженность транспортных коммуникаций, что требует больших затрат на их сооружение и содержание;
- весь объем вскрыши вывозится на внешние отвалы, и для их размещения необходимы большие земельные отводы;
- велики площади нарушения поверхности, которые являются источниками пылеобразования в районе ведения открытых горных работ;
- отсутствует возможность восстановления поверхности в процессе эксплуатации месторождения, из-за чего создается большой разрыв во времени между нарушением и рекультивацией земель.

Согласно данным [119] доля автомобильного транспорта на угольных разрезах Кузбасса составляет 80 %.

Применение углубочных продольных систем разработки включает в себя значительные недостатки, связанные главным образом с внешним отвалообразованием, но в то же время имеет наибольшее распространение.

Согласно исследованию [119] предложены следующие диапазоны углов падения угольных пластов:

- наклонные ($15-40^\circ$);
- крутопадающие ($41-90^\circ$).

В данной диссертационной работе принимаются аналогичные диапазоны углов падения свит пластов, с учетом того, что большинство месторождений расположено в зонах значительных тектонических нарушений, что и определило большой разброс углов падения как по простирацию, так и по падению пластов. Показатели этой характеристики являются исходной базой исследования, так как позволяют рассмотреть все группы залежей в реальных горно-геологических условиях.

С учетом опубликованных данных [100] на примере Кузбасса добыча угля должна составить по вышеуказанным вариантам 48,4 % и 44,5 % в общей добыче Российской Федерации соответственно, что соответствует уровню добычи открытым способом в 2035 году по вариантам: консервативный – 188,0 млн тонн; оптимистический – 246,5 млн тонн.

На основании этого можно сделать вывод, что с увеличением годового объема добычи произойдет увеличение отработки вскрышных пород, следовательно, для обеспечения установленных показателей при существующих системах разработки необходимо будет изыскивать новые площади для развития фронта горных работ, строительства внешних отвалов, объектов инфраструктуры.

Согласно данным, изложенным в ряде проектных документаций угольных разрезов, производственная мощность предприятий Кузбасса изменяется от 500 до 15000 тыс. тонн/год при среднем значении в 3600 тыс. тонн/год и среднем коэффициенте вскрыши в $11,9 \text{ м}^3/\text{т}$.

Согласно исследованиям, проведенным в работах [114, 116, 119], внешние отвалы составляют порядка 67,0 %, внутренние – 33,0 %. При средневзвешенных объемах внешних отвалов и площадей, занимаемых этими отвалами, объем вскрыши, приходящийся на $1,0 \text{ м}^2$, составит $84,4 \text{ м}^3$.

Соответственно, увеличение добычи приведет к увеличению объема вскрыши, которое необходимо будет разместить во внешних отвалах (рисунок 1.1).

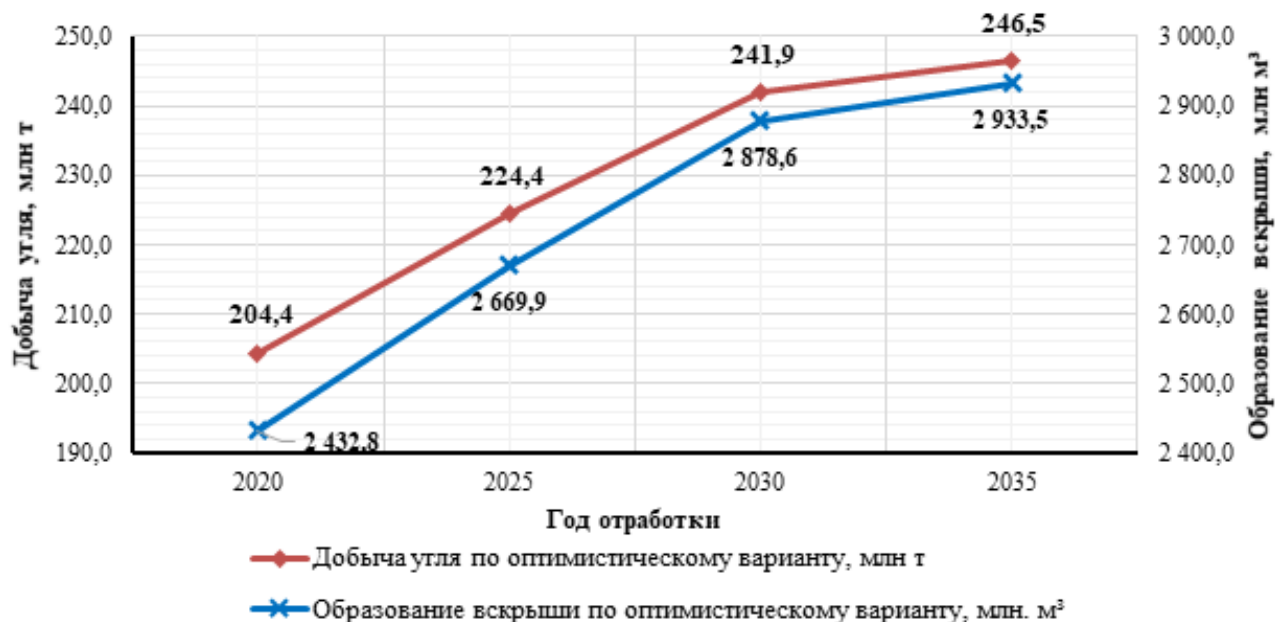


Рисунок 1.1 – Планируемая динамика изменения уровня добычи угля открытым способом в Кузбассе

Для сравнения, на рисунке 1.2 представлена фактическая динамика изменения уровня добычи угля открытым способом в Кузбассе.

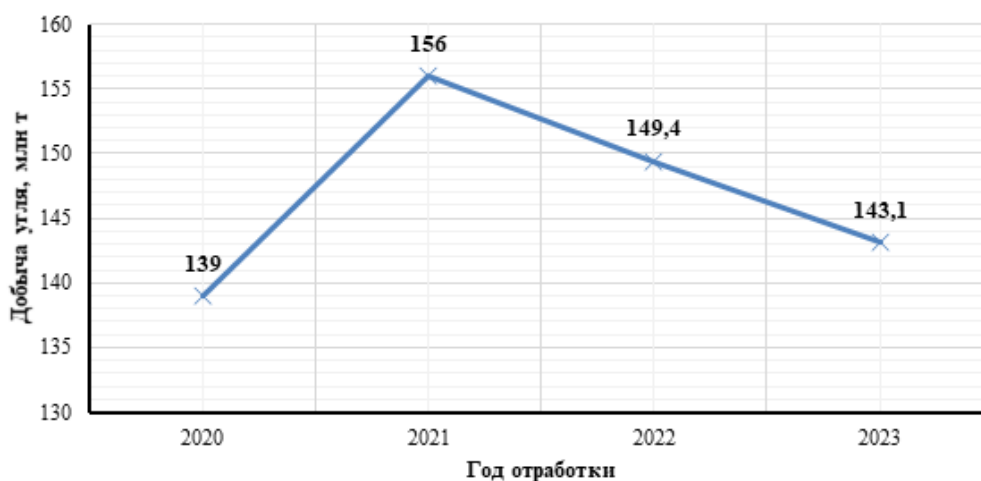


Рисунок 1.2 – Фактическая динамика изменения уровня добычи угля открытым способом в Кузбассе

Как видно из графика на рисунке 1.2, в связи со сложностями на рынке объем добычи снизился, однако данный факт не снижает необходимости использования выработанного пространства для размещения внутренних отвалов. Использование выработанного пространства необходимо в целях снижения площади земель, отводимых для внешних отвалов (рисунок 1.3).

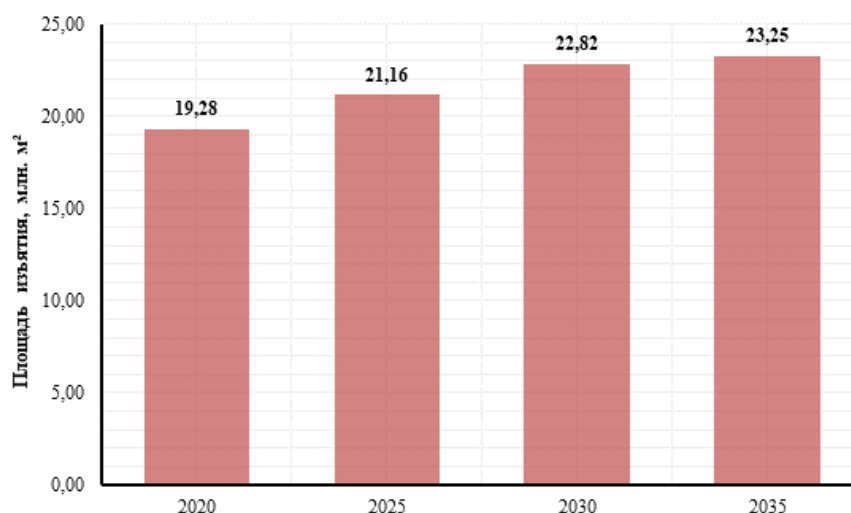


Рисунок 1.3 – Гистограмма зависимости уровня изъятия земель от уровня добычи

По итогам прогноза к концу 2035 года минимальные площади земель, нарушенных внешними отвалами, составят 70,2 млн м².

В связи с этим необходимость разработки земле- и ресурсосберегающих технологий отработки месторождений твердых полезных ископаемых является актуальной задачей для горнодобывающей промышленности и входит в перечень актуальных технологий Российской Федерации и Кузбасса.

1.2 Характеристика горно-геологических условий перспективных участков угольных месторождений центрального Кузбасса

В данном исследовании основное внимание сосредоточено на перспективных участках угольных месторождений центрального Кузбасса с углами падения свиты пластов от наклонного до крутого, на которых применяется блоковый способ отработки карьерного поля (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Характеристика запасов на участках перспективных угольных месторождений

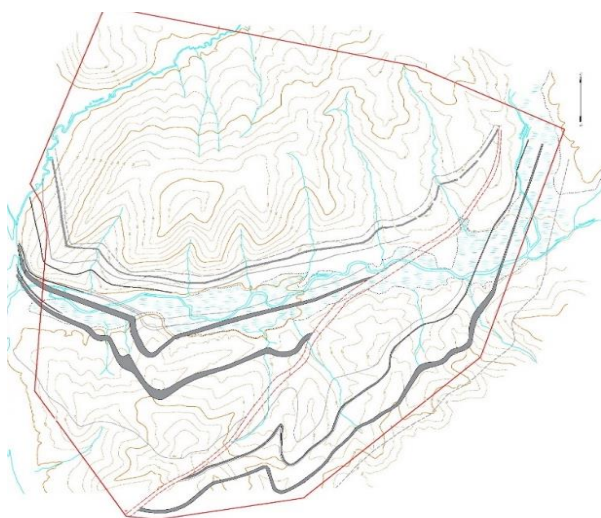
№ п.п.	Наименование участка	Угольная компания	Диапазон падения угольных пластов, град	Промышленные запасы, млн т
1	Нижнетыхтинский	ООО «Кузбассуголь»	15–80	47,0
2	Листвяничный	ПАО «Кузбасская Топливная Компания»	10–50	55,0
3	Верхнетыхтинский	ООО «Разрез «Трудармейский Южный»	15–80	70,0
4	Карачиякский	ООО «Разрез Тайлепский»	10–50	37,0
5	Кумзасский	АО «Разрез «Распадский»	10–70	50,0
6	Урегольский	ООО «Разрез Кийзасский»	10–50	150,0
7	Сосновский	ООО «Кузбассуголь»	15–80	56,0
8	Сырадасайский	ООО «Северная Звезда»	10–50	100,0
9	Чузасский	«Разрез Кузнецкий Южный»	10–50	50,0
10	Бунгурский	ООО «Разрез «Березовский»	15–90	40,0
11	Инской	ООО «Разрез Пермьяковский»	5–50	469,0
12	Караканский 1-2	АО «УК «Кузбассразрезуголь»	15–70	564,0
13	Караканский Восточный		15–70	480,0
14	Караканский Южный		15–70	112,0
15	Талдинский Северный		40–60	130,0
16	Уропский 1		5–50	120,0
17	Уропский 2		5–50	268,0
18	Уропский 3		5–50	350,0
19	Уропский Северный		5–50	190,0
20	Корчакольский	АО «Кузнецкиинвестстрой»	15–70	102,0
Итого:				3 440,0

Учитывая данные столбца 5 таблицы 1.1, промышленные запасы составляют 3 440,0 млн тонн, что дополнительно вызывает повышенное внимание к технологическим решениям при открытой угледобыче, связанным с регулированием доли внутреннего отвалообразования. Потенциально для открытых горных работ по угольным бассейнам Российской Федерации

пригодными являются 11,4 млрд тонн, в том числе более 2 млрд тонн – коксующихся марок [62].

Для качественной и количественной характеристики условий залегания свит пластов на основе обширного анализа горно-графического материала выбраны характерные планы выходов пластов под наносы (рисунок 1.4), а также геологические разрезы и профили (рисунок 1.5) по перспективным участкам угольных месторождений центрального Кузбасса.

а)



б)



в)

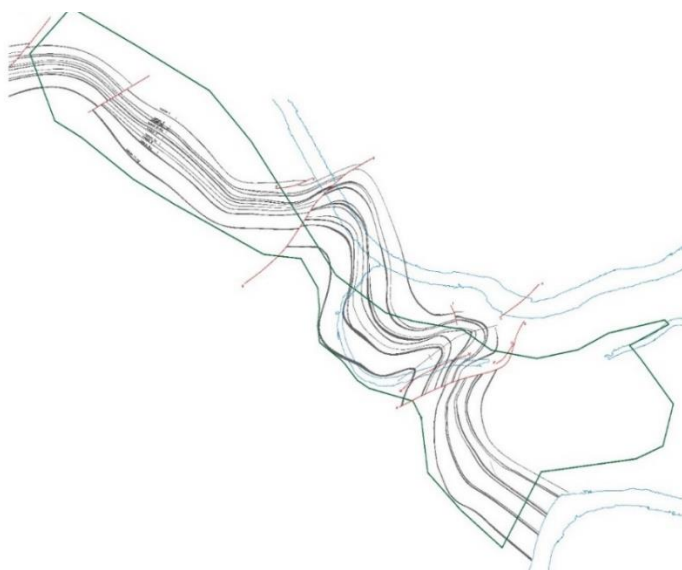


Рисунок 1.4 – Примеры форм залежей, совмещенных с выходом пластов под наносы: а – округлые (участок Кумзасского месторождения);

б – удлиненные (участок Караканского месторождения);

в – вытянутые (участок Карачиякского месторождения)

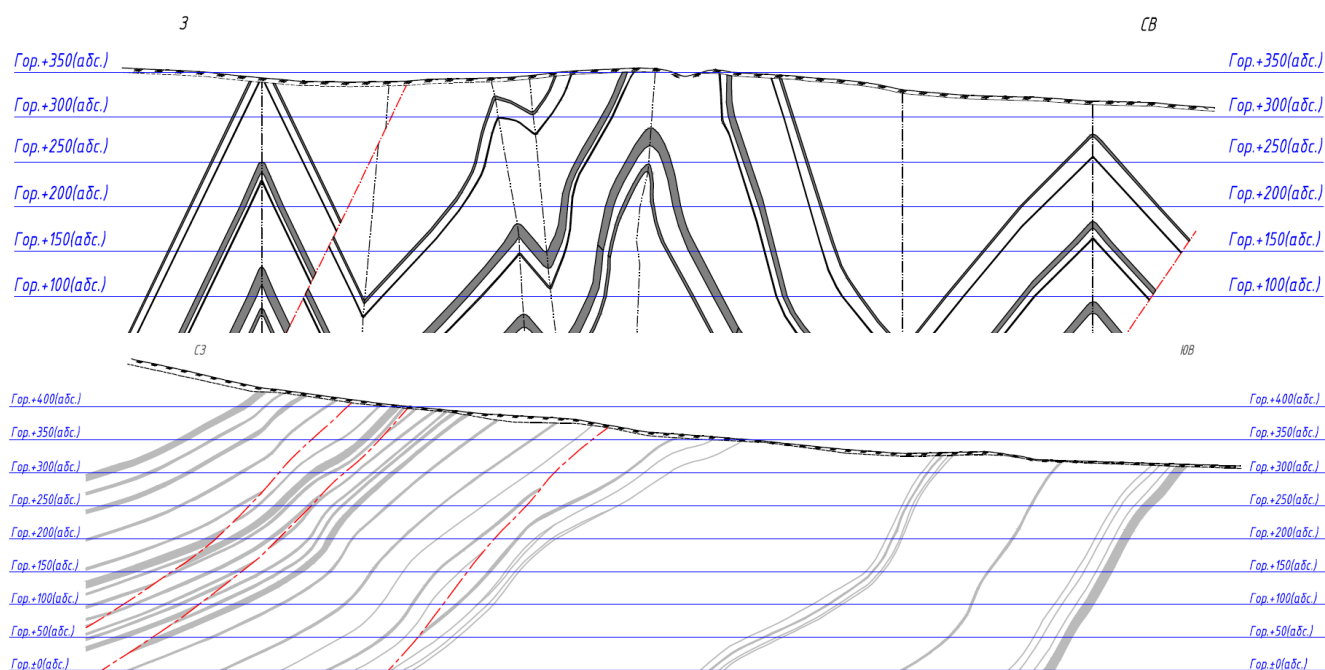


Рисунок 1.5 – Характерные геологические разрезы по рассматриваемым участкам

Таблица 1.2 – Характеристика горно-геологических условий участков центрального Кузбасса

Участок		Средняя мощность наносов, м	Количество пластов на участке, шт.	Средняя мощность пластов, м	Средняя мощность междупластий, м	Средний угол залегания, град
1	Нижнетыхтинский	19,2	28	4,8	30,8	46,4
2	Листвяничный	10,6	11	6	34,1	19,4
3	Верхнетыхтинский	17,1	19	4,8	22,4	27,3
4	Карачиякский	8,6	13	3,2	22	23,4
5	Кумзасский	4,7	7	3,1	34,6	18,1
6	Урегольский	3,1	4	5,5	30,6	16
7	Сосновский	6,1	25	3	38,1	35,2
8	Сырадасайский	10,9	14	2,8	13,1	18,5
9	Чуазасский	4,2	25	2,5	26,8	18,5
10	Бунгурский	6,4	6	3,6	20,6	64,4
11	Инской	8,6	11	9,7	33,9	47
12	Караканский 1-2	7,8	5	9,15	67,3	63

Участок		Средняя мощность наносов, м	Количество пластов на участке, шт.	Средняя мощность пластов, м	Средняя мощность междупластий, м	Средний угол залегания, град
13	Караканский Восточный	8,3	7	9,15	67,3	57
14	Караканский Южный	10,1	7	9,15	67,3	57
15	Талдинский Северный	6,7	16	6,3	40,3	55
16	Уропский 1	7,7	12	6,1	67,3	43
17	Уропский 2	8,1	12	9,2	67,3	43
18	Уропский 3	7,9	18	8,8	67,3	43
19	Уропский Северный	18,2	8	6,7	62	58
20	Корчаковский	6,3	13	5,6	36,8	33

1.3 Становление и развитие блокового способа отработки карьерных полей: научно-практический и проектный опыт

1.3.1 Становление и развитие блокового способа отработки карьерных полей

Как отмечалось в параграфе 1.1.1, при открытой разработке наклонных и крутых залежей широко применяют углубочные продольные одно- или двухбортные системы разработки по классификации систем открытой разработки, предложенной академиком Ржевским В. В. [101]. Однако использование данных систем несет в себе ряд недостатков и в дальнейшем будет только усугублять неблагоприятную экологическую обстановку на угольных бассейнах России, в том числе при освоении перспективных залежей.

Как отмечается в работах [66, 70, 117, 126, 155], в ближайшее время разрезы будут ограничены собственными отвалами, и их дальнейшее развитие в пространстве будет проблематичным. Снижение или устранение негативного влияния углубочных продольных систем разработки может быть достигнуто за счет применения блокового способа отработки карьерного поля с внутренним отвалообразованием [104].

По общим вопросам систем открытой разработки с внутренним отвалообразованием опубликовано много работ начиная с 60-х годов прошлого века. Выполненный анализ литературных источников и имеющихся исследований показал, что вопросам создания теории этапного изменения параметров и показателей карьеров, а также развития систем разработки посвящены работы многих видных ученых-горняков нашей страны: Анистратова Ю. И. [3], Арсентьева А. И. [5], Михальченко В. В. [81, 82], Макшеева В. П. [75], Наимова Р. Ш. [83], Ржевского В. В. [101–103], Томакова П. И. [135], Коваленко В. С. [55–57], Ческидова В. И. [16, 112, 151–153], Саканцева Г. Г. [106–112], Трубецкого К. Н. [137–139], Корякина А. И. [59, 60, 90], Рутковского Б. Т. [104], Еременко Е. В. [37], Зайцевой А. А. [39–41], Левченко Я. В. [67, 68], Мацко Н. А. [79], Ракишева Б. Р. [97–99], Холоднякова Г. А. [150], Селюкова А. В. [119, 120, 128, 162] и других [4, 8, 11, 35, 49, 52, 53, 62, 65, 76, 78, 83, 88, 130, 140, 144, 146–148].

Из последних публикаций наиболее интересными являются труды Рыльниковой М. В. [47, 48, 105], Гавришева С. Е. [15, 18, 43–46], Пыталева И. А. [19, 61, 95, 96], Холоднякова Г. А. [150]. В них рассматриваются вопросы вскрытия и порядка производства горных работ с внутренним отвалообразованием или складированием отходов производства в выработанном пространстве месторождений твердых полезных ископаемых. В этих работах не ставится вопрос о применении блокового способа отработки свит угольных пластов наклонного и крутого падения при освоении перспективных участков угольных месторождений центрального Кузбасса.

Блоковый способ отработки карьерных полей предложен к.т.н. Рутковским Б. Т. [104], его сущность заключается в предварительном разделении карьерного поля по длине на отдельные блоки, разрабатываемые последовательно (рисунок 1.6).

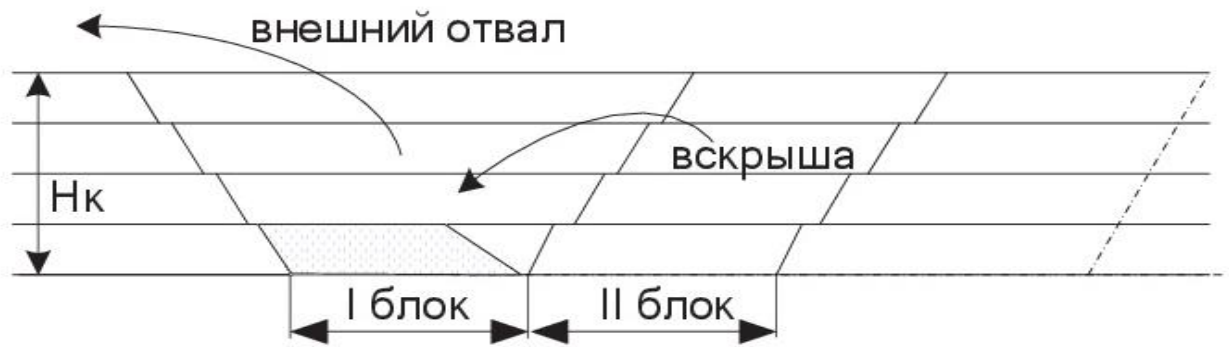


Рисунок 1.6 – Концептуальный вид блокового способа разработки (продольное сечение карьерного поля), где H_k – глубина карьера, м

В первую очередь отрабатывается первоначальный блок в торцевой части карьерного поля до конечной глубины с вывозкой породы на внешние отвалы. После его доработки до конечной глубины образуется емкость для формирования внутреннего отвала. Далее отрабатывается второй блок с размещением вскрышных пород второго блока в выработанном пространстве первоначального блока. Затем выработанное пространство второго блока заполняется вскрышей третьего и т. д.

1.3.2 Научно-практический и проектный опыт применения блокового способа отработки карьерных полей

В настоящее время при освоении угольных месторождений все большее число угольных разрезов старается использовать технологии с максимальным использованием внутреннего отвалообразования. Так, угольные разрезы при разработке проектов на освоение участков недр все чаще делают акцент на использовании ресурсосберегающих технологий, в частности, на использовании внутреннего отвалообразования.

Например, при разработке проектной документации на отработку и утверждение запасов полезного ископаемого недропользователем в техническом задании указаны требования проектной документации с участием блокового способа разработки карьерного поля (рисунок 1.7).

10	Основные технологические решения по отработке пластов угля	2. Рассчитать, обосновать и отстроить оптимальный контур карьера; 3. Для оптимизации технико-экономических показателей, предусмотреть максимально возможное внутреннее отвалообразование, блочную систему отработки запасов; 4. Исключить или минимизировать увеличение санитарно-защитной зоны разреза; 5. Выполнить подсчет запасов (оценку ресурсов) в отстроенном оптимальном контуре карьера; 6. Отстроить технические границы отработки участка в границах лицензий; 7. Обосновать расчетами годовой уровень добычи, с учетом фактически достигнутого уровня добычи в границах лицензии КЕМ 11669 ТЭ за 2016 год 2,07 млн. тонн и максимального годового проектного уровня добычи в соответствии с действующим проектом 2,5 млн. тонн; 8. Выполнить технико-экономические расчеты по вариантам параметров кондиций; 9. Обосновать и предложить к утверждению вариант кондиций для подсчета балансовых запасов, удовлетворяющий требованиям государства и недропользователя; 10. Обосновать и предложить к утверждению вариант кондиций для подсчета запасов вне обоснованного оптимального контура карьера; 11. Обосновать целесообразность отработки отдельных пластов, участков, блоков в оптимальном контуре карьера (в случае необходимости); 12. Для технико-экономической оценки вариантов кондиций рассчитать основные качественные показатели добытого и товарного угля (зольность,	
----	--	---	--

Рисунок 1.7 – Фрагмент технического задания на разработку проектной документации с использованием блокового способа отработки

В связи с этим можно сделать промежуточный вывод, что недропользователи заинтересованы в рациональном освоении месторождения.

При этом попытки использовать блоковый способ разработки в связи с отсутствием каких-либо системных рекомендаций по расчету параметров блоков носят «условный» характер. Данная «условность» обусловлена тем, что разделение карьерного поля на блоки производится необоснованно и зачастую выражено каким-либо характерным объектом, например, разведочными линиями (рисунок 1.8) или другими объектами поверхности (линия электропередач, железнодорожные пути, водные объекты и др.). По этой причине рациональность отработки участка может быть подвержена сомнению, так как отсутствует обоснование и увязка параметров блоков с технологической основой блокового способа, которая заключается в размещении всех вскрышных пород второго и последующих блоков в выработанном пространстве предыдущего.

Данные промежуточные выводы подтверждаются исследованиями, опубликованными в работах [21–27, 122–124].

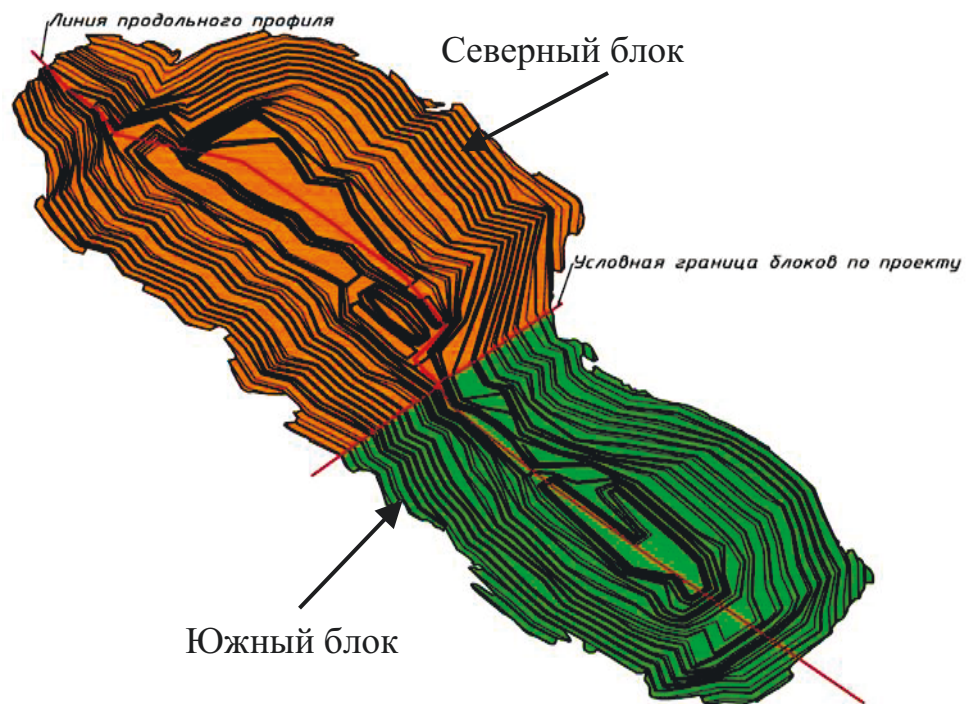


Рисунок 1.8 – Общий вид карьерного поля с делением на блоки при разработке перспективного участка Киселевского каменноугольного месторождения

Помимо этого, в работах [23, 24, 26] была произведена оценка запасов полезного ископаемого по каждому блоку, объем которых непосредственно влияет на срок отработки участка и должен увязываться при переходе между блоками. По результатам оценки выявлена необоснованность выбора места заложения первоначального блока и его параметров. Дополнительным фактором отсутствия выбора места заложения первоначального блока является фактическое положение горных работ, которое в данном случае играет важную роль, так как наиболее логично применительно к блоковому способу первым ввести в эксплуатацию блок, отличный от проектной документации [92], в связи с наиболее близкой высотной отметкой по достижению проектной глубины (рисунок 1.9).

а)



б)

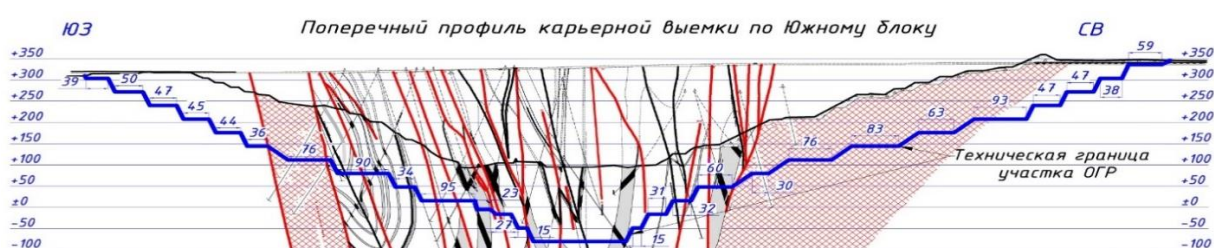
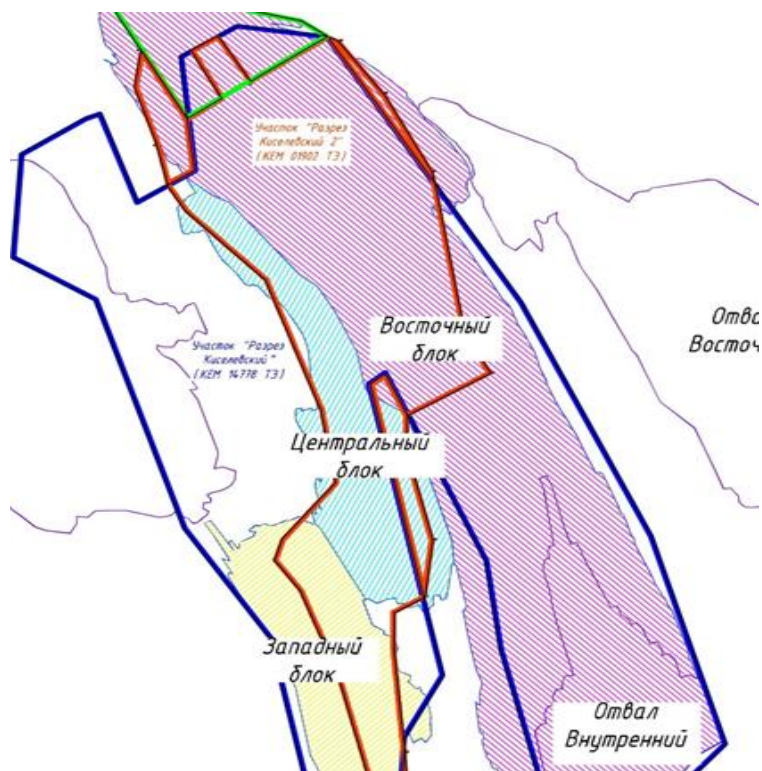


Рисунок 1.9 – Характерные геологические разрезы
по Северному (а) и Южному (б) блокам

Аналогичная ситуация выявлена при изучении планов и характерных геологических разрезов перспективных участков с нанесенным текущим положением горных работ, отрабатываемых с применением блокового способа. В связи с этим подробно рассмотрены системные недостатки внедрения блокового способа на примере нескольких перспективных участков.

Участок расположен на северо-западе Прокопьевско-Киселевского геолого-экономического района Кузбасса, в пределах Киселевского каменноугольного месторождения, на территории муниципальных образований «Прокопьевский район» и «Киселевский городской округ». Отработка участка предусматривается с выделением трех эксплуатационных блоков (рисунок 1.10).

а)



б)

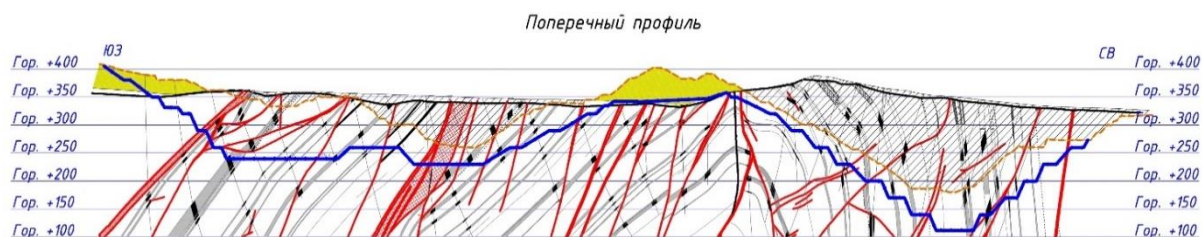
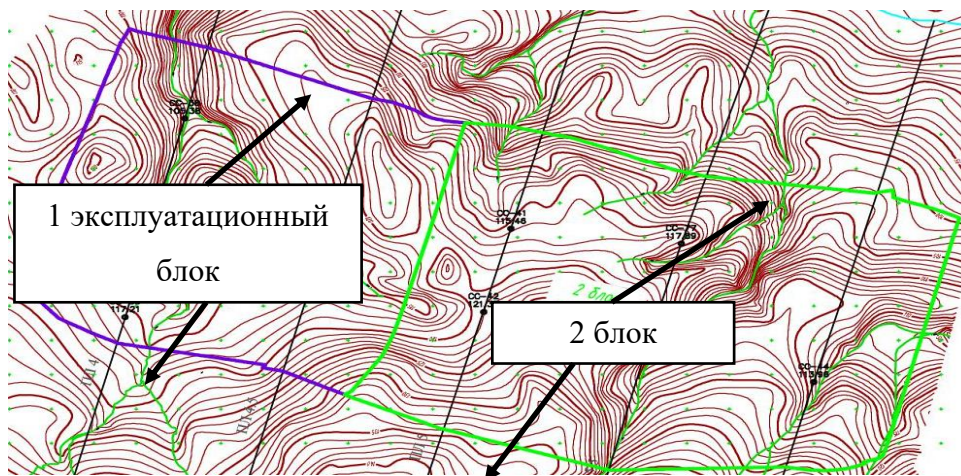


Рисунок 1.10 – Общий вид месторождения в плане (а);
характерный геологический разрез (б)

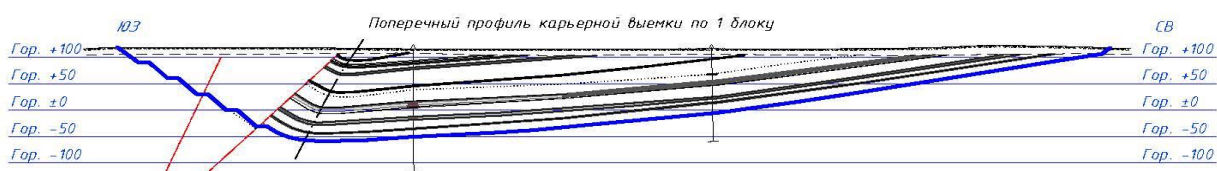
В связи с тем, что в проектной документации предусмотрено разделение участка на блоки по следующему принципу: «Участок открытых горных работ предусматривается условно разделить на 3 эксплуатационных блока...», можно сделать вывод, что никаких аргументов по разделению участка на блоки нет.

Другой участок расположен в междуречье рек Енисей и Пясины. В административном отношении площадь месторождения относится к Таймырскому району Красноярского края. Отрабатывается месторождение двумя эксплуатационными блоками (рисунок 1.11).

а)



б)



в)



Рисунок 1.11 – Общий вид поверхности месторождения (а);
характерные геологические разрезы 1 блока (б) и 2 блока (в)

Согласно проектной документации, деление участка на эксплуатационные блоки аргументируется следующим: «Границы деления участка на блоки были определены исходя из геологических особенностей залегания полезного ископаемого, с учетом возможности складирования вскрышных пород в выработанном пространстве карьерной выемки». При этом обоснованных решений по принятию данного решения не приводится.

Третий участок административно расположен на территории Анадырского муниципального района в Чукотском автономном округе (рисунок 1.12).



Рисунок 1.12 – Общий вид поверхности месторождения с делением на блоки

Согласно концепции освоения участка, проектной документацией заложено использование блокового способа. При этом в данной документации рассмотрено развитие только одного блока. Основным ограничивающим фактором выделения данного блока является наличие водного объекта, что и послужило необходимым разделить данное месторождение на блоки. В данном случае аналогично предыдущим отсутствуют какие-либо предпосылки к определению их параметров.

Как видно, во всех представленных случаях для разработки месторождений недропользователями внедряется ресурсосберегающая технология – блоковый способ. При этом сохраняется проблема отсутствия методики, конкретизирующей определение параметров первоначального и последующих блоков; увязки вместимости внутреннего отвала и объемов блоков; отсутствие регулирования дальности транспортирования вскрышных пород при разработке всех блоков.

Эти обстоятельства определяют неравномерность размещения вскрышных пород отрабатываемого блока в выработанное пространство отработанного, что негативно сказывается на технико-экономических показателях разреза – увеличивается дальность транспортирования за счет перемещения излишка породы на внешние отвалы, увеличиваются объемы и площади внешних отвалов.

1.4 Выводы

1. Установлена необходимость разработки земле- и ресурсосберегающих технологий отработки месторождений твердых полезных ископаемых, что является актуальной задачей для горнодобывающей промышленности. Выявлено, что использование существующих систем разработки наклонных и крутопадающих залежей приведет к увеличению объемов вскрыши, которые необходимо размещать во внешних отвалах и изыскивать площади для размещения данных отвалов.

2. Установлены характеристики горно-геологических условий перспективных участков угольных месторождений центрального Кузбасса, которые выражены преимущественно в сложном, невыдержанном залегании свит пластов угля.

3. Рассмотрен теоретический и научно-практический опыт применения блокового способа отработки карьерных полей. Выявлены недостатки использования блокового способа в научной, проектной и производственной сферах, которые выражены не изученностью для сложноструктурных месторождений единой научно-методической базы, включающей:

- графоаналитическое обоснование параметров первоначального, второго и последующих блоков;
- графоаналитическое обоснование количества обрабатываемых блоков и длины карьерного поля;
- аналитическое обоснование вместимости блоков как отвальных емкостей с учетом пространственного залегания свиты пластов;
- взаимосвязи параметров блоков и условий залегания свиты пластов наклонного и крутого падения.

Учитывая сложную экономическую ситуацию на мировом рынке, угольная промышленность имеет особое значение для России, даже несмотря на заметное снижение потребления этого вида топлива.

В результате проведенного анализа состояния вопроса сформулирована **цель работы:** обосновать параметры блокового способа открытой угледобычи с применением автотранспортной технологии перемещения вскрышных пород во внутренний отвал при снижении землеемкости горных работ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие взаимосвязанные **задачи:**

1. Разработать графическую модель блокового способа отработки карьерных полей с применением автомобильного транспорта;
2. Установить закономерности изменения параметров блокового способа открытой угледобычи с применением автотранспортной технологии.
3. Определить технико-экономическую эффективность технологического решения.

ГЛАВА 2 РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БЛОКОВОГО СПОСОБА ОТРАБОТКИ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

2.1 Обоснование организации производства работ: применяемая система открытой разработки и перемещение горной массы

Учитывая использование углубочных продольных систем разработки, целесообразно рассмотреть организацию работ при данных системах разработки.

Отработка карьерных полей с наклонным и крутым залеганием свит пластов заключается в порядке выполнения вскрышных, добычных и регулярных горно-подготовительных работ с транспортированием вскрышных пород автомобильным транспортом на внешние отвалы за пределы карьерного поля.

Поперечный профиль карьерного поля, обрабатываемого по углубочной продольной системе разработки, представлен на рисунке 2.1.

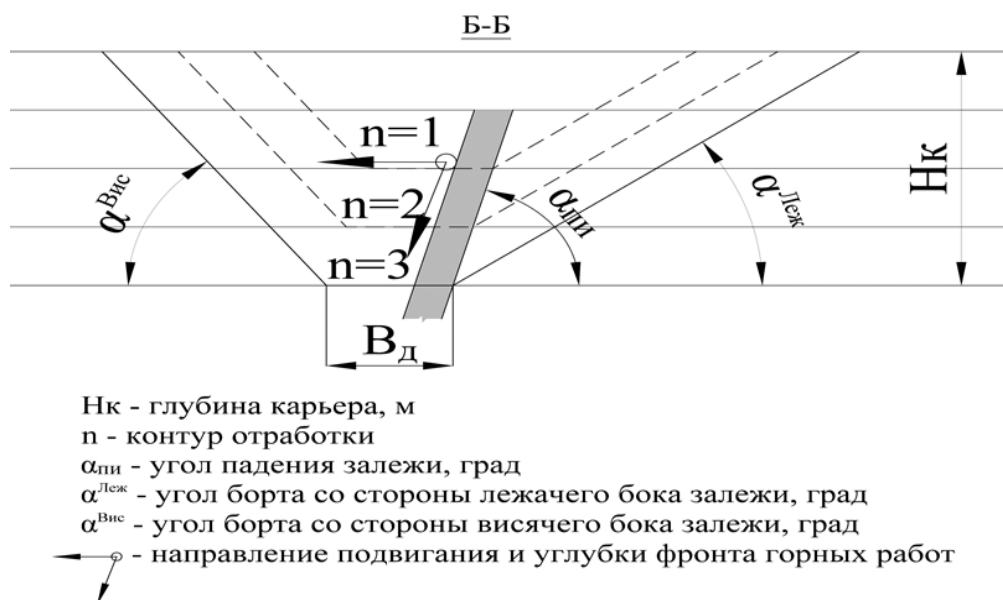
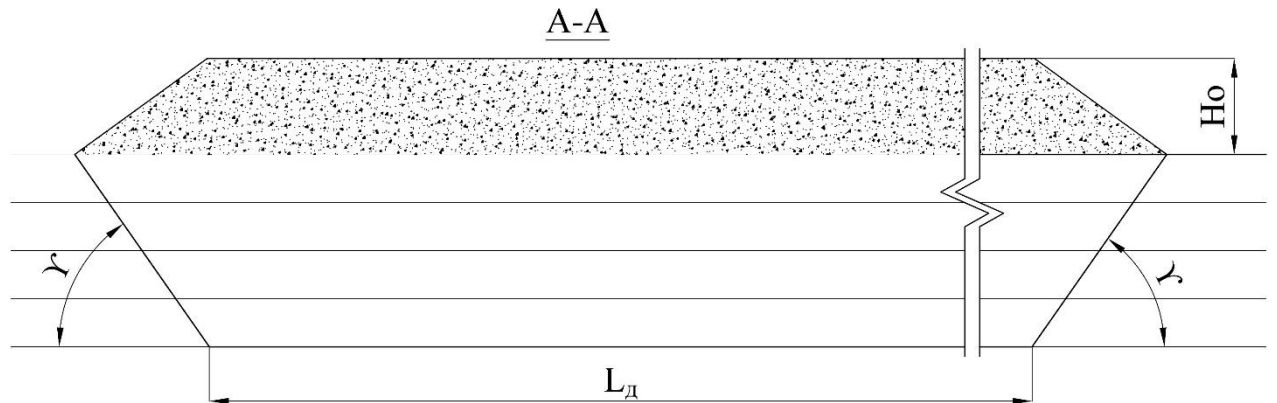


Рисунок 2.1 – Поперечный профиль карьерного поля, обрабатываемого по углубочной продольной системе разработки

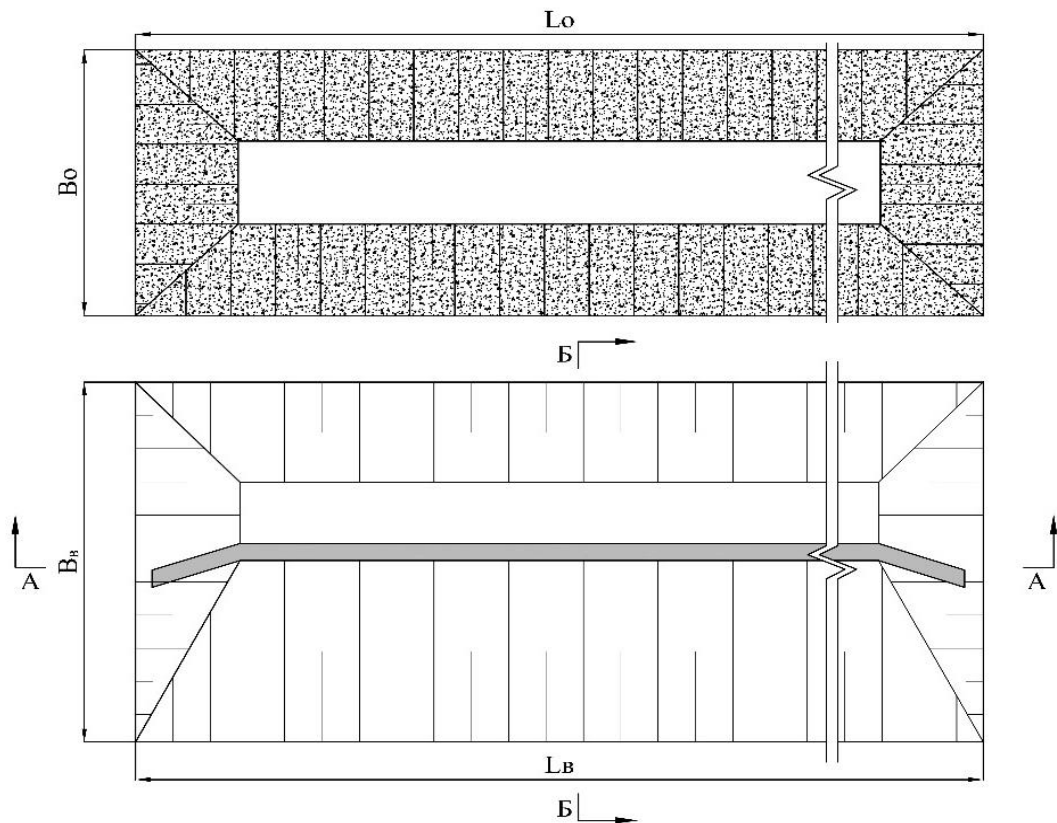
Продольный профиль участка, обрабатываемого по углубочной продольной системе разработки, представлен на рисунке 2.2.



H_0 - высота отвала, м; $L_д$ - длина карьера по дну, м; γ - угол борта в торце, град.

Рисунок 2.2 – Продольный профиль карьерного поля, обрабатываемого по углубочной продольной системе разработки

Принципиальная схема участка, обрабатываемого по углубочной продольной системе разработки, представлена на рисунке 2.3.



L_0 - длина отвала, м
 B_0 - ширина отвала, м
 $B_н$ - ширина карьера по верху, м
 $L_в$ - длина карьера по верху, м

Рисунок 2.3 – Принципиальная схема углубочной продольной системы разработки

Как видно из рисунков 2.1–2.3, вся вскрышная порода перемещена за пределы карьерного поля – во внешний отвал, образуя в конечном контуре емкость. Соответственно, при восстановлении земель, нарушенных карьерным полем и внешним отвалом, необходимо переместить весь внешний отвал в емкость карьерного поля, что будет сопровождаться дополнительными затратами на экскавацию, транспортирование и укладку пород в емкость.

На основании вышесказанного выявлены особенности применения углубочных продольных систем разработки, основными из которых являются следующие:

- с углублением горных работ и развитием внешних отвалов постоянно увеличивается расстояние транспортирования вскрышных пород и, следовательно, возрастают затраты на производство вскрыши;
- с глубиной увеличивается общая длина фронта работ и протяженность транспортных коммуникаций, что требует больших затрат на их сооружение и содержание;
- весь объем вскрыши вывозится на внешние отвалы, и для их размещения необходимы большие земельные отводы;
- велики площади нарушения поверхности, которые являются источниками пылеобразования в районе ведения открытых горных работ;
- отсутствие возможности восстановления поверхности в процессе эксплуатации месторождения, из-за чего создается большой разрыв во времени между нарушением и рекультивацией земель.

2.2 Формирование особенностей и требований к отработке карьерных полей угольных разрезов с применением блокового способа и автотранспортной технологии

Отработка свит пластов наклонного и крутого падения на угольных разрезах [157] с применением блокового способа производится по углубочным продольным системам разработки, применение которых имеет ряд недостатков:

1. Увеличение расстояния транспортирования с углублением рабочей зоны;
2. Увеличение транспортных коммуникаций, что требует больших затрат на их сооружение и содержание;
3. Размещение всей вскрыши на внешних отвалах, что требует изъятия больших площадей;
4. Велики площади нарушения поверхности, которые являются источниками пылеобразования;
5. Отсутствует возможность восстановления поверхности в процессе эксплуатации месторождения.

Рутковским Б. Т. разработан и предложен способ отработки свит пластов наклонного и крутого падения на угольных разрезах [157]. Данный способ характеризуется следующими особенностями:

- делением карьерного поля по его длине на отдельные части – блоки;
- выбором места заложения первоначального блока;
- последовательной отработкой блоков;
- размещением вскрышных пород при разработке первоначального блока на внешнем отвале;
- размещением вскрышных пород при разработке второго блока в выработанном пространстве первоначального блока – во внутреннем отвале.

Общий вид блокового способа, предлагаемого Рутковским Б. Т. [157], представлен на рисунке 2.4.

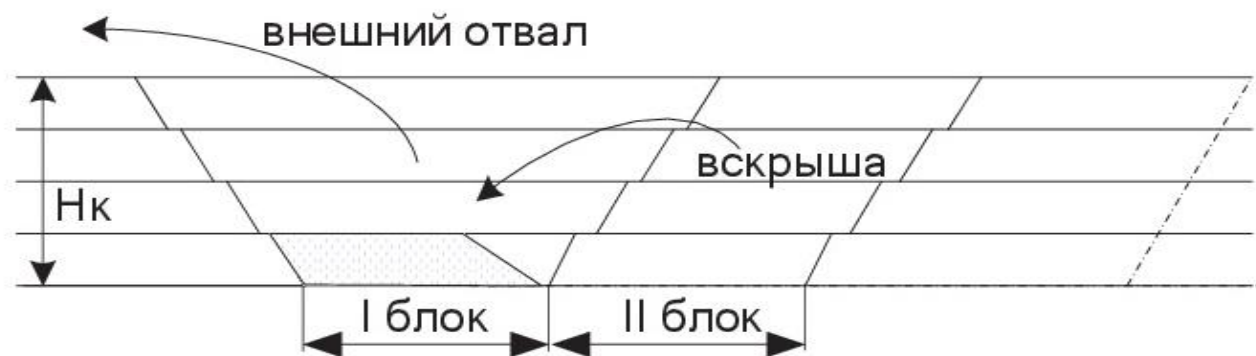


Рисунок 2.4 – Общий вид блокового способа, предлагаемого Рутковским Б. Т. (продольное сечение карьерного поля), где H_k – глубина карьера, м

Основоположителем данного способа предлагается следующее технологическое решение: деление карьерного поля на блоки производится по его длине на отдельные части – блоки. Отработка блоков ведется последовательно.

Первоначальный блок отрабатывается до конечной глубины карьерного поля с вывозкой вскрышной породы автотранспортом на внешний отвал, вскрышная порода последующих блоков размещается во внутреннем отвале предыдущего блока. Далее выработанное пространство второго блока заполняется вскрышей третьего и т. д.

На основании вышесказанного сформулированы особенности блокового способа по сравнению с углубочными продольными системами разработки.

Таблица 2.1 – Особенности, предъявляемые к системе разработки

Особенности	УД ¹	БС ²
Уменьшение расстояния транспортирования вскрышных пород	-	+
Снижение затрат на содержание и сооружение транспортных коммуникаций	-	+
Возможность использования выработанного пространства	-	+
Уменьшение площади пылящей поверхности	-	+
Обеспечение возможности восстановления нарушенной поверхности в процессе разработки карьерного поля	-	+
Примечание: ¹ Углубочные продольные системы разработки (по акад. В. В. Ржевскому); ² сокр. от «Блоковый способ»		

Основными недостатками данного способа являются:

- отсутствие системных рекомендаций определения параметров блоков;
- отсутствие конкретных решений по выбору места заложения первоначального блока.

Данные недостатки обусловлены отсутствием взаимосвязи параметров разрабатываемого блока и выработанного пространства отработанного блока, при котором объем разрабатываемых пород невозможно разместить в выработанном пространстве предыдущего блока.

Это обстоятельство определяет неравномерность размещения вскрышных пород отрабатываемого блока в выработанное пространство отработанного, что негативно сказывается на технико-экономических показателях разреза – увеличивается дальность транспортирования за счет перемещения излишка породы на внешние отвалы, увеличиваются объемы и площади внешних отвалов.

На основании особенностей разработки карьерных полей блоковым способом сформированы требования к блоковому способу, которые позволяют использовать углубочную продольную систему разработки и максимальное использование внутреннего отвалообразования.

Основными требованиями являются:

- уменьшение дальности транспортирования вскрыши;
- снижение количества остаточных карьерных выемок;
- снижение количества и площадей внешних отвалов;
- упрощение организации ведения работ в блоке;
- максимальное использование выработанного пространства.

Сформулированные требования должны учитываться в организации производства работ при отработке карьерных полей блоковым способом.

2.3 Формирование общего перечня графических моделей и последовательности выполнения работ в блоках

Учитывая, что свиты пластов имеют значительную протяженность, необходимо рассмотреть различные варианты отработки свиты пластов по ее простиранию, с применением углубочной продольной системы разработки. Так как основоположником предложено деление карьерного поля на блоки по его длине, то и схемные решения должны отражать данное решение.

Ориентируясь на данный факт, целесообразно рассмотреть три графические модели отработки:

- 1) Однофланговая, с направлением развития фронта горных работ от одного фланга к другому (рисунок 2.5);
- 2) Двухфланговая, с направлением развития фронта горных работ от флангов к центру карьерного поля (рисунок 2.6);
- 3) Двухфланговая, с направлением развития фронта горных работ от центра к флангам карьерного поля (рисунок 2.7).

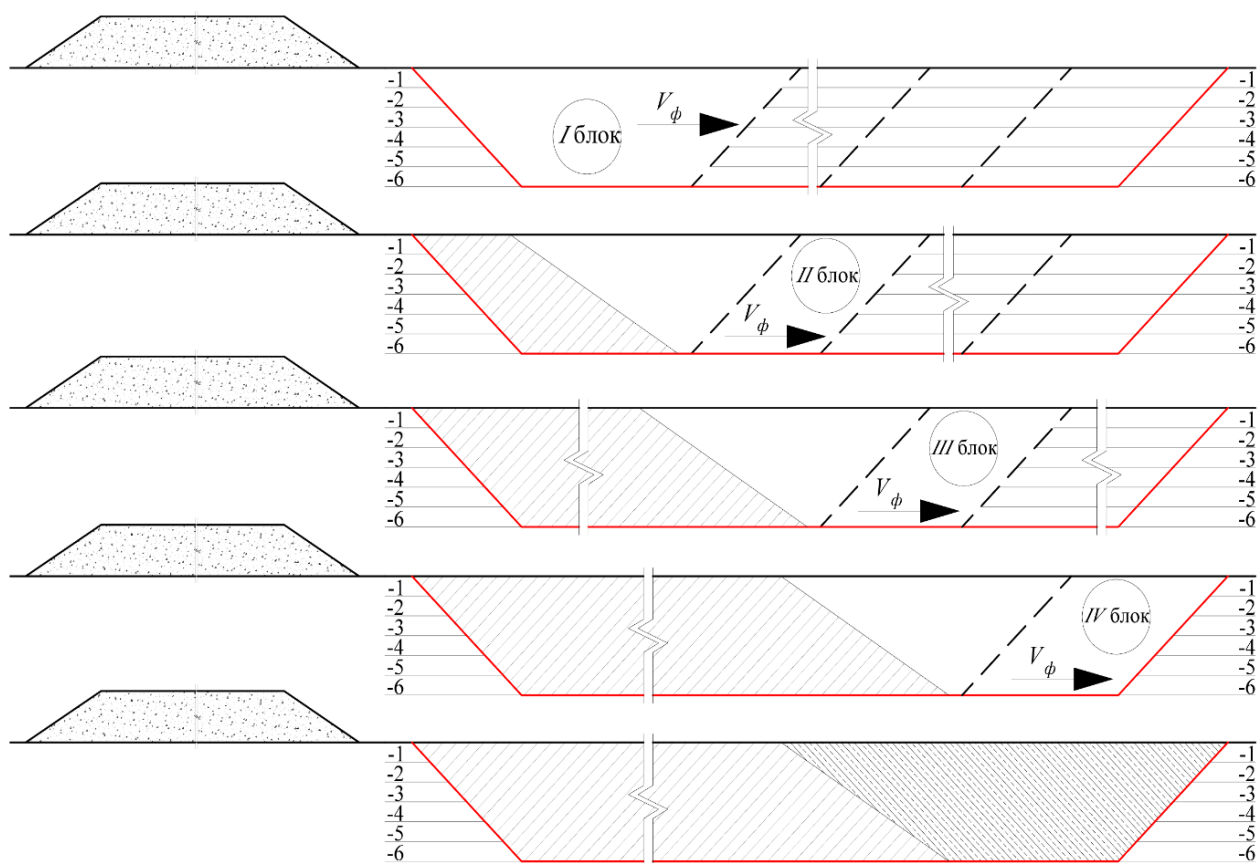


Рисунок 2.5 – Однофланговая модель отработки карьерного поля с применением блокового способа

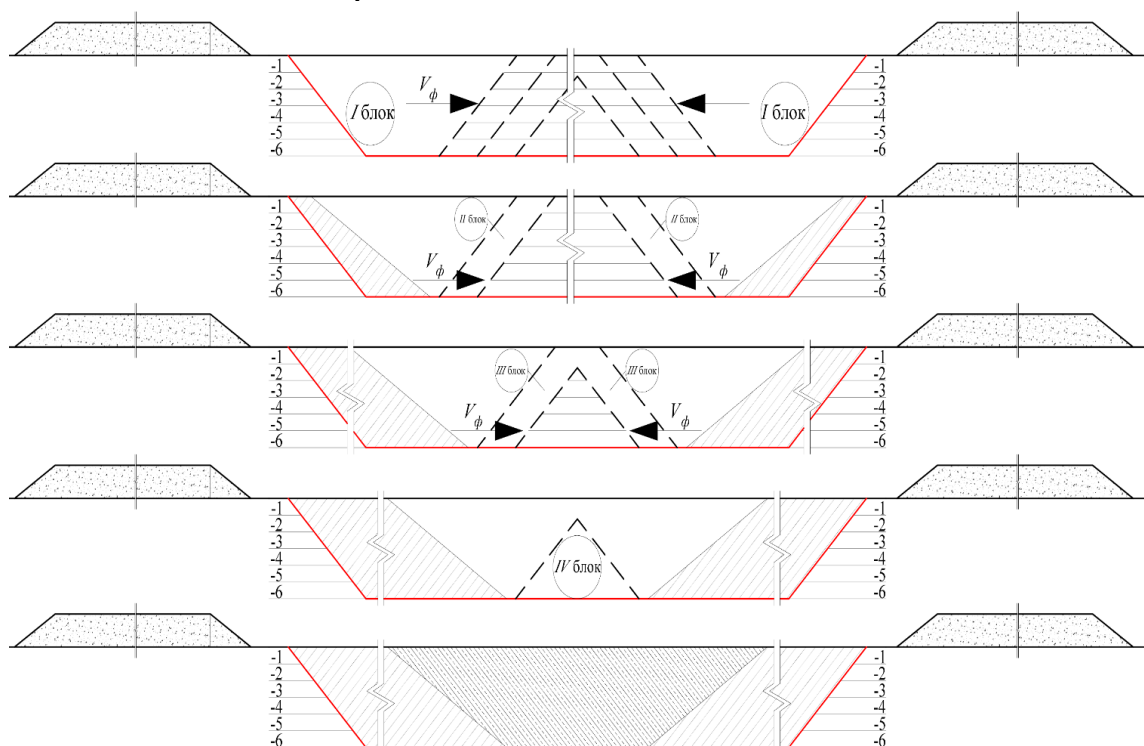


Рисунок 2.6 – Двухфланговая модель отработки карьерного поля с применением блокового способа (от флангов к центру)

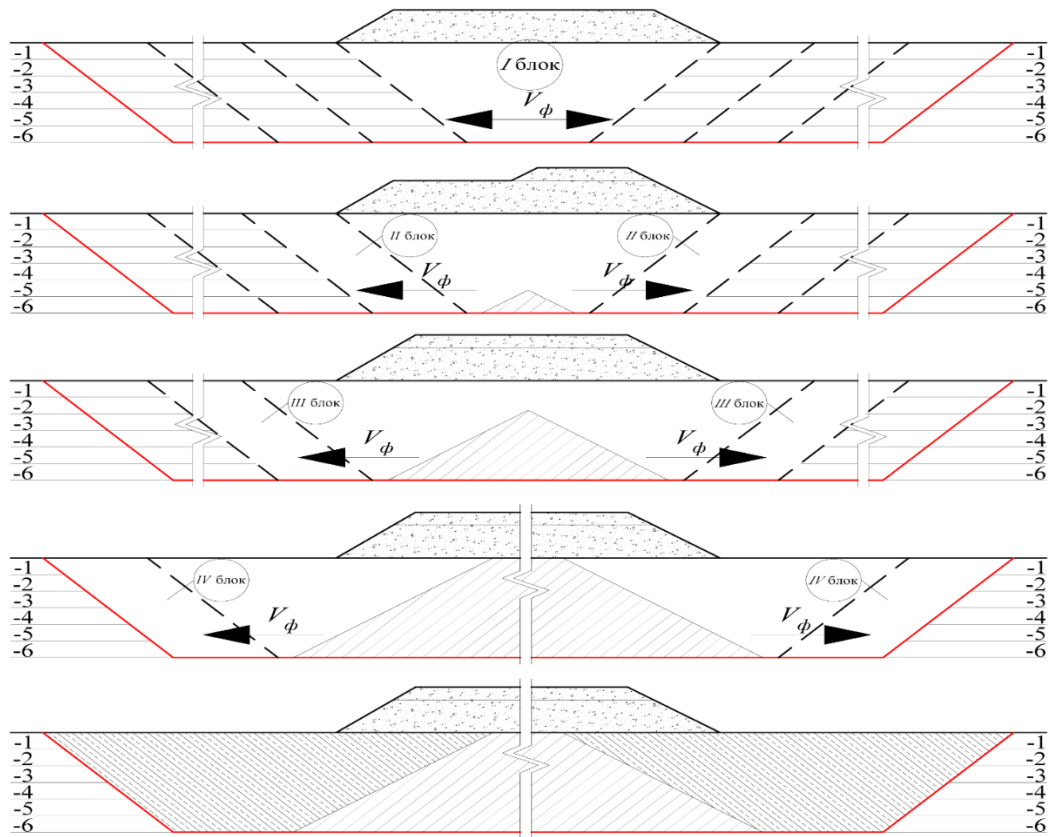


Рисунок 2.7 – Двухфланговая модель отработки карьерного поля с применением блокового способа (от центра к флангам)

Графическая модель, представленная на рисунке 2.5, отражает заложение первоначального блока в одном из торцов карьерного поля. Размещение вскрышных пород при отработке первоначального блока производится на внешнем отвале, расположенном в торце карьерного поля, что позволит сократить расстояние транспортирования.

Второй блок обрабатывается последовательно с размещением вскрышных пород в выработанном пространстве первоначального блока, что позволит вести отработку в границах установленной дальности транспортирования и разместить всю вскрышу в выработке первоначального блока, а также начать рекультивацию внешнего отвала.

Третий блок обрабатывается аналогично второму.

Двухфланговая модель (рисунок 2.6) с направлением развития фронта горных работ от флангов к центру карьерного поля предполагает начинать отработку карьерного поля одновременно с двух его торцов. Технологически

отработка аналогична однофланговому способу, за исключением формирования двух внешних отвалов, которые необходимо рекультивировать, и одной остаточной карьерной выемки. При этом возрастает количество транспортных коммуникаций из каждого блока в два раза.

При двухфланговой модели с направлением развития фронта горных работ от центра к флангам карьерного поля (рисунок 2.7) первоначальный блок строится в центре карьерного поля, что позволяет аккумулировать в одном пространстве большие ресурсы, однако данный факт сказывается на организации ведения горных работ и дальнейшем развитии транспортных коммуникаций и их поддержании. При этом на стадии доработки карьерного поля формируются две остаточные карьерные выемки, которые необходимо рекультивировать.

2.4 Анализ и формирование графической модели отработки карьерных полей во взаимосвязи с параметрами блоков

С учетом особенностей и требований, представленных в п. 2.2 (требования к схемам) сформированы критерии для выбора рациональной схемы отработки карьерного поля с применением блочного способа и автомобильного транспорта, представленные в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Критерии для выбора рациональной схемы отработки карьерного поля

Критерии	Однофланговая модель отработки карьерного поля с применением блочного способа	Двухфланговая модель отработки карьерного поля с применением блочного способа (от фланга к центру)	Двухфланговая модель отработки карьерного поля с применением блочного способа (от центра к флангам)
Снизить расстояние транспортирования вскрышных пород	+	+	+
Минимизировать количество транспортных коммуникаций в процессе работ и т. д.	+ (1 карьерная выемка + 1 внешний отвал – 1 внутренний – 1 отвальная зона)	- (2 карьерные выемки + 2 внешних отвала – 2 внутренних – 2 отвальные зоны)	- (1 карьерная выемка + 1 внешний отвал – 1 внутренний – 2 отвальные зоны)

Продолжение таблицы 2.2.

Количество зон ведения работ в 1 блоке	1 рабочая 1 отвальная	2 рабочие 2 отвальные	2 рабочие 1 отвальная
Количество зон ведения работ во 2 блоке	1 рабочая 1 отвальная	2 рабочие 2 отвальные	2 рабочие 2 отвальные
Количество грузопотоков	1 добычной 1 вскрышной	2 добычных 2 вскрышных	2 добычных 2 вскрышных
Упрощение организации работ	+	-	-
Снизить затраты на содержание и сооружение транспортных коммуникаций	+	-	-
Максимально использовать выработанное пространство	+(одна остаточная выемка)	-(две остаточные выемки)	-(одна остаточная выемка)
Снизить площади пылящей поверхности	+(1 внешний отвал)	-(2 внешних отвала)	-(1 внешний отвал)
Обеспечить возможность восстановления нарушенной поверхности в процессе разработки карьерного поля	+	+	+
Рекультивация	1 остаточная выемка + 1 внешний отвал	2 остаточные выемки + 2 внешних отвала	1 остаточная выемка + 1 внешний отвал
* Примечание: «+» удовлетворяет требованию; «-» – не удовлетворяет требованию.			

В результате анализа графического моделирования на основании совокупности критериев для дальнейшего изучения принята однофланговая модель, на основании которой разработана графическая модель отработки карьерных полей во взаимосвязи с параметрами блоков.

На рисунке 2.8 представлена графическая модель отработки первоначального блока.

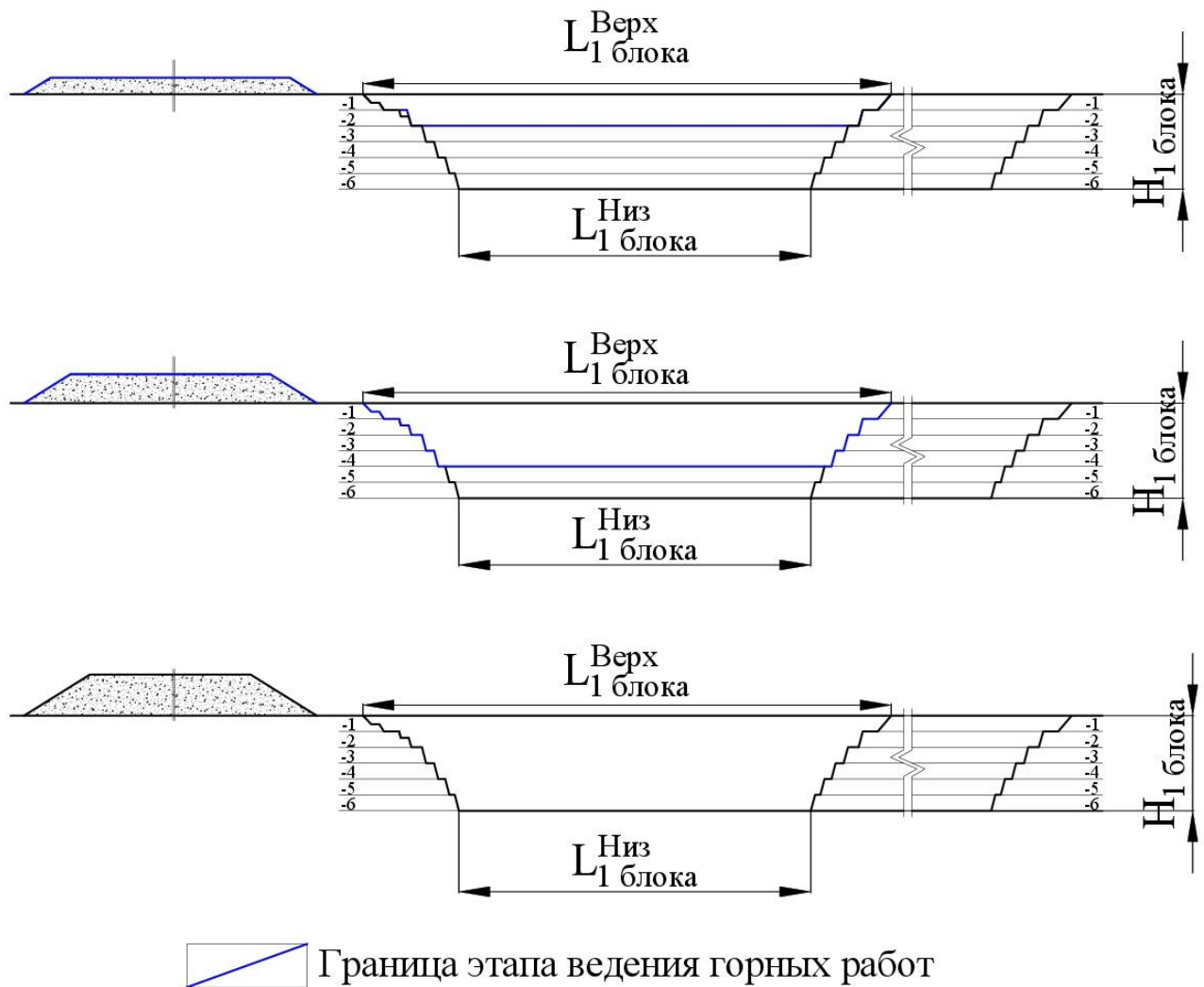


Рисунок 2.8 – Графическая модель отработки первоначального блока

Данная графическая модель отражает последовательность работ в первоначальном блоке до момента достижения его максимальных параметров, при которой отработка блока осуществляется по классической углубочной продольной системе разработки с применением автомобильного транспорта. Вскрытие рабочих горизонтов производится скользящими съездами внутреннего заложения, свита пластов вскрывается разрезными траншеями. При этом все вскрышные породы размещаются за пределами карьерного поля – на внешних отвалах.

На рисунке 2.9 представлена графическая модель отработки второго блока.

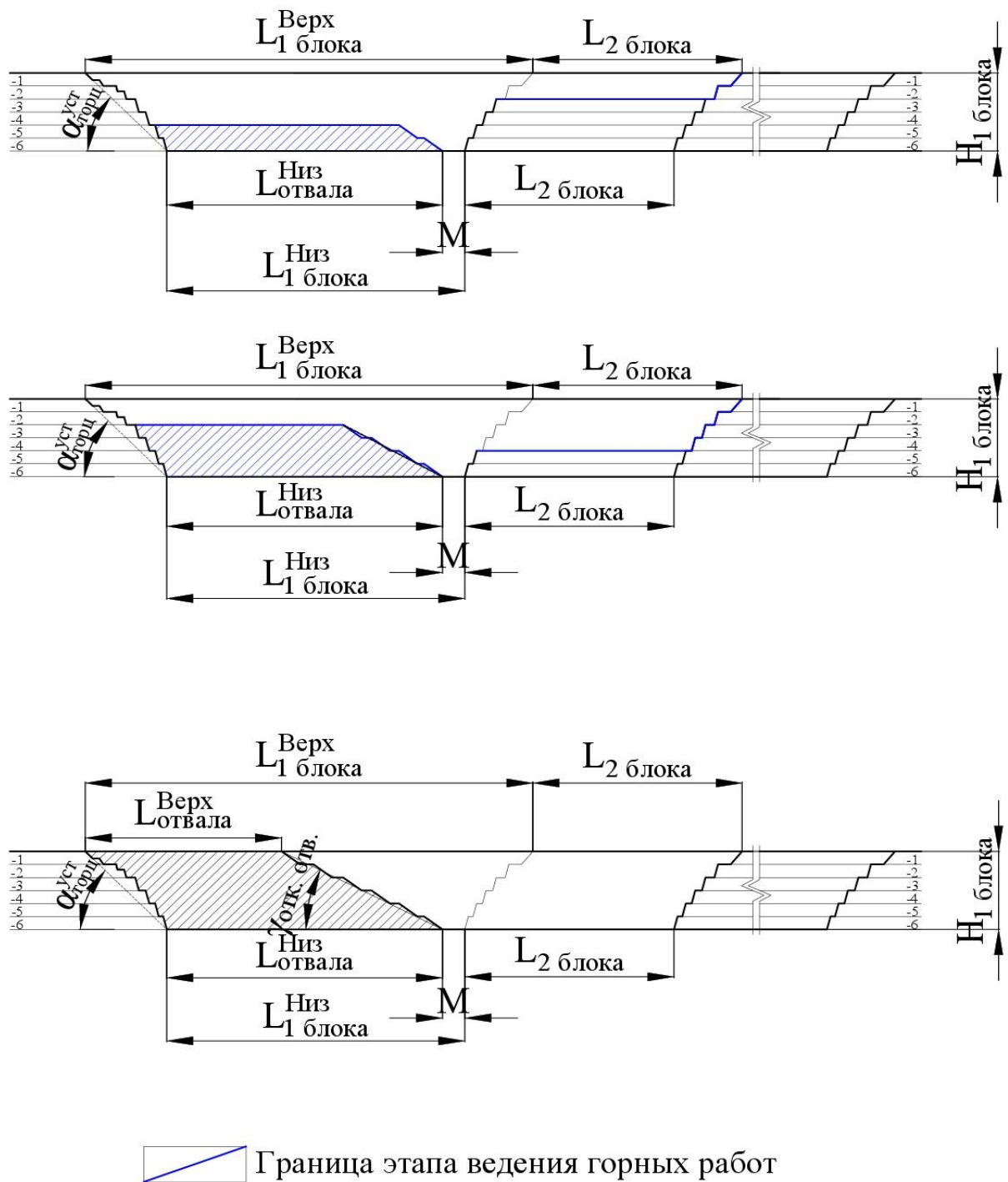


Рисунок 2.9 – Графическая модель отработки второго блока

Данная графическая модель отражает последовательность работ во втором блоке до момента достижения его максимальных параметров, при которой отработка блока осуществляется по классической углубочной продольной системе разработки с применением автомобильного транспорта. Вскрытие рабочих горизонтов производится скользящими съездами внутреннего заложения,

свита пластов вскрывается разрезными траншеями. При этом все вскрышные породы размещаются в пределах карьерного поля – во внутреннем отвале выработанного пространства первоначального блока.

На рисунке 2.10 представлена графическая модель отработки третьего блока.

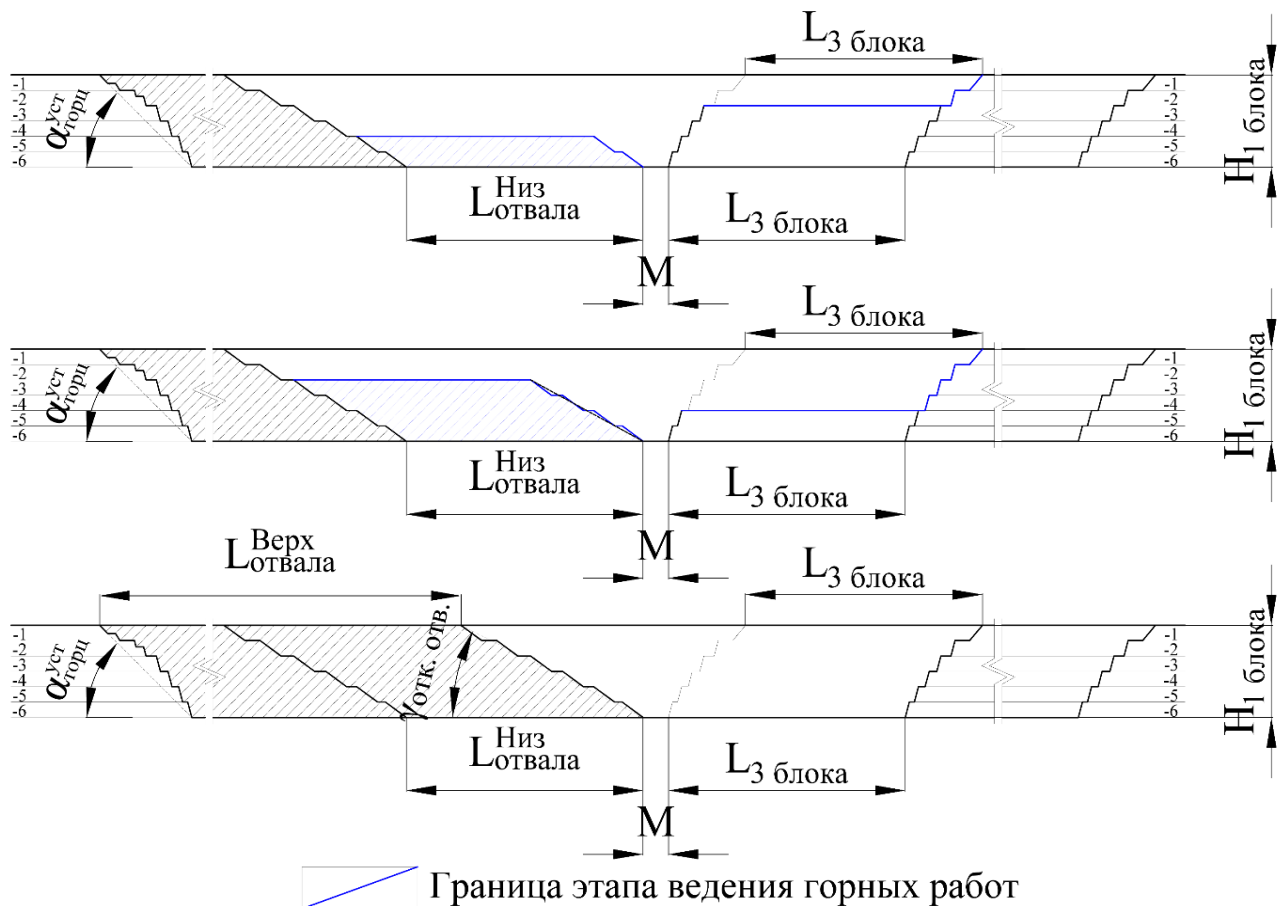


Рисунок 2.10 – Графическая модель отработки третьего блока

Данная графическая модель отражает последовательность работ в третьем блоке до момента достижения его максимальных параметров, при которой отработка блока осуществляется по классической углубочной продольной системе разработки с применением автомобильного транспорта. Вскрытие рабочих горизонтов производится скользящими съездами внутреннего заложения, свита пластов вскрывается разрезными траншеями. При этом все вскрышные породы размещаются в пределах карьерного поля – во внутреннем отвале выработанного пространства первоначального и второго блоков.

Как видно из представленных выше рисунков 2.8–2.10, первоначальный блок по своей сути представляет собой простую геометрическую фигуру – трапецию; второй и третий блоки представляют собой другую фигуру – параллелограмм. Отличительной особенностью трапеции в данном контексте является площадь, значительно большая по сравнению с площадью параллелограмма.

При этом необходимо отметить тот факт, что второй и третий блоки концептуально идентичны друг другу, соответственно, их параметры также будут идентичны.

В поперечном сечении глубина и характерные уступы блока будут совпадать с продольным сечением, при этом конструкция борта будет зависеть от горно-геологических условий и расположения борта, к примеру, на рисунке 2.11 представлены условия формирования борта при залегании слоистости пород в выработку под различными углами.

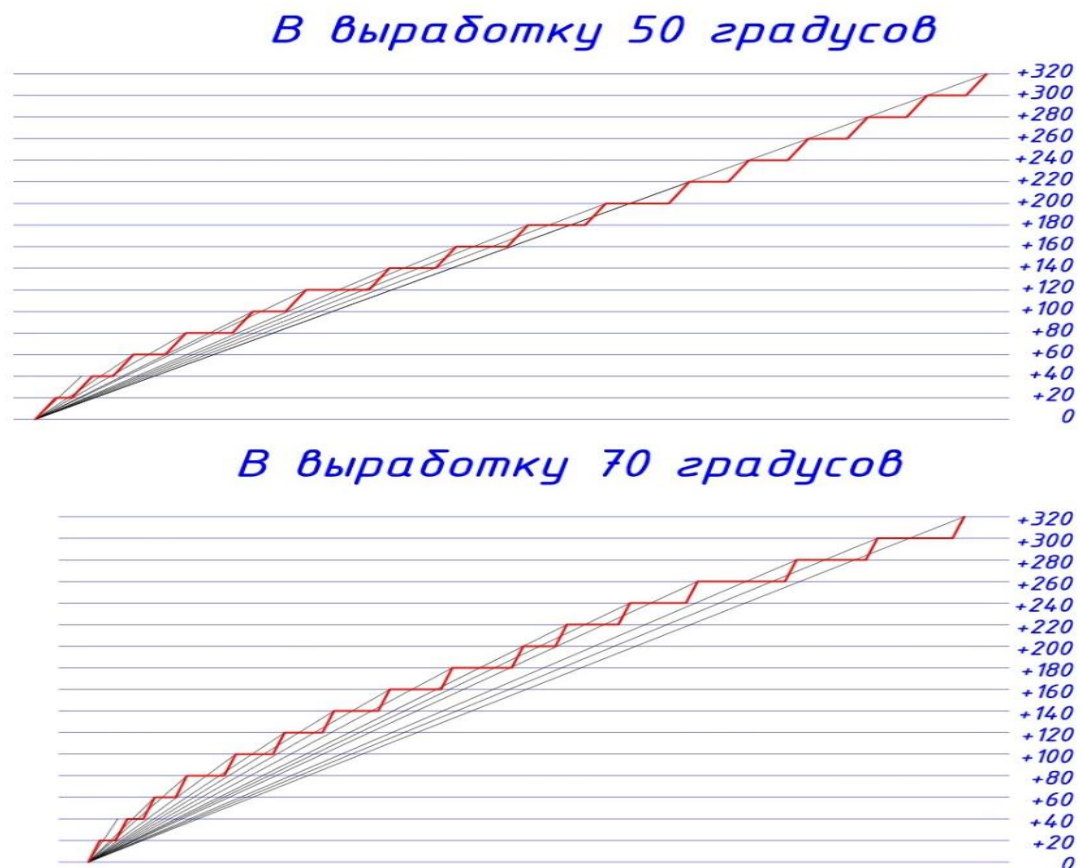


Рисунок 2.11 – Параметры устойчивости бортов при различной высоте откоса

Как можно заметить на рисунке 2.11, с увеличением высоты борта прослеживается увеличение ширины берм между откосами, данный факт можно использовать в целях транспортирования по одноименным горизонтам. При этом на нижних горизонтах необходимо предусматривать увеличение берм до размера транспортных. Схематично данный подход отгона борта для создания транспортной связи представлен на рисунке 2.12.

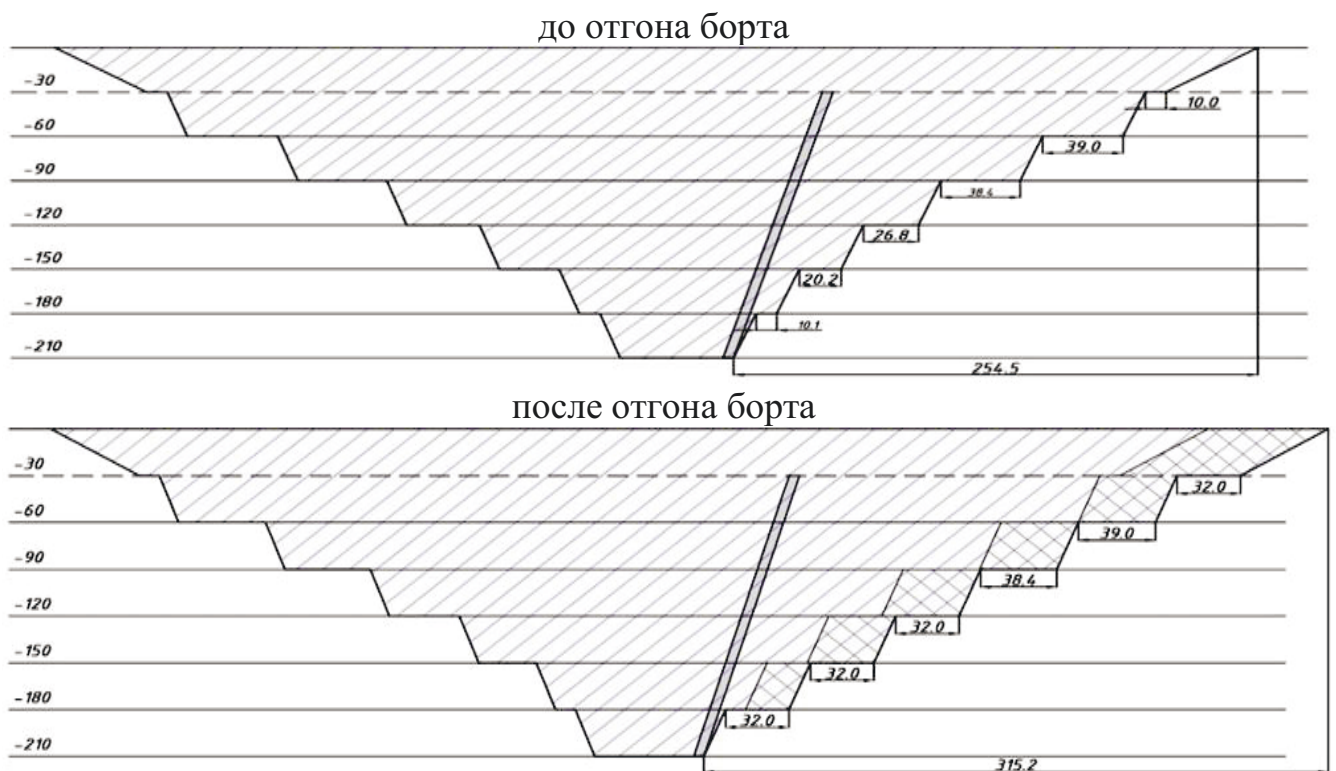
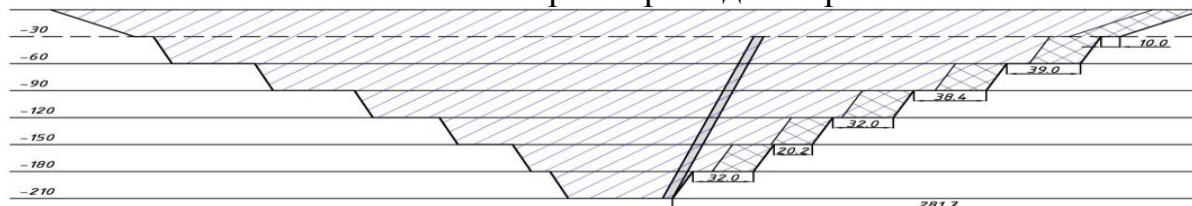


Рисунок 2.12 – Поперечный профиль карьерного поля до и после отгона борта

При этом возможны к рассмотрению также варианты отгона борта через один и два горизонта (рисунок 2.13) с соблюдением условия того, что начальные потери эксплуатационной производительности прослеживаются у автосамосвала БелАЗ-7555 на высоте порядка 100 м (рисунок 2.15), что соответствует трем горизонтам.

а)

После отгона борта через один горизонт



б)

После отгона борта через два горизонта

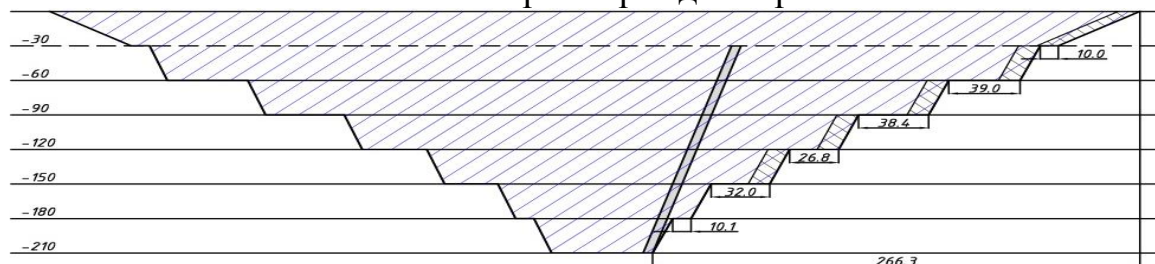


Рисунок 2.13 – Поперечный профиль карьерного поля после отгона борта через один и два горизонта соответственно

По результатам проведенных расчетов составлен совмещенный график изменения себестоимости и эффективности рассмотренных вариантов с учетом затрат на выплату экологических платежей в зависимости от рассматриваемого варианта, который представлен на рисунке 2.14.

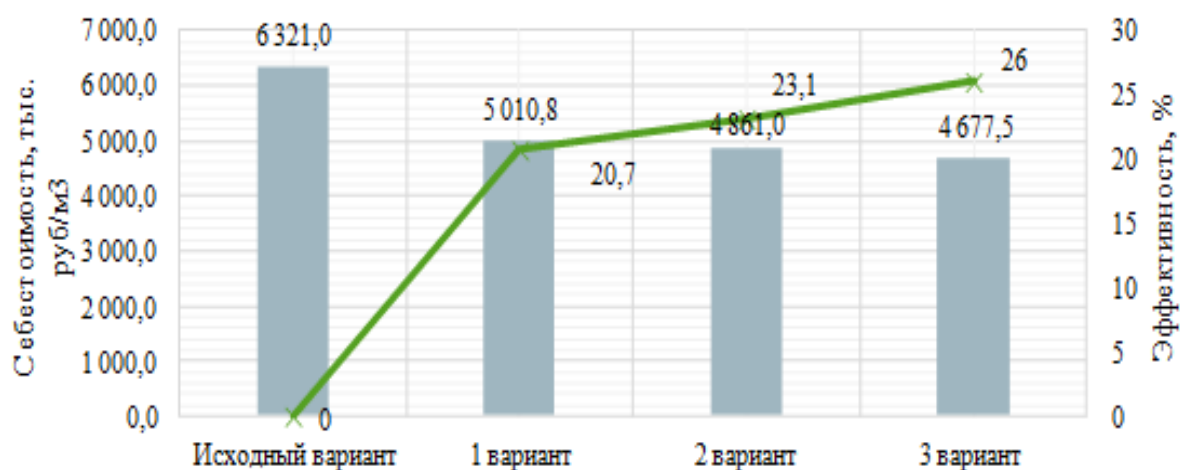


Рисунок 2.14 – Совмещенный график изменения себестоимости и эффективности отгона борта

Как видно из графика на рисунке 2.14, делать отгон борта для создания на уступах транспортных берм весьма эффективно, при этом себестоимость отгона борта более чем на 20 % ниже, чем в исходном варианте.

Принимая во внимание тот факт, что место расположения внешнего отвала будет неизменным при увеличении глубины карьерного поля и являться максимально возможно близким к месту выезда из карьерного поля, затраты на преодоление расстояния до отвала будут иметь постоянную величину. Аналогично отвалу, от точки начала подъема с нижнего горизонта до экскаватора затраты на преодоление этого расстояния также будут постоянными, так как начало съезда будет заложено максимально близко к последней заходке экскаватора. В практической деятельности угольных разрезов высота предельного уступа составляет порядка 30 м, в отдельных случаях высота предельного уступа меняется от 20 до 32 и более м. Учитывая эти данные, на каждый уступ в предельном положении по сравнению с одним уступом приходится увеличение плеча транспортирования на 425 м. При этом производительность автосамосвалов в груженом направлении, соответственно, при выезде из карьерного поля снижается при увеличении глубины отработки. В расчете приняты наиболее распространенные марки и модели автосамосвалов с грузоподъемностью от 55 т до 320 т (рисунок 2.15).

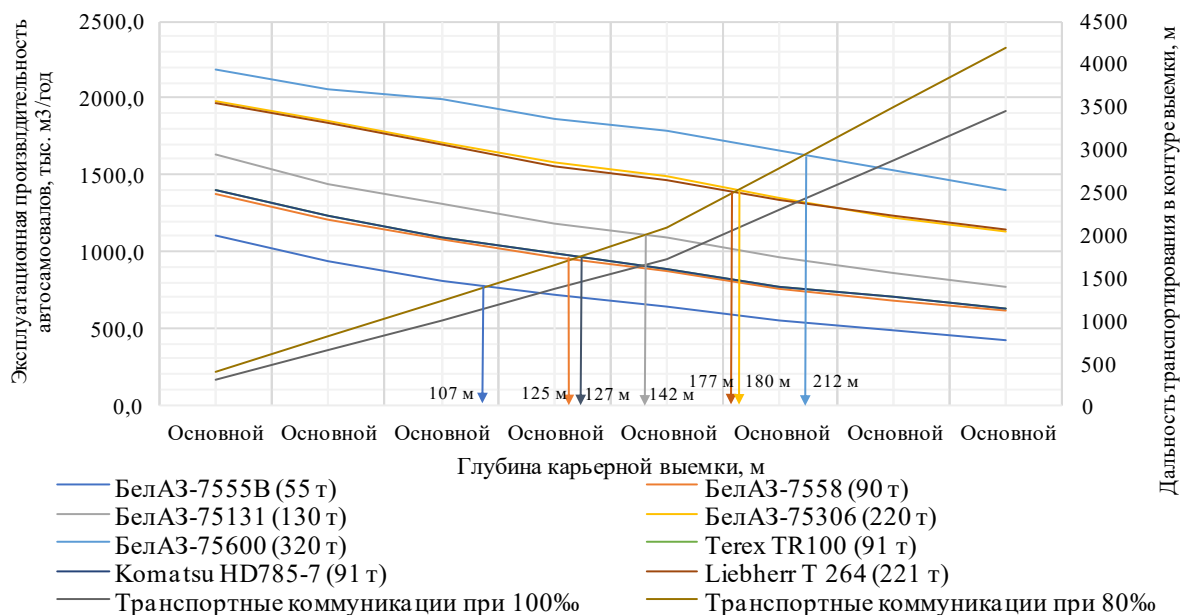


Рисунок 2.15 – Совмещенный график изменения эксплуатационной производительности автосамосвалов и дальности транспортирования вскрыши с увеличением глубины отработки

На основании данных, представленных на графике (рисунок 2.15), можно сделать однозначный вывод о снижении производительности автосамосвалов при увеличении глубины отработки. При этом стоит отметить, что условная точка пересечения линии эксплуатационной производительности автосамосвала и линии изменения дальности транспортирования будет являться ориентировочной границей возможности применения автосамосвалов определенной модели и грузоподъемности. На графике, представленном на рисунке 2.16, отчетливо видна зависимость эффективной глубины использования автосамосвала от его грузоподъемности.

Учитывая факт снижения производительности при изменении глубины, выявлено, насколько снижается производительность автосамосвала с глубиной отработки, приняв за 100 % – условно, без потерь производительности автосамосвала при подъеме на 30 м, как показано на графике, приведенном на рисунке 2.17.

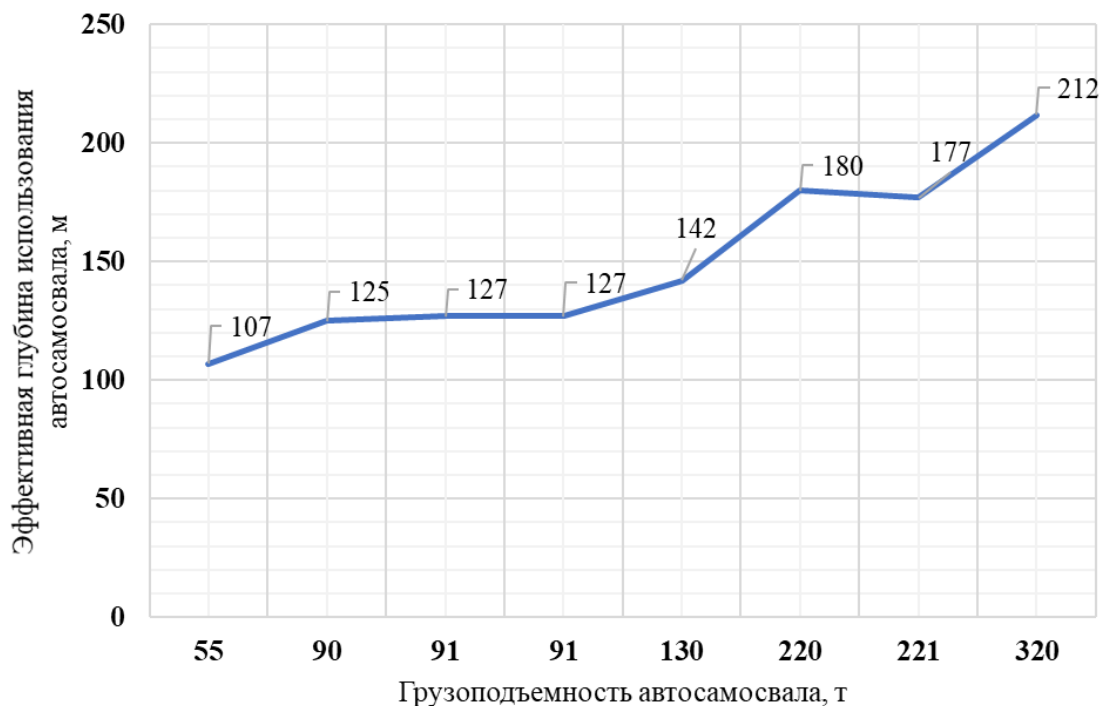


Рисунок 2.16 – Совмещенный график изменения эксплуатационной производительности автосамосвалов различной грузоподъемности в зависимости от глубины отработки

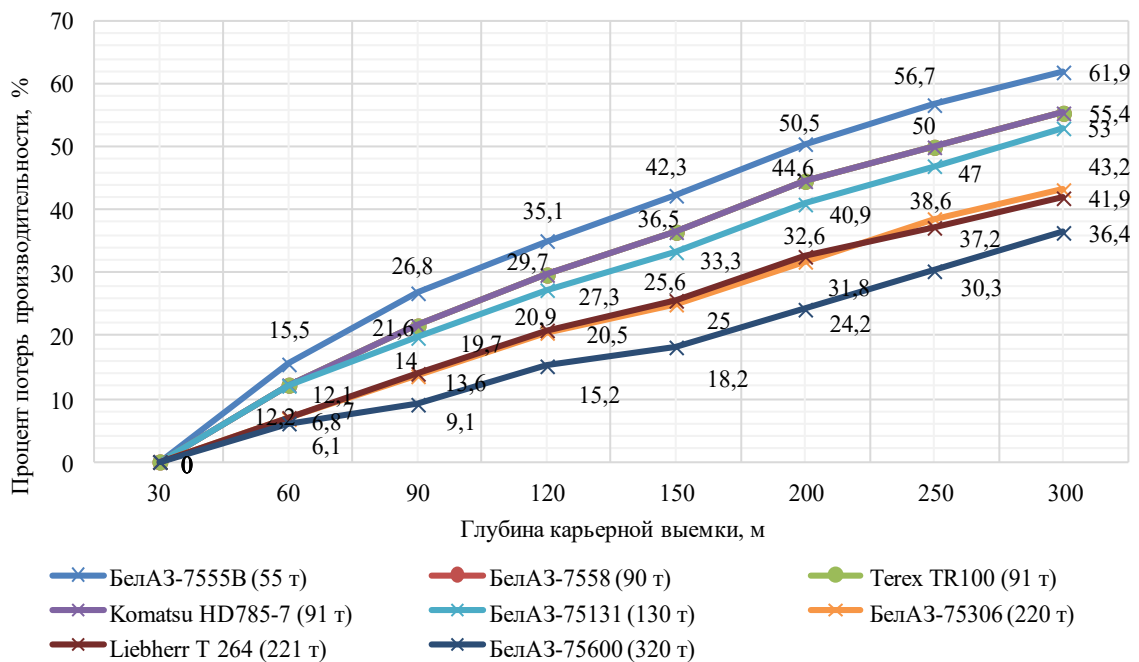


Рисунок 2.17 – Динамика изменения потерь производительности автосамосвалов при увеличении глубины карьерного поля

Как видно из графика, представленного на рисунке 2.17, наибольшие потери производительности выявлены у автосамосвалов, имеющих минимальную грузоподъемность, соответственно, у автосамосвалов, имеющих максимальную грузоподъемность, выявлены минимальные снижения производительности. При этом потери производительности у автосамосвалов с грузоподъемностью 320 т практически в 2 раза меньше, чем у автосамосвалов с грузоподъемностью 55 т. Соответственно, неэффективно использовать автосамосвалы для движения по наибольшей дальности транспортирования, т. е. от места погрузки на дне карьерного поля до выезда из нее, увеличивая тем самым затраты на покупку дополнительных единиц техники и себестоимость транспортирования вскрышной породы.

В связи с этим транспортирование по схеме грузопотоков с учетом спусков и подъемов значительно уступает по предпочтительности схеме с транспортировкой по одноименным горизонтам, что позволяет повысить эффективность использования блокового способа.

Таким образом, предлагаемая графическая модель полностью удовлетворяет требованиям к технологии ведения открытых горных работ с применением блокового способа, представленным в п. 2.2, а также концепции блокового способа, предложенной Б. Т. Рутковским [157].

2.5 Выводы

1. Рассмотрена существующая система и технология открытой разработки карьерных полей с наклонным и крутым залеганием свит пластов. Выявлены особенности применения углубочных продольных систем разработки:

- с углублением горных работ и развитием внешних отвалов постоянно увеличивается расстояние транспортирования вскрышных пород и, следовательно, возрастают затраты на производство вскрыши;
- с глубиной увеличивается общая длина фронта работ и протяженность транспортных коммуникаций, что требует больших затрат на их сооружение и содержание;
- весь объем вскрыши вывозится на внешние отвалы, и для их размещения необходимы большие земельные отводы;
- велики площади нарушения поверхности, которые являются источниками пылеобразования в районе ведения открытых горных работ;
- отсутствие возможности восстановления поверхности в процессе эксплуатации месторождения, из-за чего создается большой разрыв во времени между нарушением и рекультивацией земель.

2. Установлены особенности разработки карьерных полей угольных разрезов с применением блокового способа, на основе которых сформулированы критерии выбора схем отработки карьерных полей:

- уменьшение расстояния транспортирования вскрышных пород;
- снижение затрат на содержание и сооружение транспортных коммуникаций;

- возможность использования выработанного пространства;
- уменьшение площади пылящей поверхности;
- обеспечение возможности восстановления нарушенной поверхности в процессе разработки карьерного поля.

Сформированы требования к блоковому способу, основными из которых являются:

- уменьшение дальности транспортирования вскрыши;
- снижение количества остаточных карьерных выемок;
- снижение количества и площадей внешних отвалов;
- упрощение организации ведения работ в блоке;
- максимальное использование выработанного пространства.

3. Сформирован перечень технологических решений разработки свит наклонных и крутопадающих залежей с применением блокового способа, которые позволяют взаимно увязать классическую углубочную продольную систему открытой разработки и требования, предъявляемые к существующей системе разработки.

4. Установлено, что наиболее полно предъявляемым требованиям отвечает однофланговая графическая модель отработки карьерных полей с блоковым способом. Разработана графическая модель отработки карьерных полей во взаимосвязи с параметрами блоков по однофланговой модели, которая отражает критерии выбора рациональной схемы отработки карьерного поля.

ГЛАВА 3 ОБОСНОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ БЛОКОВОГО СПОСОБА ОТКРЫТОЙ УГЛЕДОБЫЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

3.1 Выявить горно-геологические условия залегания свит пластов наклонного и крутого падения при блоковом способе разработки карьерных полей

Основным инструментом оценки целесообразности отработки месторождения блоковым способом является предварительная оценка горно-геологических условий месторождений, которая позволяет установить экономически обоснованный контур отработки месторождения с целесообразностью отработки того или иного пласта, обоснованием минимума разработки вскрышных пород и предложить наиболее рациональный способ формирования внешних и внутренних отвалов и т. д.

В рамках принятой системы разработки (глава 2) основной упор характеристик месторождения направлен в сторону принадлежности залежи по углу падения. Однако характеристика угольной залежи только по углу падения не отражает всех параметров месторождения. Учитывая в научном и практическом опыте общую направленность горно-геометрического анализа, рекомендуемую профессором Арсентьевым А. И. и академиком Ржевским В. В., последовательность оценки горно-геологических условий [103] включает такие характеристики месторождения, как покрывающие породы месторождения, строение угленосной толщи месторождения, свойства вмещающих пород и полезного ископаемого угленосной толщи.

Так как отработка любого месторождения открытым способом начинается и развивается сверху вниз, то структуру проведения оценки горно-геологических условий перспективных участков целесообразно систематизировать по характерным геометрическим признакам месторождений таким же образом.

Графически оценка горно-геологических условий представлена на рисунке 3.1.

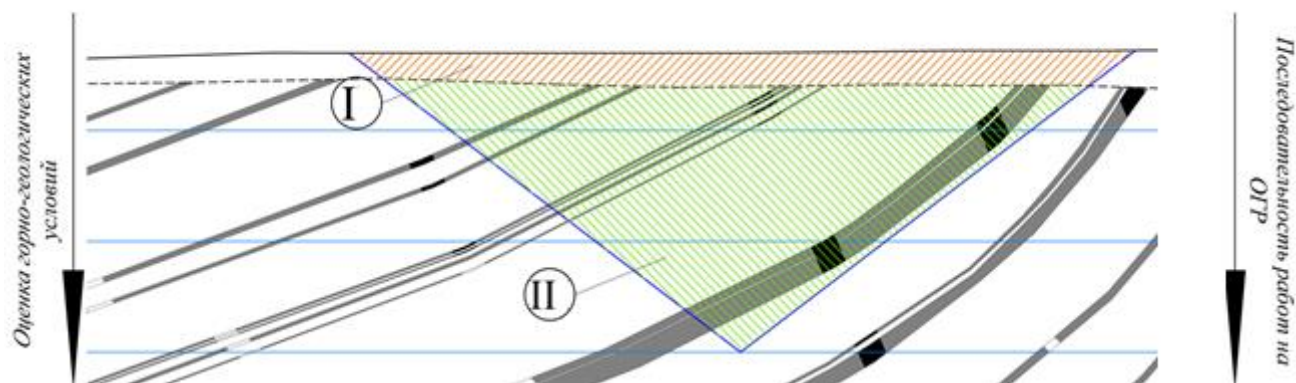


Рисунок 3.1 – Общая схема последовательности оценки горно-геологических условий, где I– Оценка параметров четвертичных отложений;
II– Оценка свиты пластов и вмещающих пород.

С учетом вышесказанного и рисунка 3.1 предложенная систематизация проведения оценки горно-геологических условий позволяет обеспечить целенаправленный процесс оценки месторождений и выбора наиболее эффективных параметров блоков.

Исходной базой для качественной и количественной оценки условий залегания свит угольных пластов по перечисленным параметрам (рисунок 3.1) из анализа обширного материала выбраны характерные планы выходов пластов под наносы, а также геологические разрезы и профили по перспективным и разрабатываемым залежам Кузнецкого бассейна по материалам «Кузбассуглеразведки», разрабатываемой проектной документации, технико-экономических обоснований разработки месторождений (рисунок 3.2).

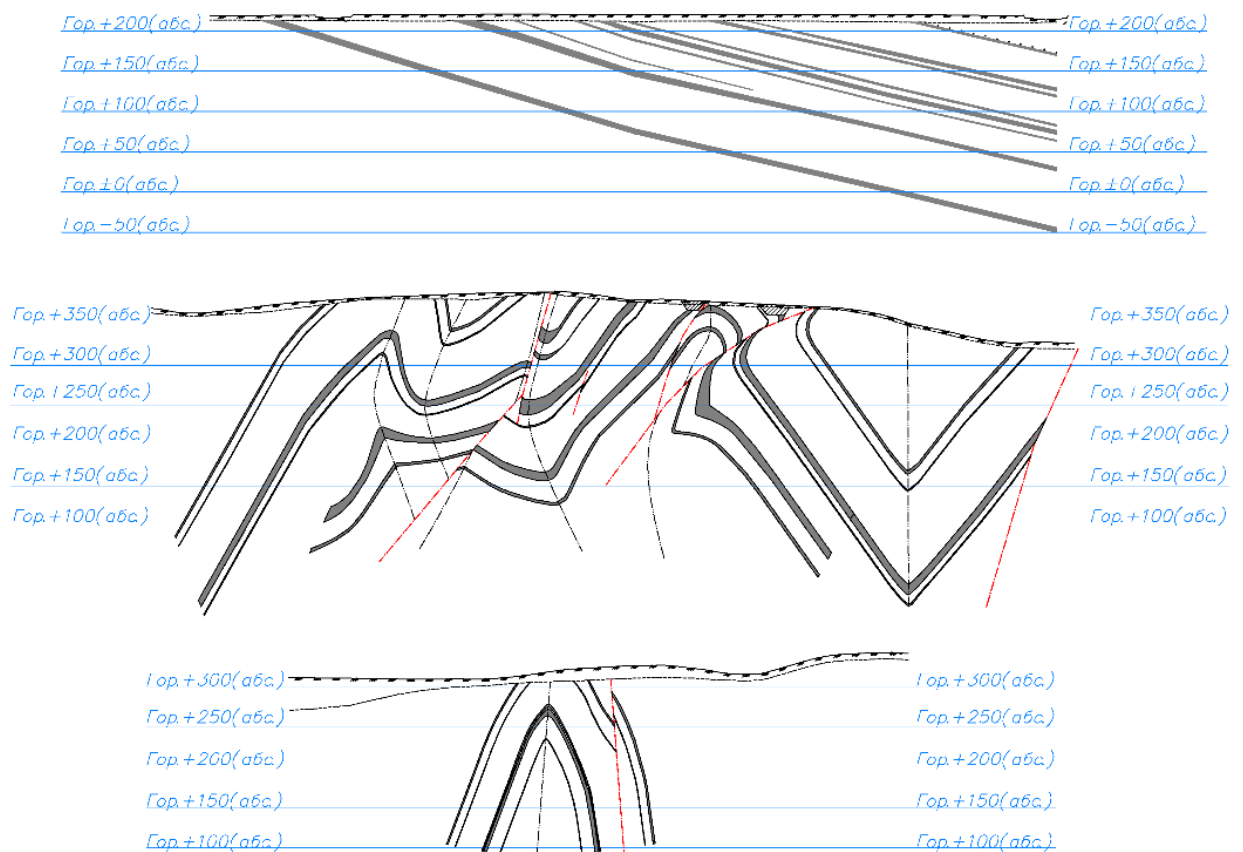


Рисунок 3.2 – Фрагмент аналитического моделирования параметров рыхлых отложений перспективных залежей

Мощность рыхлых отложений определяет экономическую целесообразность применения блокового способа разработки с точки зрения объемов горно-строительных работ, размера капиталовложений и величины среднего коэффициента вскрыши.

Анализ мощности рыхлых отложений производился следующим образом: разделение протяженности залежи на участки равной длины (25 м); измерение мощности рыхлых отложений по каждому участку и внесение данных в электронную таблицу, фрагмент расчета которой представлен на рисунке 3.3.

Кол-во встреч. раз	Расстояние	205 разведочная линия(ЮЗ)	207 разведочная линия	211 разведочная линия (СВ)
1	0	4,8	22,3	30,5
2	25	4,5	21,7	26,1
3	50	4,4	20,8	23,8
45	1100	5,3	25,8	28,4
46	1125	5,5	25,9	28,2
47	1150	7,5	26,2	27,6

Рисунок 3.3 – Фрагмент аналитического моделирования параметров рыхлых отложений перспективных залежей

Результаты произведенных расчетов указывают на то, что мощность четвертичных отложений на рассматриваемых участках оказывает весомое влияние на параметры блоков.

Результаты графоаналитического моделирования мощности рыхлых отложений с анализом их диапазонных изменений по месторождениям представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты графоаналитического моделирования изменения мощности рыхлых отложений по месторождениям

Наименование участка	Средневзвешенная мощность наносов на участке	Рельеф участка
Нижнетыхтинский	19,2	Равнинный
Листвяничный	10,6	Равнинный
Верхнетыхтинский	17,1	Наклонный
Карачиякский	8,6	Сопочно-гористый
Кумзасский	4,7	Сопочно-гористый
Урегольский	3,1	Сопочно-гористый
Сосновский	6,1	Холмистый
Сырадасайский	10,9	Равнинный
Чуазасский	4,2	Наклонный
Бунгурский	6,4	Холмистый
Инской	8,6	Холмистый
Караканский 1-2	7,8	Холмистый
Караканский Восточный	8,3	Холмистый
Караканский Южный	10,1	Холмистый
Талдинский Северный	6,7	Холмистый
Уропский 1	7,7	Холмистый
Уропский 2	8,1	Холмистый
Уропский 3	7,9	Холмистый
Уропский Северный	20,2	Наклонный
Корчакольский	6,3	Сопочно-гористый

Рыхлые отложения присутствуют на всех месторождениях, причем их мощность на различных месторождениях колеблется в широких пределах – от 0,5 м до 60 м. При этом имеются участки с малой мощностью рыхлых отложений в пределах от 0,5 м до 4–7 м, со средней мощностью 8–15 м и с большой мощностью рыхлых отложений от 16 м до 40 м и более. Объемы выемки рыхлых отложений, представленных в основном глинами и суглинками, важны на стадии сдачи карьера в эксплуатацию.

Форма выходов пластов под наносы и протяженность залежи приурочена по своей сути к характеристикам свиты угольных пластов и вмещающих пород. Данные параметры месторождения определяют техническую возможность применения блокового способа разработки с точки зрения размеров карьерного поля, масштаба производства и его эффективности.

Оценку формы выходов пластов под наносы и протяженность залежи целесообразно выполнять опять же на основании вышеупомянутых рекомендаций, предложенных академиком Ржевским В. В. [103], где представлена классификация типов залежей, которая по настоящее время не потеряла своей актуальности: округлые ($B < L < 1,4 B$), удлиненные ($1,4B < L < 4B$) и вытянутые ($4B < L < 40B$, где B – ширина залежи по поверхности, L – длина залежи по поверхности). В качестве примера на рисунках 3.4–3.6 приведены формы залежей по рассмотренным месторождениям, совмещенные с выходом пластов под наносы и лицензионной границей участка, принятой согласно проектной документации.

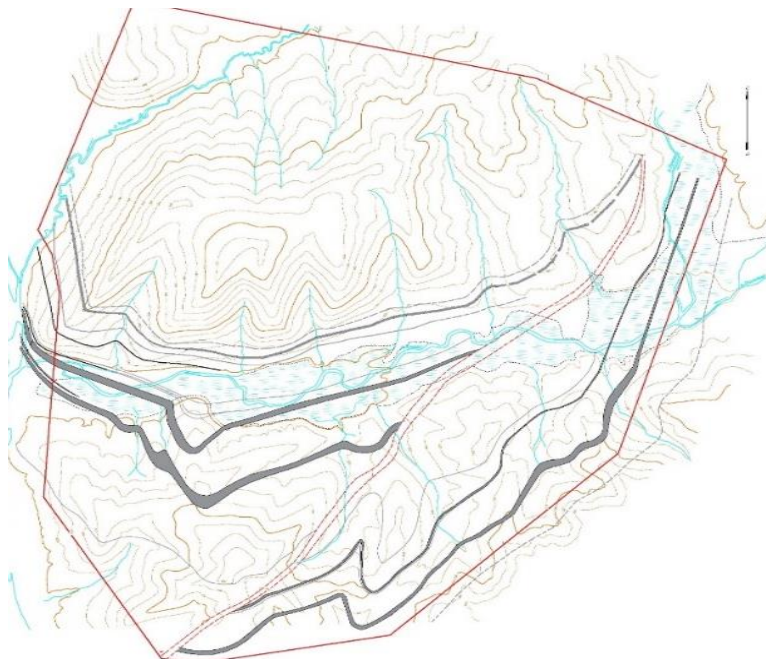


Рисунок 3.4 – Пример округлой формы залежи, совмещенный с выходом пластов под наносы (участок Кумзасского месторождения)

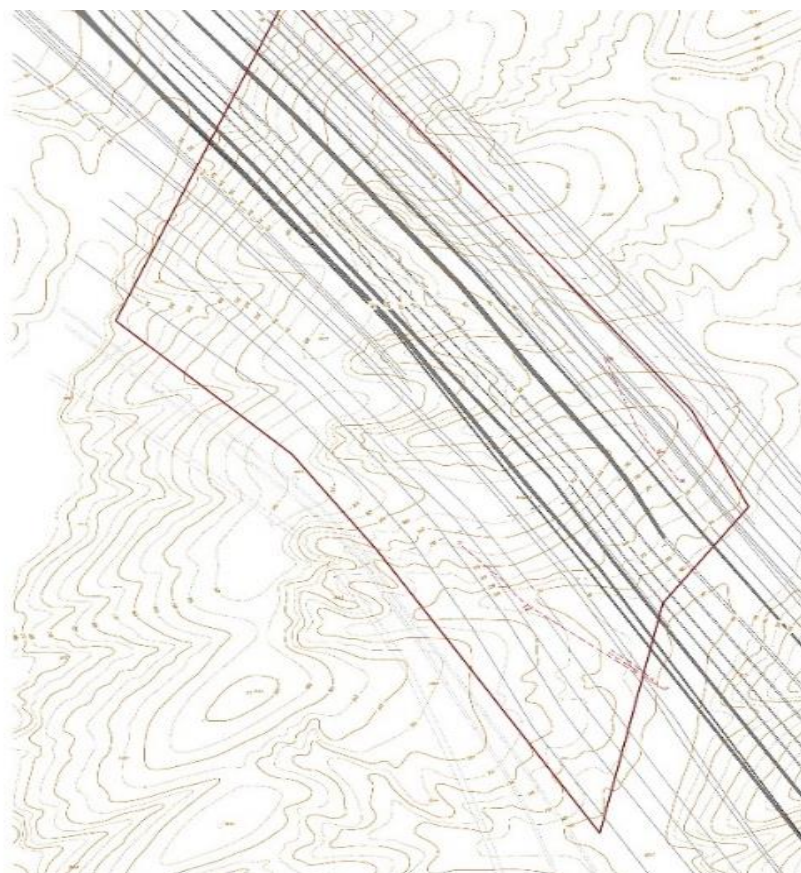


Рисунок 3.5 – Пример удлиненной формы залежи, совмещенной с выходом пластов под наносы (участок Караканского месторождения)

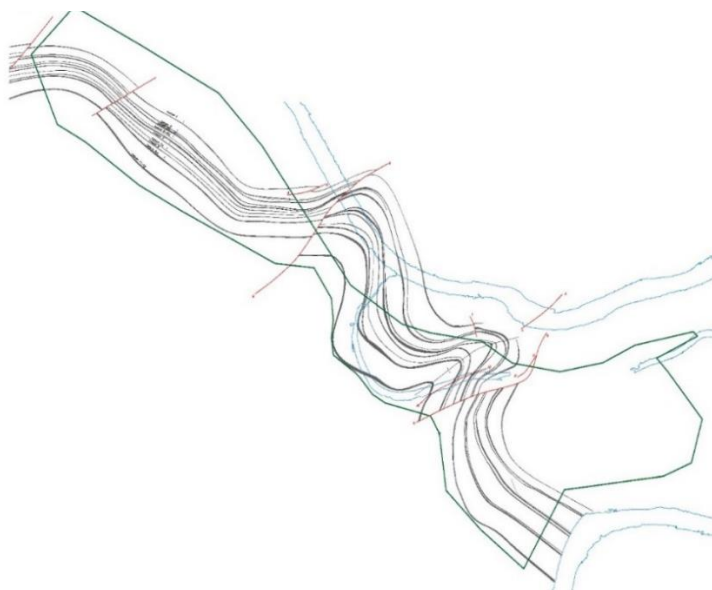


Рисунок 3.6 – Примеры вытянутой формы залежи, совмещенной с выходом пластов под наносы (участок Карачиякского месторождения)

Форма участка в значительной степени повторяет форму выхода залежи под наносы. На основании проведенного анализа рассматриваемых перспективных месторождений получены результаты оценки формы и параметров залежей (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Результаты оценки формы и параметров залежей

Наименование участка	Параметры		Округлые $B < L < 1,4 B$	Удлиненные $1,4B < L < 4B$	Вытянутые $4B < L < 40B$
	L, км	B, км			
Нижнетыхтинский	2,5	1,3	-	$1,8 < 2,5 < 5,2$	-
Листвяничный	2,4	1,4	-	$2 < 2,4 < 5,6$	-
Верхнетыхтинский	3,4	1,2	-	$1,7 < 3,4 < 4,8$	-
Карачиякский	5,5	0,3	-	-	$1,2 < 5,5 < 12$
Кумзасский	3,4	3,1	$3,1 < 3,4 < 4,3$	-	-
Урегольский	4,6	2,0	-	$2,8 < 4,6 < 8$	-
Сосновский	9,3	0,5	-	-	$2 < 9,3 < 20$
Сырадасайский	4,0	1,2	-	$1,7 < 4 < 4,8$	-
Чуазасский	3,8	1,5	-	$2,1 < 3,8 < 6$	-
Бунгурский	1,9	0,6	-	$0,8 < 1,9 < 2,4$	-
Инской	9,2	3,5	-	$4,9 < 9,2 \leq 14$	-
Караканский 1-2	6,0	4,7	$4,7 < 6 < 6,6$	-	-
Караканский Восточный	8,0	2,95	-	$4,13 < 8 \leq 11,8$	-
Караканский Южный	4,9	4,0	$4 < 4,9 \leq 5,6$	-	-
Талдинский Северный	2,8	2,0	$2 < 2,8 \leq 2,8$	-	-
Уропский 1	4,0	1,8	-	$2,5 < 4 \leq 7,2$	-
Уропский 2	4,6	2,8	-	$3,9 < 4,6 \leq 11,2$	-
Уропский 3	7,0	2,1	-	$2,9 < 7 \leq 8,4$	-
Уропский Северный	7,0	2,1	-	$2,9 < 7 \leq 8,4$	-
Корчакольский	2,0	0,4	-	-	$1,6 < 2 < 16$

Установление рационального контура карьерного поля сопровождается установлением объемов полезного ископаемого и вскрышных пород. Фундаментальные основы проведения горно-геометрического анализа были заложены Ржевским В. В. [102, 103] и Арсентьевым А. И. [5]. Результат горно-геометрического анализа служит основой для формирования рациональных параметров блоков. В связи с этим важное значение в проведении горно-геометрического анализа месторождения имеет анализ строения свиты угольных пластов.

К угленосной зоне в рамках горно-геометрического анализа можно отнести следующие параметры:

- характеристики и свойства углей и междупластий – определяют целесообразность применения блокового способа отработки;
- сосредоточенность пластов свит – характеризует плотность распределения пластов в свите и влияет на возможность комплексного освоения месторождения;
- угленосность свит участка – определяет возможную производственную мощность предприятия.

При анализе перспективных месторождений было выявлено, что в границы рассматриваемых участков попадает от 4 до 28 угольных пластов различной мощности и углов залегания, изменяющихся в диапазоне от 3° до 89° при среднем значении 39° . В связи со значительным разбросом между максимальным и минимальным значениями углов произведено разделение пластов на две группы по углу падения $15\div 40^\circ$ и $41\div 90^\circ$. При этом в дальнейших расчетах приняты средние значения мощностей пластов.

Развитие горных работ в пространстве сопровождается увеличением размеров карьерного поля как в плане, так и по глубине [162], что позволяет рассматривать с точки зрения применения блокового способа изменение углов залегания пластов свиты с увеличением глубины отработки. Данное решение обусловлено тем, что блоковый способ приурочен к наклонным и крутопадающим

залежам, диапазоны изменения углов которых представлены выше, соответственно, изменение углов залегания пластов свиты может напрямую влиять на целесообразность применения блокового способа.

По результатам проведенной оценки угла падения пластов в свите при значительной глубине участка выявлено, что значения углов изменяются по глубине на каждом участке. Результаты оценки изменения средневзвешенных значений углов падения пластов в свите по глубине представлены на рисунке 3.7.



Рисунок 3.7 – Зависимость изменения средневзвешенных углов падения пластов в свите перспективных участков от глубины разработки

Как видно из графика, представленного на рисунке 3.7, угол залегания пластов в свите с глубиной отработки увеличивается, но по достижению абсолютной отметки в районе +200 м значение угла изменяется в меньшую сторону и, соответственно, выполаживается. С учетом принятых границ углов залегания при достижении отметки ниже -150 м применение блокового способа нецелесообразно по причине выполаживания залегания пластов.

Характер концентрации угольных пластов в свите обуславливает технологические особенности отработки, определяет варианты подготовки пластов к выемке и оценивается на основе сосредоточенности пластов свиты. При

этом концентрация пластов в свите может быть оценена по качественным характеристикам: сосредоточенность и рассредоточенность пластов. Количественная оценка границы между этими группами рассматривается как зависящая от экономического фактора – граничного коэффициента вскрыши по участку и месторождению.

Согласно данным по угольным месторождениям [6–7], залежи каменных углей представлены различными технологическими марками: длиннопламенные (Д), длиннопламенные газовые (ДГ), газовые (Г), газовые жирные (ГЖ), жирные (Ж), коксовые жирные (КЖ), коксовые (К), коксовые отощенные (КО), коксовые слабоспекающиеся (КС), отощенные спекающиеся (ОС), тощие спекающиеся (ТС), слабоспекающиеся (СС), тощие (Т) и др. Угли на рассматриваемых перспективных участках относятся как к коксующимся, так и к энергетическим маркам. На практике непосредственно для угольных месторождений в зависимости от марочного состава углей граничный коэффициент вскрыши варьируется в значительных пределах и составляет: коксующиеся угли – $17 \div 23 \text{ м}^3/\text{т}$; энергетические угли – $5 \div 8 \text{ м}^3/\text{т}$.

Определение границы между группами осуществляется на основе индивидуального рассмотрения системы «пласт – междупластье» над его кровлей. Для этой системы дана предварительная оценка экономической целесообразности отработки данного пласта по величине среднего коэффициента вскрыши.

На длину одного м протяженности залежи средний коэффициент вскрыши (K_{cp}) определяется следующим образом:

$$K_{cp} = \frac{H_y \cdot M \cdot \sin \alpha}{H_y \cdot m \cdot \gamma_y \cdot \sin \alpha}, \quad (3.1)$$

где H_y – высота уступа, м; M – нормальная мощность междупластья, м; m – нормальная мощность пласта, м; α – угол падения пластов, град.; γ_y – плотность угля, т/м³.

При преобразованиях в выражении (3.1) получена зависимость коэффициента вскрыши от мощности пласта и междупластья над его кровлей:

$$K_{cp} = \frac{M}{m \cdot \gamma_y}. \quad (3.2)$$

При замене в уравнении (3.1) среднего коэффициента вскрыши на граничный получено ограничивающее условие целесообразности отработки данного пласта (формула (3.3)).

$$M_{max}^{coc} = K_{cp} \cdot m \cdot \gamma_y, \quad (3.3)$$

где M_{max}^{coc} – максимально допустимое значение мощности междупластья, при котором разработка пласта экономически целесообразна, м.

Согласно выражению (3.3), одной из составляющих максимально допустимого значения мощности междупластья является мощность пласта в свите.

В связи с этим в работе произведена оценка мощностей пластов, включенных в свиты пластов по рассматриваемым участкам. Мощность угольных пластов определена на основании геологических разрезов с подсечением разведочными скважинами рассматриваемого пласта. Для наиболее точного определения значения мощности пласта при подсечении скважиной не один раз в расчетах приняты все имеющиеся подсечения. По результатам оценки мощность пластов на рассматриваемых участках варьируется в значительных пределах от 0,1 м до 31,0 м при среднем значении порядка 6,0 м. В связи со значительным разрывом между максимальным и минимальным значениями произведено разделение пластов на группы с шагом 5 м.

При анализе выражения (3.3) и полученных результатов оценки мощностей пластов и междупластий на перспективных участках выявлены условия сосредоточенности пластов угленосной свиты (рисунок 3.8), учитывающие мощность междупластья над анализируемым пластом и максимально допустимое значение мощности междупластья.

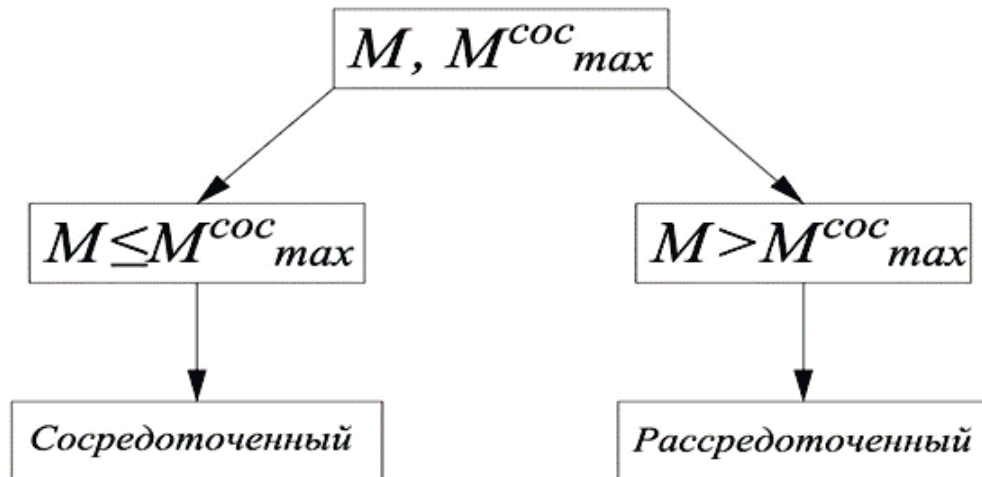


Рисунок 3.8 – Схема определения характера залегания пластов

По результатам оценки мощностей пластов свит перспективных участков, а также граничного коэффициента вскрыши с учетом выражения (3.3) установлены максимальные значения мощности междупластья, в пределах которых пласты считаются сосредоточенными и целесообразны к отработке при различных значениях граничного коэффициента вскрыши (рисунок 3.9), обусловленных марочным составом и ценностью полезного ископаемого.

На основании анализа данных рисунка 3.9 явно выражена прямая зависимость значений мощности междупластья и коэффициента вскрыши. При этом наибольшие значения граничного коэффициента вскрыши позволяют отрабатывать пласты свиты, имеющие большие значения междупластий.

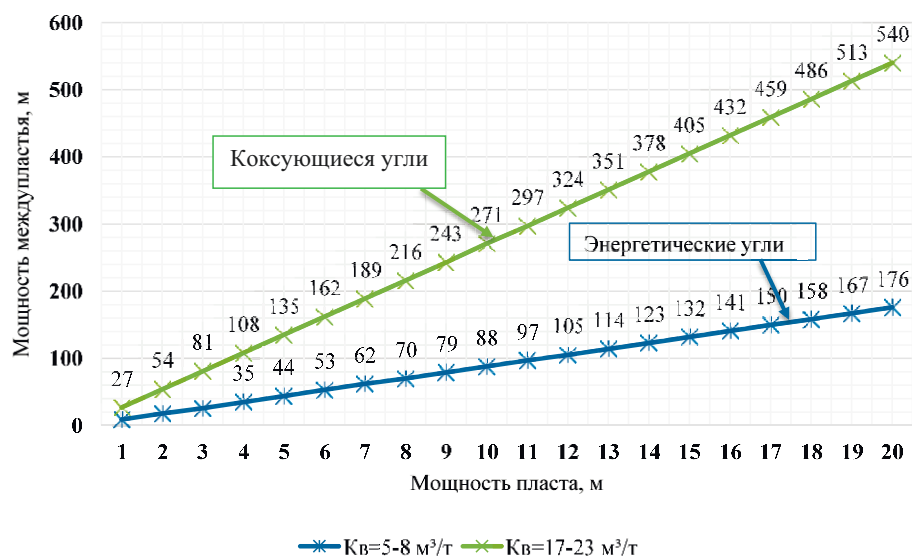


Рисунок 3.9 – График прогнозных значений коэффициента вскрыши в зависимости от мощности пласта и коэффициента вскрыши

В связи с этим произведен анализ свит рассматриваемых участков по признаку «концентрация пластов», в котором учтены вышеизложенные положения, представленные на рисунках 3.8–3.9, и выражение (3.3). В качестве примера представлен анализ свит по признаку концентрации пластов одного из участков Караканского месторождения, добывающего угли энергетических марок (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Анализ пластов участка по признаку «концентрация пластов»

Пласты	Значение граничного коэффициента вскрыши, $K_{гр}, м^3/т$			
	5	6	7	8
Пласт К1-Пласт К1а; $m_2=4м; M=35,1м$	*Распр.	Распр.	*Соср.	Соср.
Пласт К1а-Пласт В1; $m_2=2,3м; M=21,9м$	Распр.	Распр.	Распр.	Соср.
Пласт В1-Пласт В2; $m_2=1,4м; M=19,5м$	Распр.	Распр.	Распр.	Распр.
Пласт В2-Пласт Н1; $m_2=2,9м; M=55,8м$	Распр.	Распр.	Распр.	Распр.
Пласт Н1-Пласт Н2; $m_2=2,5м; M=9,5м$	Соср.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт Н2-Пласт 1(1в-1б); $m_2=2м; M=26,2м$	Распр.	Распр.	Распр.	Распр.
Пласт 1(1в-1б)-Пласт 1а'; $m_2=2м; M=2,7м$	Соср.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт 1а'-Пласт 1а; $m_2=0,7м; M=5,2м$	Распр.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт 1а-Пласт 2б; $m_2=4,7м; M=56,8м$	Распр.	Распр.	Распр.	Распр.
Пласт 2б-Пласт 2а; $m_2=13,5м; M=8,1м$	Соср.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт 2а-Пласт 2бис; $m_2=16,1м; M=41,1м$	Соср.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт 2бис-Пласт сп 2бис; $m_2=0,7м; M=3,8м$	Соср.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт сп 2бис-Пласт 34 $m_2=4,7м; M=34,8м$	Распр.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт 3-Пласт 4д; $m_2=3,8м; M=31,1м$	Распр.	Распр.	Соср.	Соср.
Пласт 4д-Пласт 4 в.п; $m_2=8,5м; M=48,2м$	Соср.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт 4 в.п (4)-Пласт 4 н.п; $m_2=1,8м; M=47м$	Распр.	Распр.	Распр.	Распр.
Пласт 4 н.п-Пласт 5; $m_2=18,4м; M=92м$	Соср.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт 5-Пласт 6; $m_2=13,3м; M=74,5м$	Соср.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт 6-Пласт сп. 6; $m_2=1,4м; M=14,5м$	Распр.	Распр.	Распр.	Соср.
Пласт сп. 6-Пласт 7а; $m_2=3,4м; M=26,8м$	Распр.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт 7а-Пласт 7б; $m_2=2,8м; M=39,6м$	Распр.	Распр.	Распр.	Распр.
Пласт 7б-Пласт 8а; $m_2=4,8м; M=26,2м$	Соср.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт 8а-Пласт 8б; $m_2=3,6м; M=4,2м$	Соср.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт 8б-Пласт 9; $m_2=2,8м; M=22,2м$	Распр.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт 9-Пласт сп 9; $m_2=2м; M=9,9м$	Соср.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт сп 9-Пласт 10; $m_2=5,5м; M=41,2м$	Распр.	Соср.	Соср.	Соср.
Пласт 10-Пласт 11; $m_2=3,3м; M=29,4м$	Распр.	Распр.	Соср.	Соср.
* Примечание: «Распр.», «Соср.» – соответственно рассредоточенные и сосредоточенные пласты.				

Характер концентрации пластов свиты дает указание только на необходимость рассмотрения того или иного порядка разработки свиты (всех

пластов, отдельных пластов или групп пластов). Во всех случаях итоговое решение о разработке должно базироваться на ее полном экономическом анализе.

На основании выполненной оценки горно-геологических условий перспективных участков в таблице 3.4 установлены и представлены параметры свит пластов наклонного и крутого падения при блоковом способе разработки карьерных полей.

Таблица 3.4 – Параметры свит пластов наклонного и крутого падения

Наименование параметра	Обозначение	Значение
Форма выхода свит пластов под наносы	-	Удлиненная
Плотность угля, т/м ³	ρ_y	1,35
Плотность породы, т/м ³	$\rho_{породы}$	1,9/2,2*
Коэффициент крепости	f	до 1,5/свыше 1,5
Нормальная мощность одного пласта, м	$m_{1\text{ пласта}}^{\text{норм}}$	2,5÷9,7
Протяженность свиты пластов в плане, км	$L_{\text{свиты}}$	1,9÷9,3
Средняя мощность четвертичных отложений, м	$h_{\text{четв}}$	3,1÷19,2
Угол залегания свиты пластов, град	$\alpha_{\text{ПИ}}$	16,0÷64,4
Нормальная мощность одного междупластья в свите, м	$m_{1\text{ междупластья}}^{\text{норм}}$	13,1÷67,3
Количество пластов в свите, шт.	n	4,0÷28,0
* Примечание: В числителе представлены значения для рыхлых отложений (наносов), в знаменателе – для коренных пород		

В связи с тем, что горно-геологические условия залегания свит пластов крутого и наклонного падения на месторождениях центрального Кузбасса весьма различны и представлены как выдержанным залеганием, так и не выдержанным, например, Краснобродское каменноугольное месторождение, то целесообразно разработать математический и статистический способ определения параметров блоков.

3.2 Математическая модель параметров блокового способа открытой угледобычи с применением автотранспортной технологии

3.2.1 Идентификация законов распределения параметров карьерного поля

Для дальнейшей работы предлагается следующий метод определения параметров блоков – от общего к частному, что выражено следующим:

- установить параметры карьерного поля;
- определить параметры блоков.

Главными параметрами карьера являются [160]:

- глубина карьерного поля ($H_{\text{карьера}}$), м;
- ширина карьерного поля по дну ($B_{\text{карьера}}^{\text{низ}}$), м;
- ширина карьерного поля по верху ($B_{\text{карьера}}^{\text{Верх}}$), м;
- длина карьерного поля по дну ($L_{\text{карьера}}^{\text{низ}}$), м;
- длина карьерного поля по верху ($L_{\text{карьера}}^{\text{Верх}}$), м.

При этом все указанные параметры регулируются в той или иной степени горно-геологическими условиями эксплуатации участка или месторождения, в частности такими, как угол залегания свиты, мощность угольных пластов и породных прослоев, глубина залегания свиты и др.

Учитывая тектонику залегания, количество пластов, характер залегания, нарушенность месторождения, целесообразно рассмотреть возможность определения параметров карьера и блоков с использованием метода, основанного на разбиении выборки определенного параметра на интервалы, построении гистограммы, расчете частот (наблюдаемых и теоретических), выдвижении гипотезы, оценке правильности выдвинутой гипотезы с использованием теоретических статистических критериев в соответствии с алгоритмом [30, 54, 63, 64], представленном на рисунке 3.10.

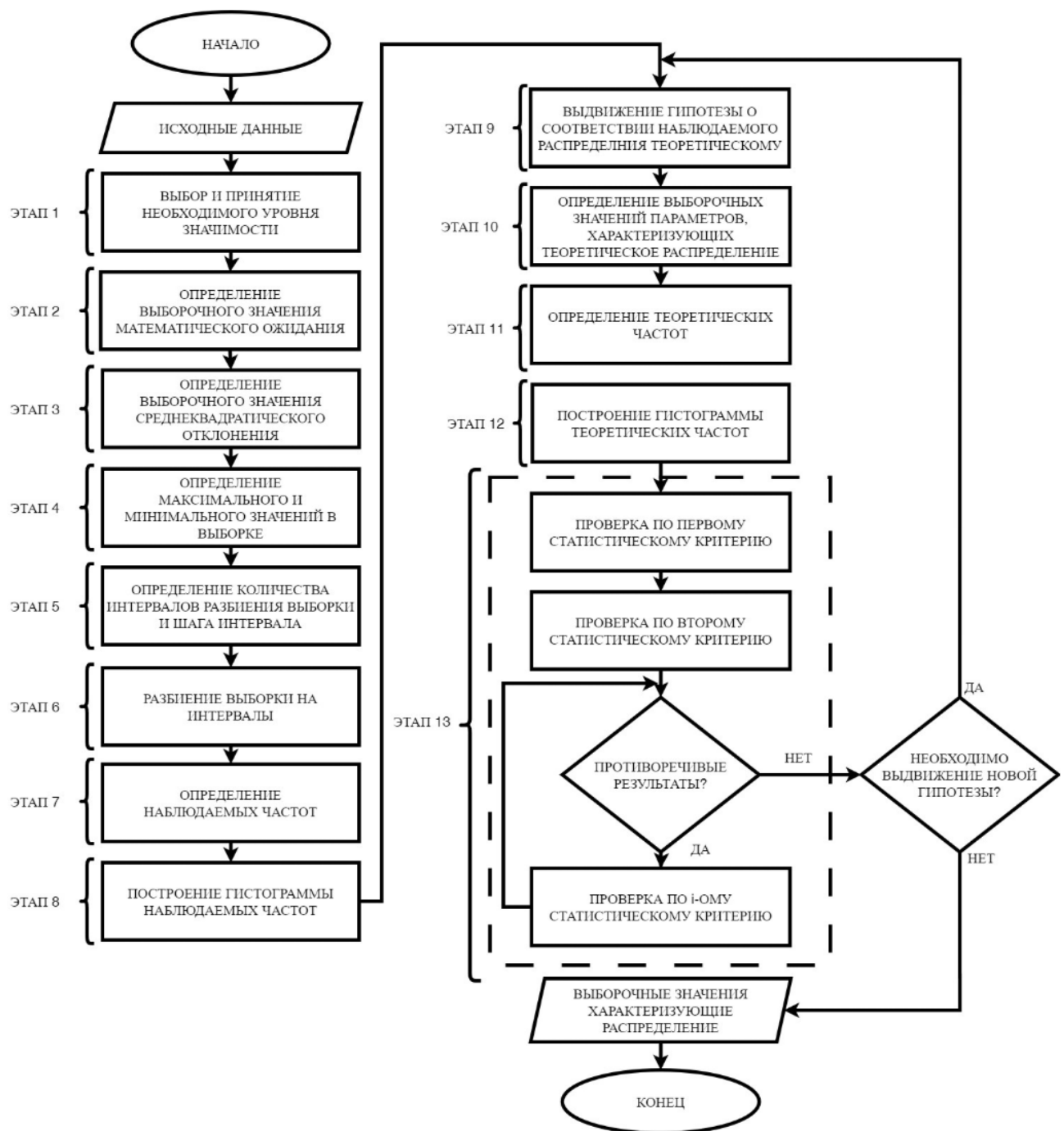


Рисунок 3.10 – Алгоритм выявления вида вероятностных законов распределения основных параметров свиты пластов

Наиболее рациональным, доступным и понятным с точки зрения использования [63] для данной цели является программное обеспечение MS Excel.

Процесс выдвижения гипотезы и ее оценки подробно рассмотрен в работах [54, 63].

В настоящей работе на основании выявленных параметров свит пластов наклонного и крутого падения (таблица 3.4) представлен пример процесса выявления вида распределения по параметру «мощность наносов».

Одним из способов, позволяющим объективно систематизировать горно-геологические условия, является подход с использованием статистических методов, позволяющих выявить вероятностный закон распределения случайных величин [54, 63, 64]. С использованием статистических методов осуществлена идентификация законов распределения параметров, характеризующих размеры блоков [63]. В качестве примера далее представлены расчеты по параметру «мощность наносов».

Таблица 3.5 – Фрагмент выборки, характеризующий параметр «Мощность наносов»

Номер элемента выборки	Значение, м
1	0,10
2	0,59
3	0,73
4	0,79
5	0,81
6	1,33
7	2,35
...	
1370	36,9

Таблица 3.6 – Параметры выборки, характеризующие параметр «Мощность наносов»

Параметр	Значение	Ед. изм.
Выборочное средние	9,100	м
Выборочное математическое ожидание		
Выборочное среднеквадратическое отклонение	7,205	м
Максимальное значение выборки	0,100	м
Минимальное значение выборки	38,000	м
Рекомендуемое число групп интервалов	11	шт.
Шаг интервала	3	м
Размер выборки	1370	шт.

Таблица 3.7 – Наблюдаемые частоты

Интервал	Наблюдаемая частота
0,1 – 3	268
3 – 6	322
6 – 9	223
9 – 12	187
12 – 15	138
15 – 18	75
18 – 21	44
21 – 24	32
24 – 27	41
27 – 30	22
30 – 33	7
33 – 36	5
36 – 39	3

Исходя из вида гистограммы и полигона наблюдаемых частот (рисунок 3.11), выдвигается нулевая гипотеза H_0 о соответствии наблюдаемой частоты теоретическому γ -распределению. В качестве альтернативных гипотез о соответствии выдвигается: H_1 – N -распределение (Гаусса), H_2 – β -распределение, H_3 – exp -распределение.

Таблица 3.8 – Теоретические частоты

Интервал	Распределение			
	γ -распределение	N -распределение	β -распределение	exp -распределение
0,1 – 3	268	253	272	442
3 – 6	322	315	185	321
6 – 9	223	255	221	224
9 – 12	187	185	222	152
12 – 15	138	127	188	100
15 – 18	75	85	134	62
18 – 21	44	55	81	36
21 – 24	32	36	41	19
24 – 27	41	23	18	9
27 – 30	22	14	6	4
30 – 33	7	9	2	1
33 – 36	5	6	0	0
36 – 39	3	3	0	0
Сумма	1367	1366	1370	1370

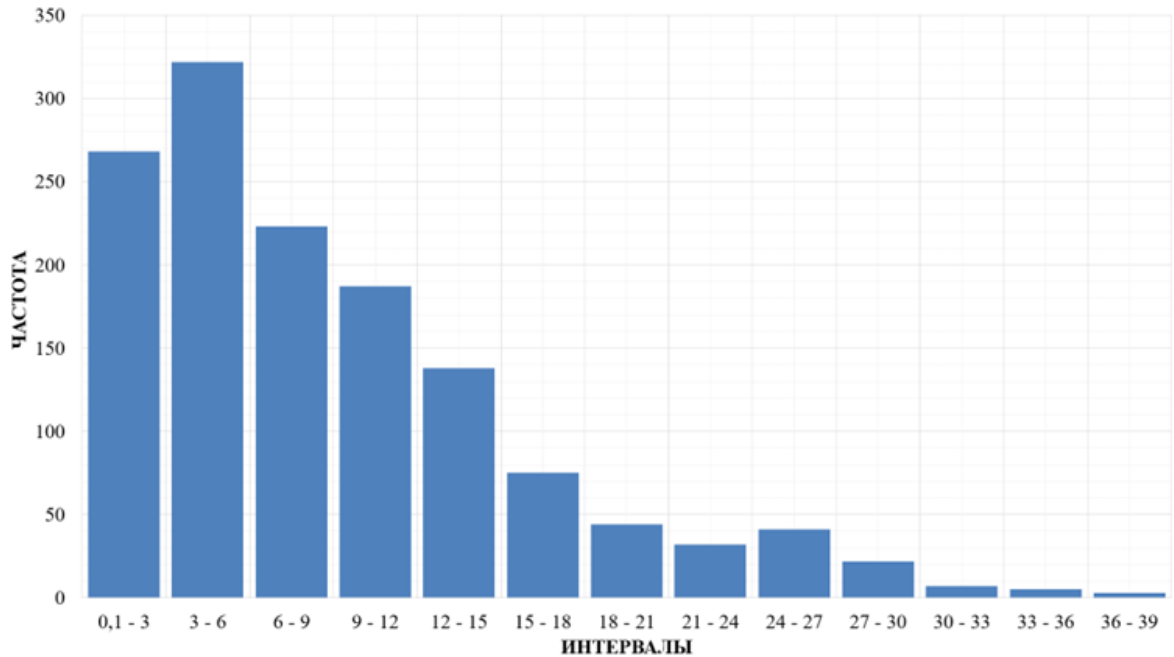


Рисунок 3.11 – Гистограмма наблюдаемых частот

На основании данных, представленных в таблице 3.8, получена гистограмма теоретических частот, представленная на рисунке 3.12.

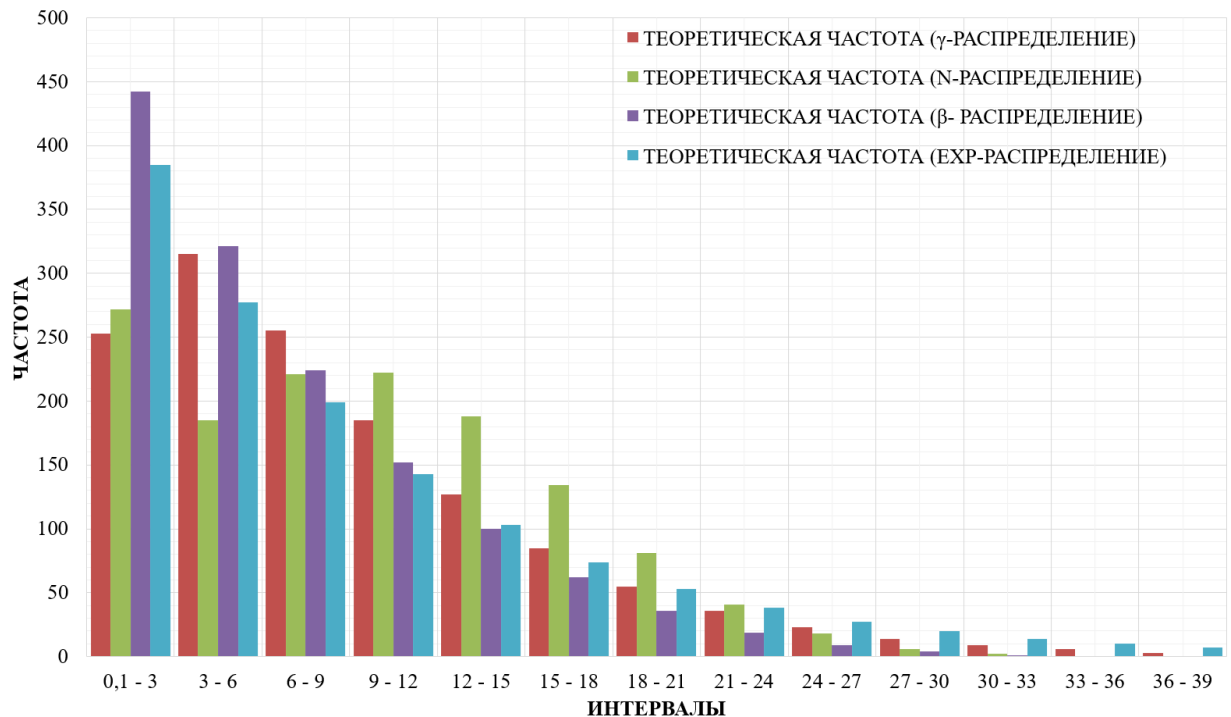


Рисунок 3.12 – Гистограмма теоретических частот

Далее согласно алгоритму (рисунок 3.10) выполнена проверка гипотез по критериям Пирсона, Крамера-Мизеса-Смирнова и Колмогорова (таблицы 3.9–3.11).

Таблица 3.9 – Проверка гипотез $H_0 - H_3$ по критерию Колмогорова (λ -критерий) при анализе параметра «Мощность наносов»

$v_{набл}^{накоп}$	6	268	590	813	1000	1138	1213	1257	1289	1330	1352	1359	1364	1367
$v_{теор}^{накоп}$ (γ -распр)	2	253	568	823	1008	1135	1220	1275	1311	1334	1348	1357	1363	1366
$sup v_{теор}^{накоп} - v_{набл}^{накоп} $	21													
$\lambda_{набл}$	0,57													
$\lambda_{крит}$	$\lambda_{крит} = 1,36$, при $\alpha = 0,95$													
Вывод	$\lambda_{набл} (0,57) < \lambda_{крит} (1,36)$ – гипотеза H_0 принимается													
$v_{теор}^{накоп}$ (N -распр)	145	272	457	678	900	1088	1222	1303	1344	1362	1368	1370	1370	1370
$sup v_{теор}^{накоп} - v_{набл}^{накоп} $	139													
$\lambda_{набл}$	3,76													
$\lambda_{крит}$	$\lambda_{крит} = 1,36$, при $\alpha = 0,95$													
Вывод	$\lambda_{набл} (3,76) > \lambda_{крит} (1,36)$ – гипотеза H_1 отвергается													
$v_{теор}^{накоп}$ (β -распр)	0	442	763	987	1139	1239	1301	1337	1356	1365	1369	1370	1370	1370
$sup v_{теор}^{накоп} - v_{набл}^{накоп} $	181													
$\lambda_{набл}$	4,89													
$\lambda_{крит}$	$\lambda_{крит} = 1,36$, при $\alpha = 0,95$													
Вывод	$\lambda_{набл} (4,89) > \lambda_{крит} (1,36)$ – гипотеза H_2 отвергается													
$v_{теор}^{накоп}$ (exp -распр)	15	385	662	861	1004	1107	1181	1234	1272	1299	1319	1333	1343	1350
$sup v_{теор}^{накоп} - v_{набл}^{накоп} $	117													
$\lambda_{набл}$	3,16													
$\lambda_{крит}$	$\lambda_{крит} = 1,36$, при $\alpha = 0,95$													
Вывод	$\lambda_{набл} (3,16) > \lambda_{крит} (1,36)$ – гипотеза H_3 отвергается													

где $v_{набл}^{накоп}$ – накопленная наблюдаемая частота; $v_{теор}^{накоп}$ – теоретическая наблюдаемая частота; $\lambda_{набл}$ – наблюдаемое значение λ -критерия; $\lambda_{крит}$ – критическое значение λ -критерия; α – уровень достоверности.

Таблица 3.10 – Проверка гипотез $H_0 - H_3$ по критерию Крамера-Мизеса-Смирнова ($n\omega^2$ -критерий) при анализе параметра «Мощность наносов»

i	1	2	3	...	1370	Σ
x_i	0,1	0,2	0,32		36,9	
расчет $n\omega^2(\gamma\text{-распр})$	5,46E-07	8,86E-11	5,19E-07		1,01E-05	
$n\omega^2_{\text{набл}}(\gamma\text{-распр})$	$n\omega^2_{\text{набл}} = 0,14$ при $\alpha = 0,95$					
Вывод	$n\omega^2_{\text{набл}}(0,14) < n\omega^2_{\text{набл}}(0,46)$ – гипотеза H_0 принимается					
расчет $n\omega^2(N\text{-распр})$	1,11E-02	1,10E-02	1,08E-02	...	6,24E-06	6,35E+00
$n\omega^2_{\text{набл}}(N\text{-распр})$	$n\omega^2_{\text{набл}} = 6,35$ при $\alpha = 0,95$					
Вывод	$n\omega^2_{\text{набл}}(6,35) > n\omega^2_{\text{набл}}(0,46)$ – гипотеза H_1 отвергается					
Расчет $n\omega^2(\beta\text{-распр})$	1,33E-07	1,20E-06	3,33E-06	...	6,51E-06	1,54E+00
$n\omega^2_{\text{набл}}(\beta\text{-распр})$	$n\omega^2_{\text{набл}} = 15,39$ при $\alpha = 0,95$					
Вывод	$n\omega^2_{\text{набл}}(15,39) > n\omega^2_{\text{набл}}(0,46)$ – гипотеза H_2 отвергается					
$n\omega^2_{\text{крит}}$	0,46 при $\alpha = 0,95$					
расчет $n\omega^2(\text{exp-распр})$	1,12E-04	9,69E-05	8,31E-05	...	7,03E-05	3,86E+00
$n\omega^2_{\text{набл}}(\text{exp-распр})$	$n\omega^2_{\text{набл}} = 3,86$ при $\alpha = 0,95$					
Вывод	$n\omega^2_{\text{набл}}(3,86) > n\omega^2_{\text{набл}}(0,46)$ – гипотеза H_3 отвергается					

где $n\omega^2_{набл}$ – наблюдаемое значение $n\omega^2$ -критерия; $n\omega^2_{крит}$ – критическое значение $n\omega^2$ -критерия; α – уровень достоверности.

Таблица 3.11 – Проверка гипотез $H_0 - H_3$ по критерию Пирсона (критерий- χ^2) при анализе параметра «Мощность наносов»

n	0,1 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12	12 - 15	15 - 18	18 - 21	21 - 24	24 - 27	27 - 30	30 - 33	33 - 36	36 - 39	Σ
$v_{набл}$	268	322	223	187	138	75	44	32	41	22	7	5	3	1367
	37													
$v_{теор}$ (γ -распр)	253	315	255	185	127	85	55	36	23	14	9	6	3	1366
	32													
$\chi^2_{набл}$	0,89	0,16	4,02	0,02	0,95	1,18	2,20	0,44	14,09	0,78				24,72
$\chi^2_{крит}$	$\chi^2_{крит} = 24,72$, при $\alpha = 0,95$ и $df = 7$													
Вывод	$\chi^2_{набл} (24,72) > \chi^2_{крит} (12,26)$ – гипотеза H_0 отвергается													
$v_{теор}$ (N -распр)	272	185	221	222	188	134	81	41	18	6	2	0	0	1370
	8													
$\chi^2_{набл}$	0,06	101,45	0,02	5,52	13,30	25,98	16,90	1,98	29,39	105,13				299,72
$\chi^2_{крит}$	$\chi^2_{крит} =$, при $\alpha = 0,95$ и $df = 7$													
Вывод	$\chi^2_{набл} (269,64) > \chi^2_{крит} (12,26)$ – гипотеза H_1 отвергается													
$v_{теор}$ (β -распр)	442	321	224	152	100	62	36	19	9	4	1	0	0	1370
	5													
$\chi^2_{набл}$	68,50	0,00	0,00	8,06	14,44	2,73	1,78	8,89	113,78	204,80				422,98
$\chi^2_{крит}$	$\chi^2_{крит} = 422,98$, при $\alpha = 0,95$ и $df = 7$													
Вывод	$\chi^2_{набл} (422,98) > \chi^2_{крит} (12,26)$ – гипотеза H_2 отвергается													
$v_{теор}$ (exp-распр)	385	277	199	143	103	74	53	38	27	20	14	10	7	1350
	51													
$\chi^2_{набл}$	35,56	7,31	2,89	13,54	11,89	0,01	1,53	0,95	7,26	3,84				84,78
$\chi^2_{крит}$	$\chi^2_{крит} = 84,78$, при $\alpha = 0,95$ и $df = 8$													
Вывод	$\chi^2_{набл} (84,78) > \chi^2_{крит} (12,26)$ – гипотеза H_3 отвергается													

где $\chi^2_{крит}$ – критическое значение критерия - χ^2 ; $\chi^2_{набл}$ – наблюдаемое значение критерия - χ^2 ; $v_{набл}$ – наблюдаемое значение частоты; $v_{теор}$ – теоретическое значение частоты; α – уровень значимости (достоверности); df – число степеней свободы.

Из таблиц 3.9-3.11 видно, что все три критерия отвергли предположение о бета-распределении, распределении Гаусса и экспоненциальном-распределении. Два из трех критериев (таблицы 3.9-3.10) подтвердили о распределении-гамма, что позволяет сделать вывод о принятии гипотезы, которая утверждает, что случайная величина «мощность наносов» распределена в соответствии с гамма-распределением с функцией плотности распределения [7]:

$$F(x, \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \exp^{-\frac{x}{\beta}}, \text{ при } \alpha > 0, \beta > 0, x \in (0; R^+), x \neq \infty \quad (3.4)$$

где x – значение элемента выборки; α, β – параметры формы и масштаба; Γ – гамма-функция; R – множество действительных чисел.

Аналогичным образом были обработаны результаты по другим параметрам. Результаты представлены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Результаты статистического анализа параметров блоков

№	Параметр	Теоретический закон распределения	Выборочное математическое ожидание	Выборочное среднее квадратическое отклонение	Параметр формы	Параметр масштаба
1	Мощность наносов, м	γ -распределение	9,100	7,205	1,594	5,708
2	Количество пластов, шт.		13,711	7,506	3,337	4,109
3	Нормальная мощность пластов, м	N -распределение	3,690	2,885	-	-
4	Горизонтальная мощность пластов, м	γ -распределение	12,433	13,882	0,802	15,501
5	Ширина карьерного поля, м		1099,208	573,119	3,678	298,820
6	Глубина карьерного поля, м		211,834	140,771	2,264	93,548
7	Горизонтальная мощность свиты, м		80,522	87,887	0,839	95,925
8	Горизонтальная мощность междупластьев, м		71,460	77,416	0,852	83,869
9	Нормальная мощность междупластьев, м		25,801	24,073	1,149	22,461
10	Длина карьерного поля, м	N -распределение	3516,317	1766,705	-	-
11	Дальность транспортирования (внешний отвал), км	γ -распределение	3,932	1,673	5,524	0,712
12	Дальность транспортирования (внутренний отвал), км		0,786	0,335	5,524	0,142
13	Соотношение длины		1,716	0,871	3,881	0,442

В результате исследования выборок значений параметров, характеризующих размеры блоков разрезов Кузбасса, и выявления вида

вероятностных распределений этих значений установлено, что 84,62 % выборок соответствуют γ -распределению, 15,38 % – N -распределению (описываемая формулой (3.5)), 0 % – β – распределению, 0 % – exp -распределению.

$$F(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right), \text{ при } \mu > 0, \sigma > 0, x \in (0; R) \quad (3.5)$$

где x – значение элемента выборки; μ – выборочное математическое ожидание; σ – выборочное среднееквадратическое отклонение; R – множество действительных чисел.

Параметрами блоков согласно главе 2 являются глубина, ширина и длина. На основании этого длина блока с учетом длины карьерного поля не должна превышать длину карьерного поля с учетом отклонения.

Таким образом, с достоверностью 0,95 можно утверждать, что при определении параметров блоков на разрезах Кузбасса необходимо использовать γ -распределение с ограниченной правосторонней областью при определении глубины и ширины блоков и N -распределение с ограниченной правосторонней областью при определении длины блоков.

3.2.2 Определение параметров первоначального блока

Методологически параметры блоков определяются на основании параметров карьерного поля. Параметры карьерного поля для условий центрального Кузбасса представлены в таблице 3.12.

Внутреннее и внешнее отвалообразование является неотъемлемой частью технологической основы блокового способа [122, 127]. Как уже отмечалось в главе 1, технологическая сущность блокового способа заключается в том, что карьерные поля, предназначенные для отработки по транспортной технологии с вывозом пород на внешние отвалы, предварительно разделяют на блоки. Таким образом, чтобы снизить площади, занимаемые внешними отвалами, следует максимально использовать выработанное пространство первоначального и последующих блоков.

Площади, занимаемые внешними отвалами, внешние отвалы, выработанное пространство – неотъемлемые части процесса отвалообразования, в связи с этим балансовое уравнение отвалообразования будет выражено следующим образом:

$$V_{\text{отвала}}^{\text{внут.}} + V_{\text{отвала}}^{\text{внешн.}} = V_{\text{отвалообраз}}, \quad (3.6)$$

где $V_{\text{отвала}}^{\text{внут.}}$ – объем внутреннего отвала, тыс. м³, $V_{\text{отвала}}^{\text{внешн.}}$ – объем внешнего отвала, тыс. м³, $V_{\text{отвалообраз}}$ – объем отвалообразования предприятия, тыс. м³.

Согласно балансу объемов вскрышных пород – формула (3.6) – для уменьшения площадей и объемов вскрыши для размещения на внешних отвалах необходимо увеличивать долю внутреннего отвалообразования.

Аналитически ширина карьерного поля по дну ориентирована на максимальное извлечение полезного ископаемого [102], т. е. на ширину свиты пластов, с учетом возможности размещения оборудования – ширины разрезной траншеи (рисунок 3.13).

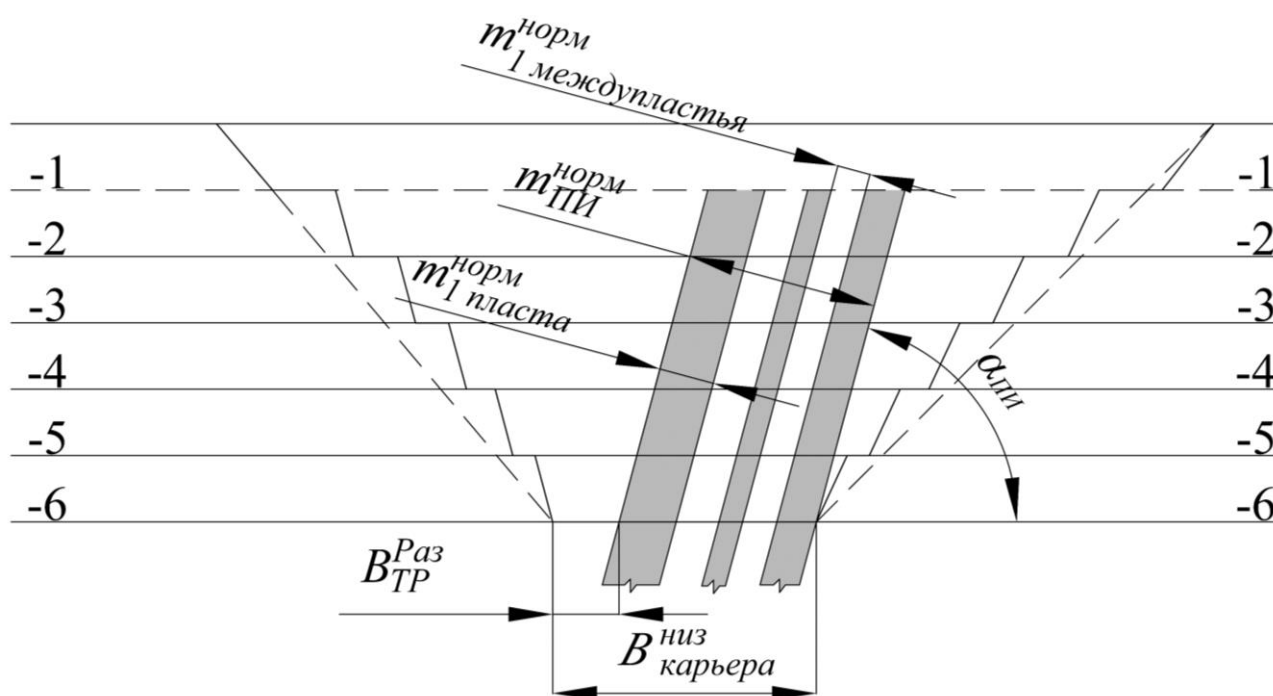


Рисунок 3.13 – Общая схема к определению ширины карьерного поля по дну

Ширина разрезной траншеи определится с учетом конструктивных особенностей применяемого автотранспорта и в общем виде будет выражена следующим образом:

$$B_{TP}^{Разр} = 2,5 \cdot R_{разворота}^{Автосамосвала}, \quad (3.7)$$

где $B_{TP}^{Разр}$ – ширина разрезной траншеи, м, $R_{разворота}^{Автосамосвала}$ – радиус разворота автосамосвала по переднему колесу (указывается в технических характеристиках принятого оборудования), м.

Ширина свиты пластов определяется на основании выполнения оценки горно-геологических условий, представленных в параграфе 3.1, по выражению:

$$m_{ПИ}^{норм} = \sum_{i=1}^n m_{1пласта}^{норм} + \left\{ \sum_{i=1}^n m_{1междупластья}^{норм} - 1 \right\}. \quad (3.8)$$

Учитывая выражения (3.8) и (3.7), ширина карьерного поля по дну ($B_{карьера}^{Низ}$) определится выражением:

$$B_{карьера}^{Низ} = 2,5 \cdot R_{разворота}^{Автосамосвала} + \frac{\sum_{i=1}^n m_{1пласта}^{норм} + \left\{ \sum_{i=1}^n m_{1междупластья}^{норм} - 1 \right\}}{\sin(\alpha_{ПИ})}. \quad (3.9)$$

В связи с особенностью открытых горных работ, заключающейся в том, что карьерное поле на каждом горизонте по мере отработки уменьшается, необходимо определить ширину карьерного поля по верху ($B_{карьера}^{Верх}$).

Ширина карьерного поля по верху будет установлена исходя из ширины карьерного поля по дну и заложений откосов бортов со стороны висячего и лежащего боков свиты, как показано на рисунке 3.14.

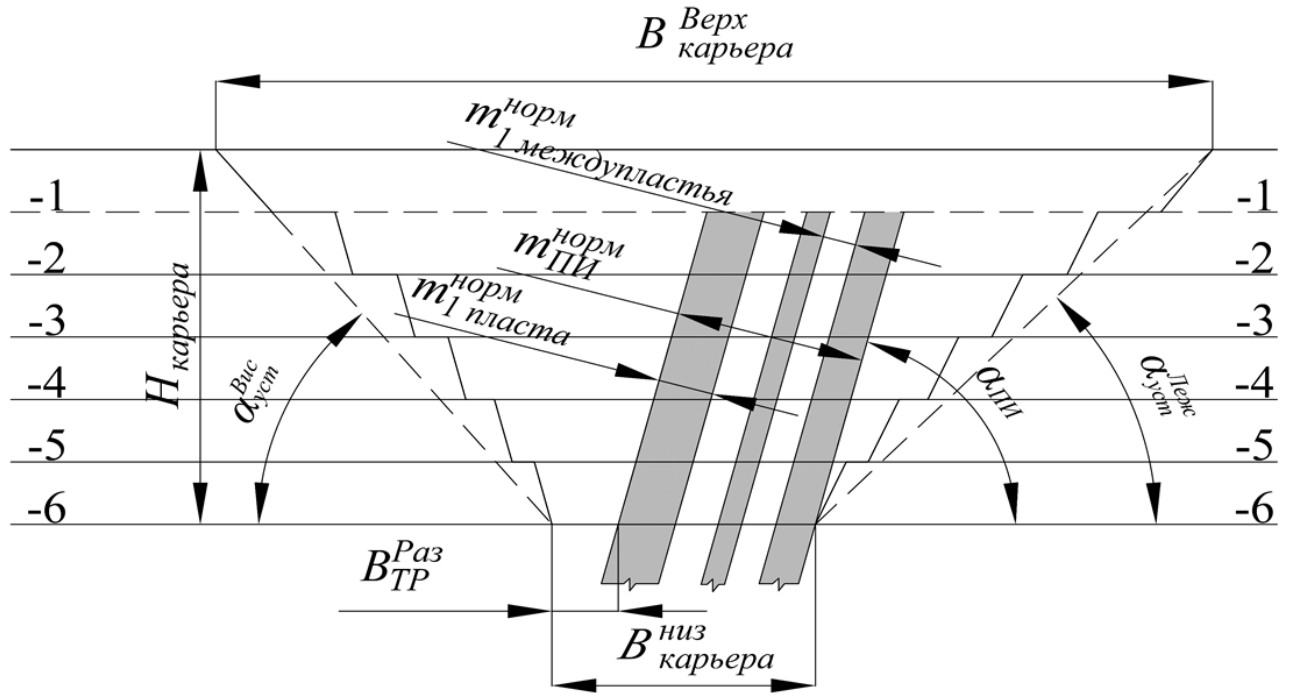


Рисунок 3.14 – Общая схема к определению ширины карьерного поля по верху

Учитывая рисунок и выражение (3.9), получим следующее выражение:

$$B_{\text{карьера}}^{\text{Верх}} = 2,5 \cdot R_{\text{разворота}}^{\text{Автосамосвала}} + \frac{\sum_{i=1}^n m_{\text{пласта}}^{\text{норм}} + \left\{ \sum_{i=1}^n m_{\text{междупластья}}^{\text{норм}} - 1 \right\}}{\sin(\alpha_{\text{ПШ}})} + \frac{H_{\text{карьера}}}{\text{tg}(\alpha_{\text{уст}}^{\text{Вис}})} + \frac{H_{\text{карьера}}}{\text{tg}(\alpha_{\text{уст}}^{\text{Леж}})}, \quad (3.10)$$

где $\alpha_{\text{уст}}^{\text{Вис}}$ – значение устойчивого угла откоса борта карьерного поля со стороны висячего бока свиты, град, $\alpha_{\text{уст}}^{\text{Леж}}$ – значение устойчивого угла откоса борта карьерного поля со стороны лежащего бока свиты, град.

В целях максимального извлечения полезного ископаемого карьерное поле по верху ($L_{\text{карьера}}^{\text{Верх}}$) целесообразно располагать по всей длине простираения свиты, в связи с чем длина карьерного поля сопоставима с длиной распространения свиты ($L_{\text{свиты}}$) (рисунки 3.15).

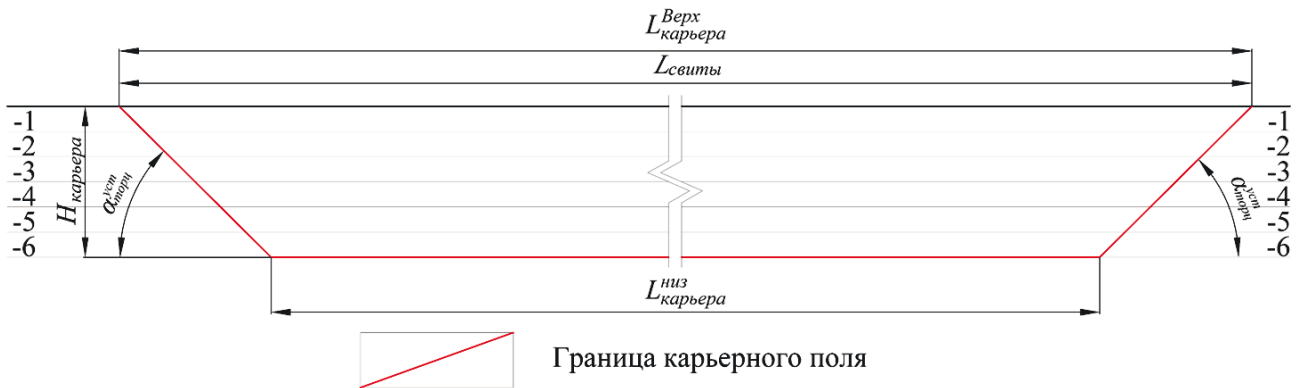


Рисунок 3.15 – Общая схема к определению длины карьерного поля



Рисунок 3.16 – Схема выхода свиты пластов под наносы

Соответственно, аналогично ширине карьерного поля длина карьерного поля по дну ($L_{\text{карьер}}^{\text{Низ}}$) определится следующим образом:

$$L_{\text{карьер}}^{\text{Низ}} = L_{\text{свиты}} - 2 \cdot \frac{H_{\text{карьер}}}{\text{tg}(\alpha_{\text{торц}}^{\text{уст}})}, \quad (3.11)$$

где $\alpha_{\text{торц}}^{\text{уст}}$ — значение устойчивого угла откоса борта карьерного поля в торце, град.

Таким образом, параметры карьерного поля помимо стохастических данных (параграф 3.2.1) установлены системой уравнений, представленной в формулах (3.8)–(3.11).

3.2.2.1 Определение максимальных параметров первоначального блока

Так как деление карьерного поля на блоки производится по его длине, то поперечные размеры и глубина карьерного поля будут постоянны и соответствовать вышеуказанным формулам (3.8)–(3.11). При этом параметры первоначального блока аналогично параметрам карьерного поля будут представлены следующей системой уравнений:

Ширина первоначального блока по верху:

$$B_{1\text{ блока}}^{\text{Верх}} = B_{\text{карьера}}^{\text{Верх}}; \quad (3.12)$$

Ширина первоначального блока по дну:

$$B_{1\text{ блока}}^{\text{Низ}} = B_{\text{карьера}}^{\text{Низ}}; \quad (3.13)$$

Глубина первоначального блока:

$$H_{1\text{ блока}} = H_{\text{карьера}}; \quad (3.14)$$

Устойчивые углы откосов бортов:

$$\alpha_{1\text{ блока}}^{\text{Вис}} = \alpha_{\text{уст}}^{\text{Вис}}; \quad (3.15)$$

$$\alpha_{1\text{ блока}}^{\text{Леж}} = \alpha_{\text{уст}}^{\text{Леж}}; \quad (3.16)$$

Длина первоначального блока по низу:

$$L_{1\text{ блока}}^{\text{Низ}} = ?; \quad (3.17)$$

Длина первоначального блока по верху:

$$L_{1\text{ блока}}^{\text{Верх}} = ?. \quad (3.18)$$

Как видно из представленной выше системы уравнений, отсутствуют выражения определения длин первоначального блока.

Карьерные поля, разрабатываемые блоковым способом, могут достигать значительных размеров по длине. Поэтому длина карьерного поля напрямую отражает масштабы производства и связана с дальностью транспортирования.

При этом протяженность блоков не зависит от параметров залегания свиты, а на предварительном этапе исследования можно заключить, что длина блоков ограничена лишь размерами карьерного поля и экономическим критерием, которым является рациональное расстояние транспортирования [18, 66, 125].

На примере предприятий, разрабатывающих угольные месторождения, произведен анализ изменения дальности транспортирования вскрышных пород и полезного ископаемого от забоя до мест их складирования [36, 136, 145]. Результат анализа показал, что в среднем дальность транспортирования с момента строительства до момента затухания и доработки участка составляет от 2,8 км до 5,0 км по вскрышным породам (при граничных значениях от 1,1 км до 7,5 км) и от 4,3 км до 6,6 км по углю (при граничных значениях от 0,7 км до 12,7 км). Средняя дальность транспортирования по вскрышным породам и полезному ископаемому составит 3,9 км и 5,5 км соответственно.

Из представленного материала видно, что среднее значение дальности транспортирования по углю превышает среднее значение дальности по вскрышной породе в 1,5 раза. Следовательно, дальность транспортирования вскрышной породы в отвал будет являться ограничивающим фактором с экономической точки зрения. Данный вывод обусловлен тем, что вскрышная порода сама по себе не несет экономической выгоды в отличие от угля.

Однако следует иметь в виду более мелкие составляющие части дальности транспортирования. Разделим дальность транспортирования вскрышных пород на следующие составляющие части: расстояние по дну карьерного поля от забоя до начала скользящего съезда; расстояние по борту карьерной выемки; расстояние по поверхности от верхней границы карьерного поля до места разгрузки на отвале.

Следовательно, общая дальность транспортирования (рисунок 3.17) будет рассчитываться по формуле (3.19):

$$L_{TP} = l_{дно} + l_{борт} + l_{до отвала}, \quad (3.19)$$

где $l_{дно}$ – расстояние по дну карьерного поля от забоя до начала скользящего съезда, м; $l_{борт}$ – расстояние по борту карьерного поля, м; $l_{до отвала}$ – расстояние по поверхности от верхней границы карьерного поля до места разгрузки на отвале, м; L_{TP} – суммарная дальность транспортирования вскрышной породы автомобильным транспортом, м.

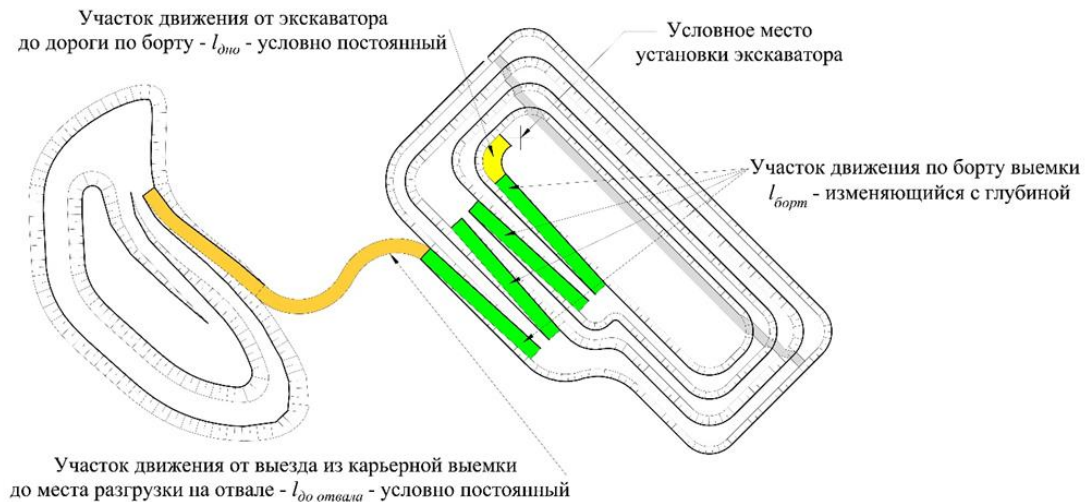


Рисунок 3.17 – Общий вид карьерного поля внешнего отвала с указанием участков дорог

На основании вышеуказанного можно сделать вывод, что для каждого месторождения или участка имеется экономически эффективное максимальное расстояние транспортирования вскрышной породы ($L_{TP}^{рац}$).

$$L_{TP}^{рац} = \frac{Ц - C_{доб} - P - Z_{обогащ}}{K_{гр} \cdot Z_{TP}} - \frac{Z_{пост}}{Z_{TP}}, \quad (3.20)$$

где, $Ц$ – цена угля (зависит от марки), р.; $C_{доб}$ – себестоимость добычи, р.; P – внепроизводственные расходы, р.; $Z_{обогащ}$ – затраты на обогащение, р./т.; $K_{гр}$ – граничный коэффициент вскрыши, м³/т; Z_{TP} – затраты на транспортирование, р./т. км; $Z_{пост}$ – затраты постоянные, р.

Максимальное расстояние по дну карьерного поля от забоя до начала скользящего съезда в большей степени зависит от места установки экскаватора на момент доработки блока.

Расстояние транспортирования по борту карьерного поля (блока) устанавливается по следующим факторам: глубина карьерного поля (блока), уклон трассы (i), протяженность скользящего съезда, высота уступа (H_y), минимальной площадки между съездами ($l_{\text{сop}}$).

Протяженность скользящего съезда ($l_{\text{съезд}}$) устанавливается по следующей формуле:

$$l_{\text{съезд}} = \frac{H_y \cdot 1000}{i}. \quad (3.21)$$

Суммарная дальность транспортирования по борту блока с учетом выражения (3.21) будет выражена:

$$l_{\text{борт}} = \frac{H_{1 \text{ блока}} \cdot \frac{H_y \cdot 1000}{i}}{H_y}. \quad (3.22)$$

Учитывая известные выражения (3.21) и (3.22), целесообразно определить предварительную длину первоначального блока ($l_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{предв}}$):

$$l_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{предв}} = \frac{Ц - C_{\text{доб}} - P - 3_{\text{обогащ}} - \frac{3_{\text{пост}}}{3_{\text{ТР}}} - l_{\text{до отвала}} - \frac{H_{1 \text{ блока}} \cdot \frac{H_y \cdot 1000}{i}}{H_y} + \sqrt{\left(\frac{H_{1 \text{ блока}} \cdot \frac{H_y \cdot 1000}{i}}{H_y} \right)^2 - H_{1 \text{ блока}}^2 - \frac{H_{1 \text{ блока}}}{\text{tg}(\alpha_{\text{торц}}^{\text{уст}})}}. \quad (3.23)$$

В связи с тем, что элементарная фигура первоначального блока – трапеция, а для второго и последующих блоков – параллелограмм, целесообразно определить предварительное количество блоков по длине карьерного поля ($N_{\text{блоков}}$):

$$N_{\text{блоков}} = \frac{L_{\text{карьера}}^{\text{низ}} - l_{1 \text{ блока}(\text{низ})}^{\text{предв}}}{K_{\text{дол}} \cdot l_{1 \text{ блока}(\text{низ})}^{\text{предв}}}, \quad (3.24)$$

где $K_{\text{дол}}$ – коэффициент соотношения длин второго и последующих блоков.

По концепции блокового способа весь объем вскрышной породы первоначального блока необходимо разместить во внешнем отвале, соответственно, от обратного длина первоначального блока по низу по возможности размещения всей вскрыши на внешнем отвале ($L_{1 \text{ блока}(\text{низ})}^{\text{Внешн. отвала}}$) определится следующим образом:

$$L_{1 \text{ блока}(\text{низ})}^{\text{Внешн. отвала}} = \frac{V_{\text{внешн. отвала}}}{K_p \cdot S_{\text{вскр}}}, \quad (3.25)$$

где $V_{\text{внешн. отвала}}$ – объем внешнего отвала, который зависит от площади и конфигурации внешнего отвала, м³; K_p – коэффициент разрыхления породы; $S_{\text{вскр}}$ – площадь вскрыши первоначального блока в сечении, тыс. м².

Площадь вскрыши первоначального блока определится следующим образом:

$$S_{\text{вскр}} = \frac{(B_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}} + B_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}}) \cdot H_{1 \text{ блока}}}{2} - m_{\text{ПИ}}^{\text{норм}} \cdot \frac{H_{1 \text{ блока}} - h_{\text{четв}}}{\sin(\alpha_{\text{ПИ}})}. \quad (3.26)$$

Подставляя выражение (3.26) в выражение (3.25), получим развернутое выражение для определения длины первоначального блока:

$$L_{1 \text{ блока}(\text{низ})}^{\text{Внешн. отвала}} = \frac{V_{\text{внешн. отвала}}}{K_p \cdot \frac{(B_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}} + B_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}}) \cdot H_{1 \text{ блока}}}{2} - m_{\text{ПИ}}^{\text{норм}} \cdot \frac{H_{1 \text{ блока}} - h_{\text{четв}}}{\sin(\alpha_{\text{ПИ}})}}. \quad (3.27)$$

Рациональная длина блока устанавливается путем сравнения длины первоначального блока по низу по возможности размещения всей вскрыши на

внешнем отвале ($L_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{Внешн. отвала}}$) с учетом дальности транспортирования до внешнего отвала и выражения (3.22), с выражением (3.20).

$$L_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}} = L_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{Внешн. отвала}} + l_{\text{до отвала}} + l_{\text{борт}} \leq L_{\text{ТР}}^{\text{рац}}. \quad (3.28)$$

Длина первоначального блока по верху устанавливается аналогично ширине первоначального блока по верху (выражение (3.10)) с учетом значений углов в торцевой части карьерного поля, как показано в выражении:

$$L_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}} = L_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}} + 2 \cdot \frac{H_{1 \text{ блока}}}{\text{tg}(\alpha_{\text{торц}}^{\text{уст}})}. \quad (3.29)$$

Таким образом, итоговые максимальные параметры первоначального блока представлены системой выражений:

$$B_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}} = 2,5 \cdot R_{\text{разворота}}^{\text{Автосамосвала}} + \frac{\sum_{i=1}^n m_{1 \text{ пласта}}^{\text{норм}} + \left\{ \sum_{i=1}^n m_{1 \text{ междупластья}}^{\text{норм}} - 1 \right\}}{\sin(\alpha_{\text{ПИ}})}; \quad (3.30)$$

$$B_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}} = 2,5 \cdot R_{\text{разворота}}^{\text{Автосамосвала}} + \frac{\sum_{i=1}^n m_{1 \text{ пласта}}^{\text{норм}} + \left\{ \sum_{i=1}^n m_{1 \text{ междупластья}}^{\text{норм}} - 1 \right\}}{\sin(\alpha_{\text{ПИ}})} + \quad (3.31)$$

$$+ \frac{H_{1 \text{ блока}}}{\text{tg}(\alpha_{1 \text{ блока}}^{\text{Вис}})} + \frac{H_{1 \text{ блока}}}{\text{tg}(\alpha_{1 \text{ блока}}^{\text{Леж}})};$$

$$H_{1 \text{ блока}} = H_{\text{карьера}}; \quad (3.32)$$

$$\alpha_{1 \text{ блока}}^{\text{Вис}} = \alpha_{\text{уст}}^{\text{Вис}}; \quad (3.33)$$

$$\alpha_{1 \text{ блока}}^{\text{Леж}} = \alpha_{\text{уст}}^{\text{Леж}}; \quad (3.34)$$

$$L_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}} = \frac{V_{\text{внешн. отвала}}}{K_p \cdot \frac{(B_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}} + B_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}}) \cdot H_{1 \text{ блока}}}{2} - m_{\text{ПН}}^{\text{норм}} \cdot \frac{H_{1 \text{ блока}} - h_{\text{четв}}}{\sin(\alpha_{\text{ПН}})}} +$$

$$+ l_{\text{до отвала}} + l_{\text{борт}}; \quad (3.35)$$

$$L_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}} = \frac{V_{\text{внешн. отвала}}}{K_p \cdot \frac{(B_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}} + B_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}}) \cdot H_{1 \text{ блока}}}{2} - m_{\text{ПН}}^{\text{норм}} \cdot \frac{H_{1 \text{ блока}} - h_{\text{четв}}}{\sin(\alpha_{\text{ПН}})}} + l_{\text{до отвала}} +$$

$$+ l_{\text{борт}} + 2 \cdot \frac{H_{1 \text{ блока}}}{\text{tg}(\alpha_{\text{торц}}^{\text{уст}})}. \quad (3.36)$$

Общий вид отработки первоначального блока представлен в главе 2 на рисунке 2.8.

3.2.2.2 Определение минимальных параметров первоначального блока

При значительных размерах карьерного поля по простиранию размеры и объемы первоначального блока также будут иметь значительные значения. На производительности предприятия данный факт скажется снижением эффективности, что будет обусловлено более продолжительным перемещением вскрышных пород на внешний отвал.

В этой связи целесообразно рассмотреть максимально быстрый переход на внутреннее отвалообразование в границах максимальных параметров первоначального блока.

За основу расчета минимальных параметров первоначального блока принята схема, представленная на рисунке 2.8. Для максимального перехода на внутреннее отвалообразование нельзя исключать максимальное использование выработанного пространства. В связи с этим длина первоначального блока по дну определится минимальной длиной внутреннего отвала по верху, углом откоса

внутреннего отвала и горизонтальной площадкой между рабочим торцом и предполагаемым откосом внутреннего отвала. Принципиальная схема к определению минимальных размеров первоначального блока представлена на рисунке 3.18.

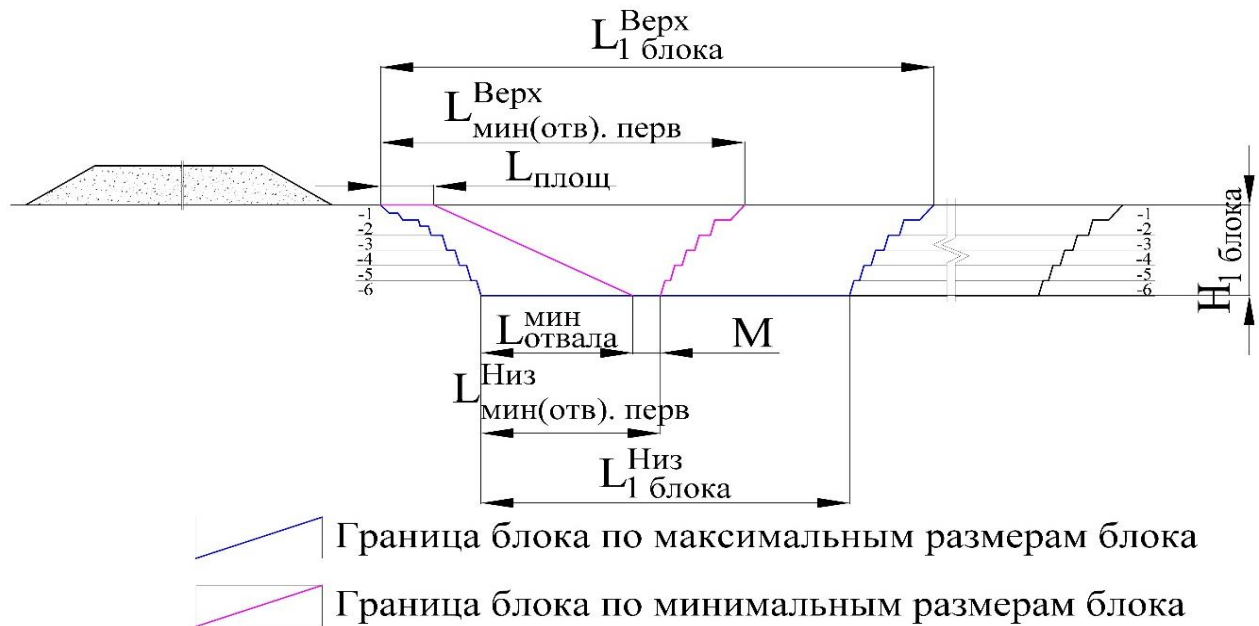


Рисунок 3.18 – Принципиальная схема к определению минимальных размеров первоначального блока

Последовательность к определению минимальных параметров первоначального блока включает в себя следующее:

- определение параметров блоков согласно математической модели;
- определение длины внутреннего отвала по дну блока;
- определение длины первоначального блока по дну;
- определение длины первоначального блока по верху.

В данном случае длина первого блока по дну определится минимальной длиной внутреннего отвала по верху ($L_{плосч} = 30$ м), углом откоса внутреннего отвала ($\gamma_{откоса отвала}$) и безопасным зазором между нижней бровкой отвала и нижней бровкой торца блока (M).

Длина внутреннего отвала по дну блока будет установлена по выражению:

$$L_{отвала}^{мин} = 30 - \frac{H_{1\text{ блока}}}{tg(\alpha_{торц}^{уст})} + \frac{H_{1\text{ блока}}}{tg(\gamma_{откоса отвала})}, \quad (3.37)$$

где $\gamma_{откоса отвала}$ – значение устойчивого угла откоса отвала, град.

Безопасный зазор между нижней бровкой отвала и нижней бровкой торца блока определится по формуле:

$$M = 0,19 \cdot H_{1\text{ блока}} + 2,5 \cdot R_{\text{Автосамосвала разворота}}. \quad (3.38)$$

Подставляя выражение (3.38) в выражение (3.37), получена формула к определению длины первоначального блока по дну

$$L_{мин(отв).перв}^{Низ} = 30 - \frac{H_{1\text{ блока}}}{tg(\alpha_{торц}^{уст})} + \frac{H_{1\text{ блока}}}{tg(\gamma_{откоса отвала})} + M. \quad (3.39)$$

Длина первоначального блока по верху определится аналогично формуле (3.29) по выражению:

$$L_{мин(отв).перв}^{Верх} = 30 - \frac{H_{1\text{ блока}}}{tg(\alpha_{торц}^{уст})} + \frac{H_{1\text{ блока}}}{tg(\gamma_{откоса отвала})} + M + 2 \cdot \frac{H_{1\text{ блока}}}{tg(\alpha_{торц}^{уст})}. \quad (3.40)$$

3.2.3 Определение параметров второго и последующих блоков

Согласно схемам на рисунках 2.9÷2.10 второй и третий блоки концептуально идентичны друг другу, соответственно, их параметры также будут идентичны. В этой связи предлагается совместное решение для второго и последующих блоков на примере второго блока.

С учетом концепции блокового способа, где деление карьерного поля производится по его длине, аналогично параметрам первоначального блока параметры второго блока представлены в выражениях:

Ширина второго и последующих блоков по верху:

$$B_{2\text{ блока}}^{Низ} = B_{1\text{ блока}}^{Низ} = B_{\text{карьера}}^{Низ}; \quad (3.41)$$

Ширина второго и последующих блоков по дну:

$$B_{2 \text{ блока}}^{\text{Верх}} = B_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}} = B_{\text{карьера}}^{\text{Верх}}; \quad (3.42)$$

Глубина второго и последующих блоков:

$$H_{2 \text{ блока}} = H_{1 \text{ блока}} = H_{\text{карьера}}; \quad (3.43)$$

Устойчивые углы откосов бортов второго и последующих блоков:

$$\alpha_{2 \text{ блока}}^{\text{Вис}} = \alpha_{1 \text{ блока}}^{\text{Вис}} = \alpha_{\text{уст}}^{\text{Вис}}; \quad (3.44)$$

$$\alpha_{2 \text{ блока}}^{\text{Леж}} = \alpha_{1 \text{ блока}}^{\text{Леж}} = \alpha_{\text{уст}}^{\text{Леж}}; \quad (3.45)$$

Длина второго и последующих блоков по низу:

$$L_{2 \text{ блока}}^{\text{Низ}} = ?; \quad (3.46)$$

Длина второго и последующих блоков по верху:

$$L_{2 \text{ блока}}^{\text{Верх}} = ?. \quad (3.47)$$

По концепции блокового способа весь объем вскрышной породы второго блока необходимо разместить во внутреннем отвале в выработке первоначального блока, соответственно, идя от обратного, объем и длина второго блока по возможности размещения всей вскрыши во внутреннем отвале определяются исходя из параметров внутреннего отвала.

Данное условие позволяет сделать вывод, что объем вскрыши второго блока не должен превышать максимальную вместимость внутреннего отвала в выработанном пространстве первоначального:

В связи с этим основным отличием в определении параметров второго и последующих блоков является длина второго блока по дну. Связано это с тем, что для первоначального блока правомерна логическая связка: *внешний отвал – первоначальный блок*. Для второго блока и последующих блоков правомерна следующая логическая связка: *внутренний отвал – второй блок*.

Соответственно, одним из ключевых факторов будет объем первоначального блока, который определяется на основании производимых расчетов в САПР или с учетом фигуры, получаемой произведением площади

поперечного сечения блока и средней длины блока. С учетом фигуры поперечного сечения – трапеции (при устойчивых значениях результирующих углов бортов карьерного поля) максимальный объем первоначального блока определится следующим образом:

$$V_{1 \text{ блока}} = \frac{H_{1 \text{ блока}} \cdot 0,5 \cdot (B_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}} + B_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}}) \cdot 0,5 \cdot (L_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}} + L_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}})}{1000}. \quad (3.48)$$

Далее необходимо выполнить оценку выработанного пространства первоначального блока для возможности размещения в нем внутреннего отвала, формируемого из вскрышных пород следующего блока.

Так как внутренний отвал расположен в выработанном пространстве первоначального блока, то ему присущи основные параметры первоначального блока, такие как ширина и глубина блока:

Ширина внутреннего отвала по верху:

$$B_{\text{Внутр.отвала}}^{\text{Верх}} = B_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}}; \quad (3.49)$$

Ширина внутреннего отвала по низу:

$$B_{\text{Внутр.отвала}}^{\text{Низ}} = B_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}}; \quad (3.50)$$

Высота внутреннего отвала:

$$H_{\text{Внутр.отвала}} = H_{1 \text{ блока}}. \quad (3.51)$$

Длину основания внутреннего отвала определяют исходя из длины первоначального блока по дну за вычетом минимального зазора между нижней бровкой фронта отвальных работ и нижней бровкой следующего блока.

В целях разделения карьерного поля на отвальную (внутренний отвал) и эксплуатационную части согласно схеме, представленной на рисунке 2.9, получено выражение (3.52):

$$L_{\text{отвала}}^{\text{низ}} = L_{1 \text{ блока}}^{\text{низ}} - M, \quad (3.52)$$

подставляя выражения (3.38) и (3.35) в формулу (3.52), получено выражение в следующем виде:

$$L_{отвала}^{Низ} = \frac{V_{внешн. отвала}}{K_p \cdot \frac{(B_{1 \text{ блока}}^{Верх} + B_{1 \text{ блока}}^{Низ}) \cdot H_{1 \text{ блока}}}{2} - m_{ПИ}^{норм} \cdot \frac{H_{1 \text{ блока}} - h_{четв}}{\sin(\alpha_{ПИ})}} +$$

$$+ l_{до отвала} + l_{борт} - 0,19 \cdot H_{карьера} + 2,5 \cdot R_{разворота}^{Автосамосвала}. \quad (3.53)$$

Длину отвала по верху определяют исходя из длины основания отвала (формула (3.53)) с учетом значений устойчивых углов. При этом параметры внутреннего отвала определяют следующим образом:

$$L_{отвала}^{Верх} = \frac{V_{внешн. отвала}}{K_p \cdot \frac{(B_{1 \text{ блока}}^{Верх} + B_{1 \text{ блока}}^{Низ}) \cdot H_{1 \text{ блока}}}{2} - m_{ПИ}^{норм} \cdot \frac{H_{1 \text{ блока}} - h_{четв}}{\sin(\alpha_{ПИ})}} +$$

$$+ l_{до отвала} + l_{борт} - 0,19 \cdot H_{карьера} + 2,5 \cdot R_{разворота}^{Автосамосвала} - \frac{H_{внутр. отвала}}{\operatorname{tg}(\gamma_{откоса отвала})} + \frac{H_{1 \text{ блока}}}{\operatorname{tg}(\alpha_{торц}^{уст})}. \quad (3.54)$$

Вместимость внутреннего отвала определяют аналогично объему первоначального блока – либо в программном обеспечении, либо произведением площади поперечного сечения блока и средней длины внутреннего отвала с учетом формул (3.49)–(3.51), (3.53) и (3.54) по выражению:

$$V_{внут. отвала} = \frac{(B_{внутр. отвала}^{Верх} + B_{внутр. отвала}^{Низ}) \cdot H_{внутр. отвала}}{2} \cdot L_{отвала}^{ср}, \quad (3.55)$$

где, $L_{отвала}^{ср}$ – средняя длина внутреннего отвала в блоке (средняя линия фигуры), м.

$$L_{отвала}^{ср} = \frac{L_{отвала}^{Низ} + L_{отвала}^{Верх}}{2}. \quad (3.56)$$

Полученное выражение (3.55) позволяет установить объем второго блока:

$$V_{2 \text{ блока}} = \frac{V_{внут. отвала}}{K_p} + m_{ПИ}^{норм} \cdot \frac{H_{2 \text{ блока}} - h_{четв}}{\sin(\alpha_{ПИ})} \cdot L_{2 \text{ блока}}, \quad (3.57)$$

где $L_{2 \text{ блока}}$ – длина второго блока, м, K_p – коэффициент разрыхления породы.

Так как объем второго блока должен быть равен объему внутреннего отвала, определенного по формуле (3.57), то при прочих равных параметрах (выражения (3.49)–(3.51)) длина второго блока определится по формуле:

$$L_{2 \text{ блока}} = \frac{V_{\text{внут. отвала}}}{K_p \cdot \left(\frac{(B_{2 \text{ блока}}^{\text{верх}} + B_{2 \text{ блока}}^{\text{низ}}) \cdot H_{2 \text{ блока}}}{2} - m_{\text{ПИ}}^{\text{норм}} \cdot \frac{H_{2 \text{ блока}} - h_{\text{четв}}}{\sin(\alpha_{\text{ПИ}})} \right)}. \quad (3.58)$$

При этом длина второго блока с учетом транспортных коммуникаций не должна превышать рациональную дальность транспортирования (формула (3.20)). Соответственно, рациональная длина второго блока определится следующим образом:

$$L_{2 \text{ блока}} + l_{\text{до отвала}} + l_{\text{борт}} \leq \frac{Ц - C_{\text{доб}} - P - 3_{\text{обогащ}} - \frac{3_{\text{пост}}}{3_{\text{ТР}}}}{K_{\text{ср}} \cdot 3_{\text{ТР}}}. \quad (3.59)$$

Таким образом, итоговые параметры второго блока представлены в системе выражений:

$$B_{2 \text{ блока}}^{\text{Низ}} = B_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}} = 2,5 \cdot R_{\text{разворота}}^{\text{Автосамосвала}} + \frac{\sum_{i=1}^n m_{1 \text{ пласта}}^{\text{норм}} + \left\{ \sum_{i=1}^n m_{1 \text{ междупласть}}^{\text{норм}} - 1 \right\}}{\sin(\alpha_{\text{ПИ}})}; \quad (3.60)$$

$$B_{2 \text{ блока}}^{\text{Верх}} = B_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}} = 2,5 \cdot R_{\text{разворота}}^{\text{Автосамосвала}} + \frac{\sum_{i=1}^n m_{1 \text{ пласта}}^{\text{норм}} + \left\{ \sum_{i=1}^n m_{1 \text{ междупласть}}^{\text{норм}} - 1 \right\}}{\sin(\alpha_{\text{ПИ}})} + \quad (3.61)$$

$$+ \frac{H_{\text{карьера}}}{\text{tg}(\alpha_{\text{уст}}^{\text{Вис}})} + \frac{H_{\text{карьера}}}{\text{tg}(\alpha_{\text{уст}}^{\text{Леж}})};$$

$$H_{2 \text{ блока}} = H_{1 \text{ блока}} = H_{\text{карьера}}; \quad (3.62)$$

$$\alpha_{2 \text{ блока}}^{\text{Вис}} = \alpha_{1 \text{ блока}}^{\text{Вис}} = \alpha_{\text{уст}}^{\text{Вис}}; \quad (3.63)$$

$$\alpha_{2 \text{ блока}}^{\text{Леж}} = \alpha_{1 \text{ блока}}^{\text{Леж}} = \alpha_{\text{уст}}^{\text{Леж}}; \quad (3.64)$$

$$L_{2 \text{ блока}} = \frac{V_{\text{внут. отвала}}}{K_p \cdot \left(\frac{(B_{2 \text{ блока}}^{\text{верх}} + B_{2 \text{ блока}}^{\text{низ}}) \cdot H_{2 \text{ блока}}}{2} - m_{\text{ПИ}}^{\text{норм}} \cdot \frac{H_{2 \text{ блока}} - h_{\text{четв}}}{\sin(\alpha_{\text{ПИ}})} \right)}. \quad (3.65)$$

Общий вид отработки второго блока представлен в главе 2 на рисунке 2.9. Учитывая схемные решения отработки второго и последующего блока, определение параметров третьего и последующих блоков будет аналогичным параметрам второго.

3.3 Влияние различных факторов на параметры блокового способа

3.3.1 Определить влияние различных факторов на ширину блоков

Определение влияния различных факторов на ширину блоков целесообразно рассматривать как со стороны ширины блока по дну, так и по верху.

Согласно формуле (3.30) на ширину блока по дну оказывают влияние:

$$m_{1 \text{ пласта}}^{\text{норм}}; m_{1 \text{ междупластья}}^{\text{норм}}; \alpha_{\text{ПИ}}; n.$$

На ширину блока по верху, согласно формуле (3.31), оказывают влияние:

$$m_{1 \text{ пласта}}^{\text{норм}}; m_{1 \text{ междупластья}}^{\text{норм}}; \alpha_{\text{ПИ}}; n; H_{1 \text{ блока}}; \alpha_{1 \text{ блока}}^{\text{Вис}}; \alpha_{1 \text{ блока}}^{\text{Леж}}.$$

Так как факторы $m_{1 \text{ пласта}}^{\text{норм}}; m_{1 \text{ междупластья}}^{\text{норм}}; \alpha_{\text{ПИ}}; n$ являются составляющими при определении ширины блока по верху и по дну, то целесообразно рассмотреть эти факторы совместно друг с другом. Значения ширины блока по низу ($B_{1 \text{ блока}}^{\text{низ}}$) получены при постоянной величине $\alpha_{\text{ПИ}} = 70^\circ$ град.

На рисунках 3.19–3.20 представлены зависимости изменения ширины блока по дну и по верху при значениях нормальной мощности одного пласта от 1 до 12 м,

$$\text{при: } m_{1 \text{ междупластья}}^{\text{норм}} = 1 \text{ м}; \alpha_{\text{ПИ}} = 70^\circ; \alpha_{\text{уст}}^{\text{Вис}} = 35^\circ; \alpha_{\text{уст}}^{\text{Леж}} = 20^\circ; n = 1 \text{ шт};$$

$$B_{\text{ГР}}^{\text{Разр}} = 30 \text{ м}; H_{\text{лицензии}} = 30 \text{ м}.$$

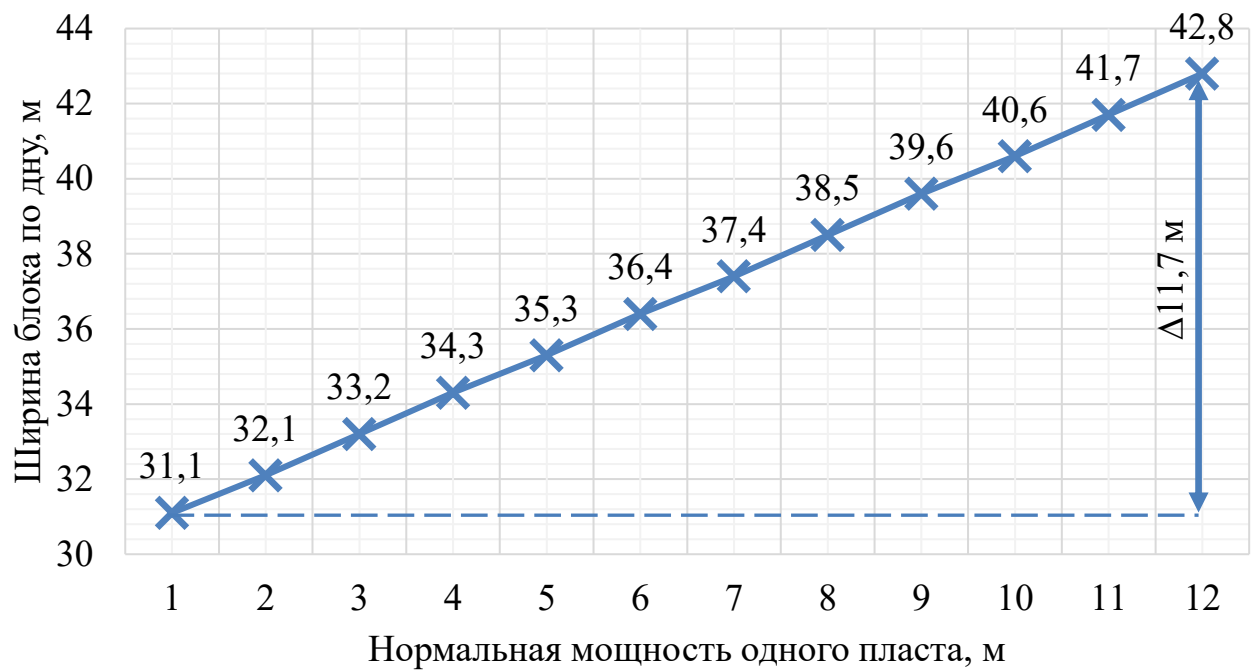


Рисунок 3.19 – Зависимость изменения ширины блока по дну при значениях нормальной мощности одного пласта от 1 до 12 м

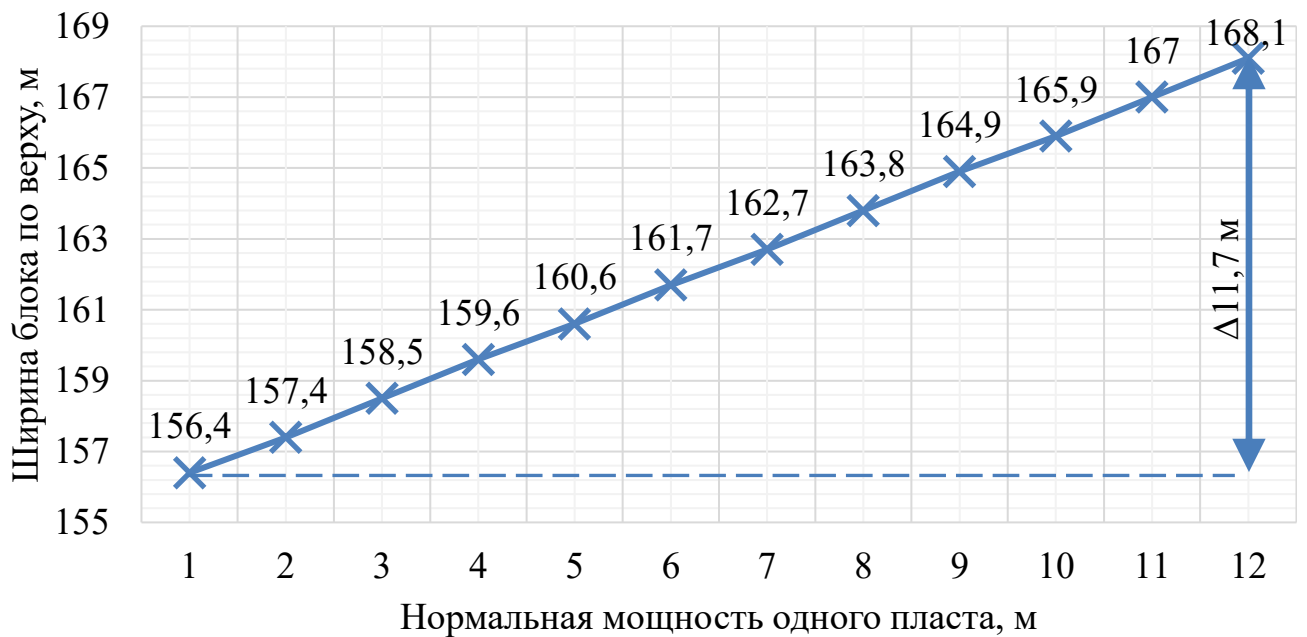


Рисунок 3.20 – Зависимость изменения ширины блока по верху при значениях нормальной мощности одного пласта от 1 до 12 м

Как видно из представленной зависимости, нормальная мощность одного пласта оказывает следующее влияние:

– изменение нормальной мощности одного пласта в диапазоне от 1 до 12 м приводит к увеличению ширины блока по дну до 1,4 раза, с 31,1 до 42,8 м;

– изменение нормальной мощности одного пласта в диапазоне от 1 до 12 м приводит к увеличению ширины блока по верху до 1,1 раза, с 156,4 до 168,1 м.

На рисунках 3.21–3.22 представлены зависимости изменения ширины блока по дну и по верху при значениях нормальной мощности одного междупластья от 10 до 65 м, при: $m_{\text{пласта}}^{\text{норм}} = 1 \text{ м}$; $\alpha_{\text{III}} = 70^\circ$; $\alpha_{\text{уст}}^{\text{Вис}} = 35^\circ$; $\alpha_{\text{уст}}^{\text{Леж}} = 20^\circ$; $n = 2 \text{ шт}$; $B_{\text{ГР}}^{\text{Разр}} = 30 \text{ м}$; $H_{\text{лицензии}} = 30 \text{ м}$.



Рисунок 3.21 – Зависимость изменения ширины блока по дну при значениях нормальной мощности одного междупластья от 10 до 65 м

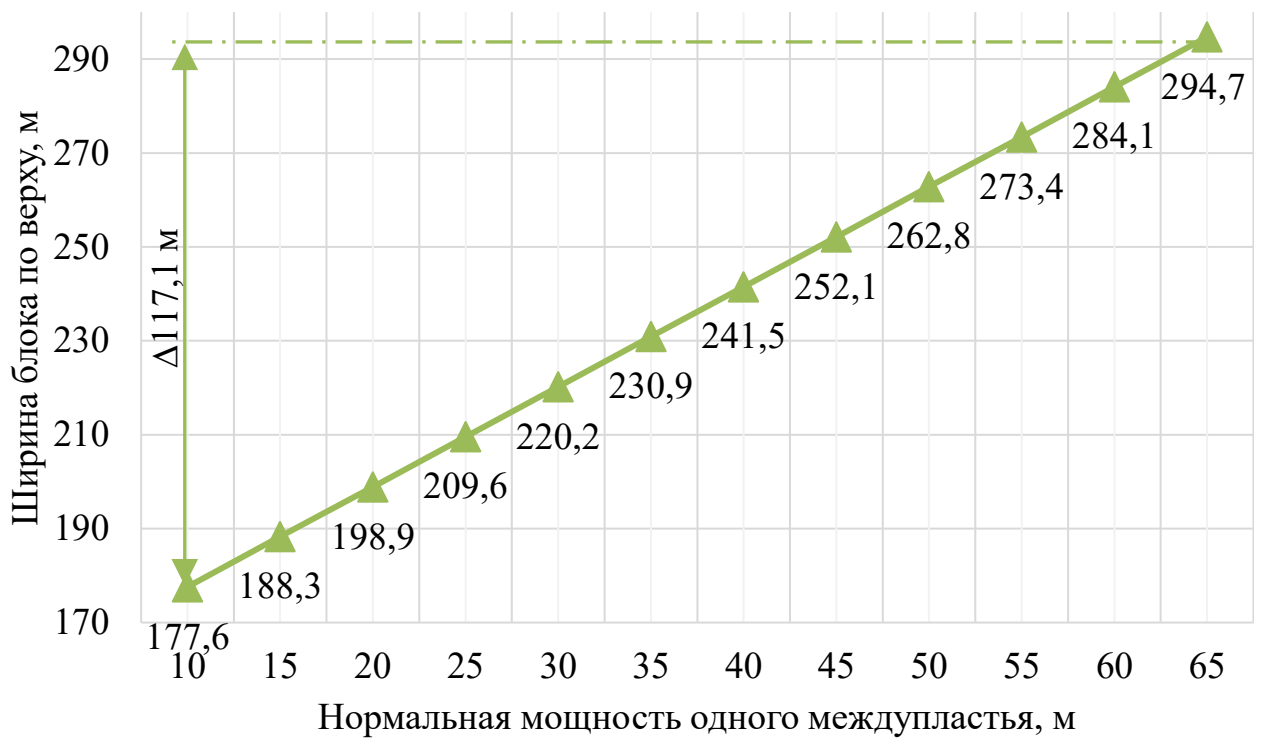


Рисунок 3.22 – Зависимость изменения ширины блока по верху при значениях нормальной мощности одного междупластья от 10 до 65 м

Как видно из представленной зависимости, нормальная мощность одного междупластья оказывает следующее влияние:

- изменение нормальной мощности одного междупластья в диапазоне от 10 до 65 м приводит к увеличению ширины блока по дну до 3,2 раза, с 52,3 до 169,4 м;
- изменение нормальной мощности одного междупластья в диапазоне от 10 до 65 м приводит к увеличению ширины блока по верху до 1,6 раза, с 177,6 до 294,7 м.

На рисунках 3.23–3.24 представлены зависимости изменения ширины блока по дну и по верху при значениях количества пластов в свите от 3 до 36 пластов, при $m_{\text{междупластья}}^{\text{норм}} = 1 \text{ м}$; $m_{\text{пласта}}^{\text{норм}} = 2 \text{ м}$; $\alpha_{\text{ПИ}} = 70^\circ$; $\alpha_{\text{уст}}^{\text{Вис}} = 35^\circ$; $\alpha_{\text{уст}}^{\text{Леж}} = 20^\circ$; $n = 1 \text{ шт}$;
 $B_{\text{ТР}}^{\text{Разр}} = 30 \text{ м}$; $H_{\text{лицензии}} = 30 \text{ м}$.

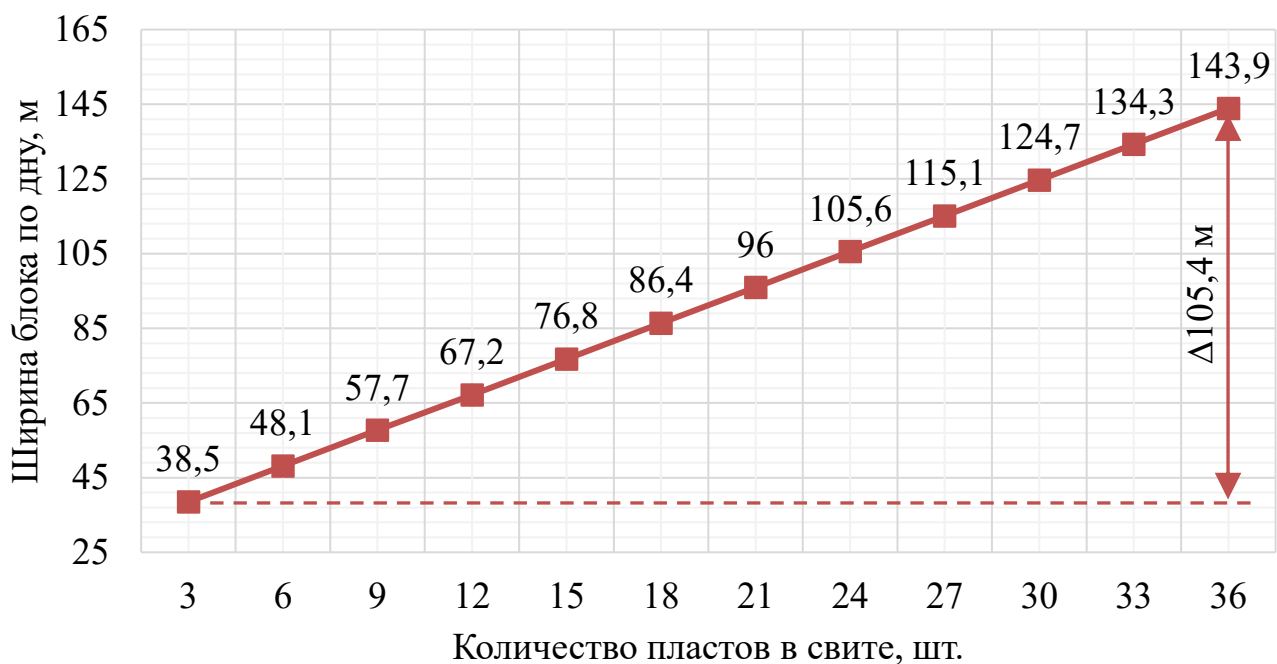


Рисунок 3.23 – Зависимость изменения ширины блока по дну при значениях количества пластов в свите от 3 до 36 пластов

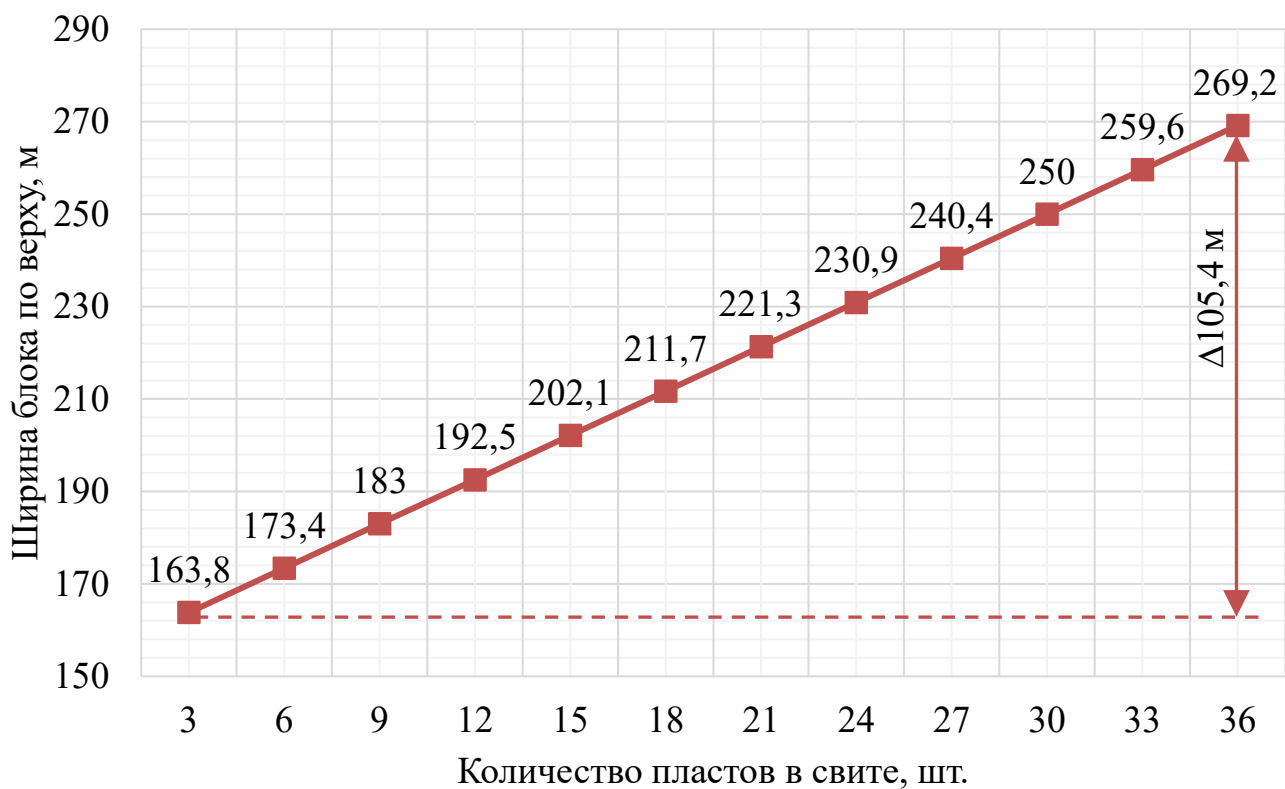


Рисунок 3.24 – Зависимость изменения ширины блока по верху при значениях количества пластов в свите от 3 до 36 пластов

Как видно из представленной зависимости, количество пластов в свите оказывает следующее влияние:

- изменение количества пластов в свите в диапазоне от 3 до 36 шт. приводит к увеличению ширины блока по дну до 3,7 раза, с 38,5 до 143,9 м;
- изменение количества пластов в свите в диапазоне от 3 до 36 шт. приводит к увеличению ширины блока по дну до 1,6 раза, со 163,8 до 269,2 м.

2) Влияние глубины отработки на ширину блока по верху выражено в зависимости, представленной на рисунке 3.25. Значения ширины блока получены при постоянных величинах $m_{1\text{ пласта}}^{\text{норм}} = 5$ м; $m_{1\text{ междупластья}}^{\text{норм}} = 2$ м; $\sin(\alpha_{III}) = 70$ град; $n = 2$ шт.; $\alpha_{1\text{ блока}}^{\text{Вис}} = 35$ град; $\alpha_{1\text{ блока}}^{\text{Лож}} = 20$ град.

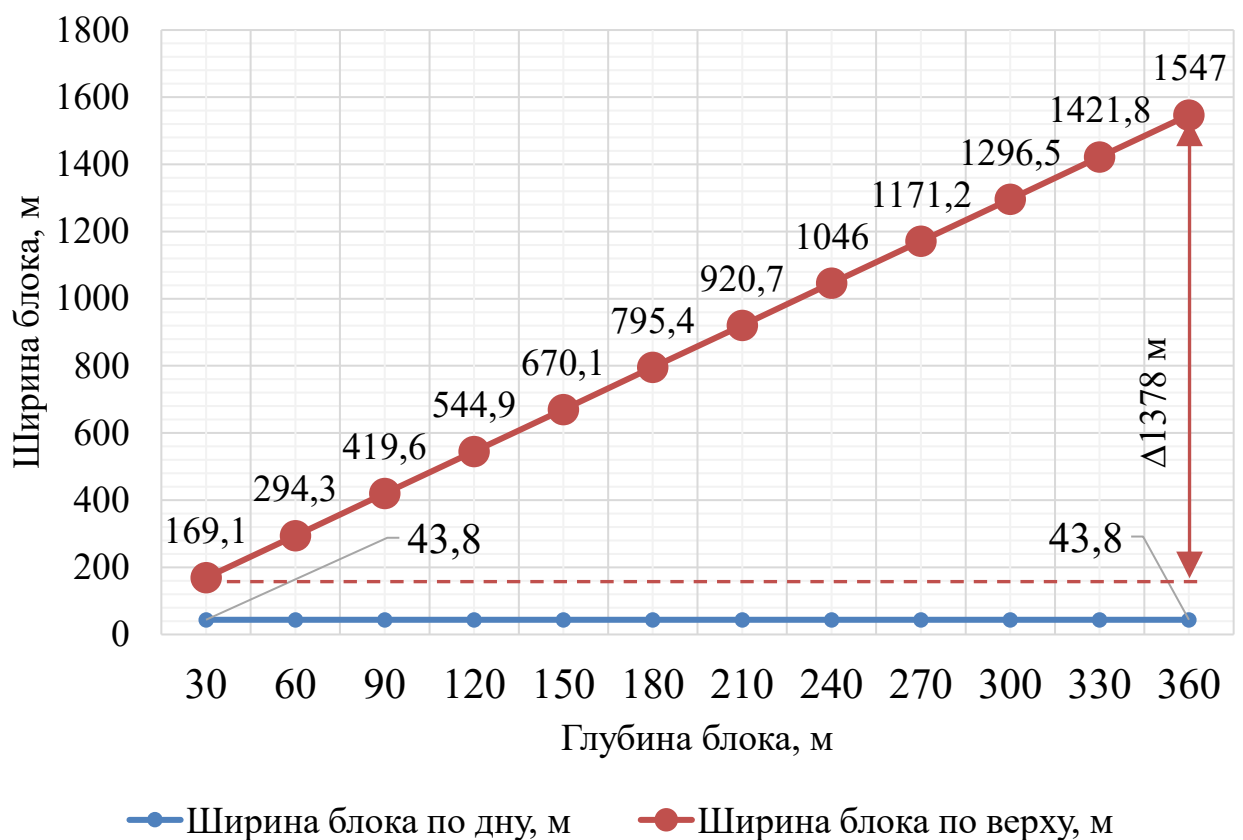


Рисунок 3.25 – Зависимость изменения ширины блока при различной глубине блока

В результате анализа зависимости установлено, что глубина блока не влияет на ширину блока по дну. При этом ширина блока по верху с увеличением

глубины увеличивается, причем зависимость имеет линейный характер. Значение ширины блока по верху изменяется в пределах 169÷1547 м, что относительно минимального значения составляет 9,1 раза, а прирост ширины блока по верху составляет порядка 1378 м.

3) Оценка влияния значений углов со стороны висячего и лежачего боков свиты пластов на ширину блока представлена на рисунке 3.26 в виде зависимости.

Значения ширины блока получены при постоянных величинах $m_{1\text{пласта}}^{\text{норм}} = 5$ м; $m_{1\text{междупласть}}^{\text{норм}} = 2$ м; $H_{1\text{блока}} = 150$ м; $\sin(\alpha_{\text{ПИ}}) = 70$ град; $n = 2$ шт.;

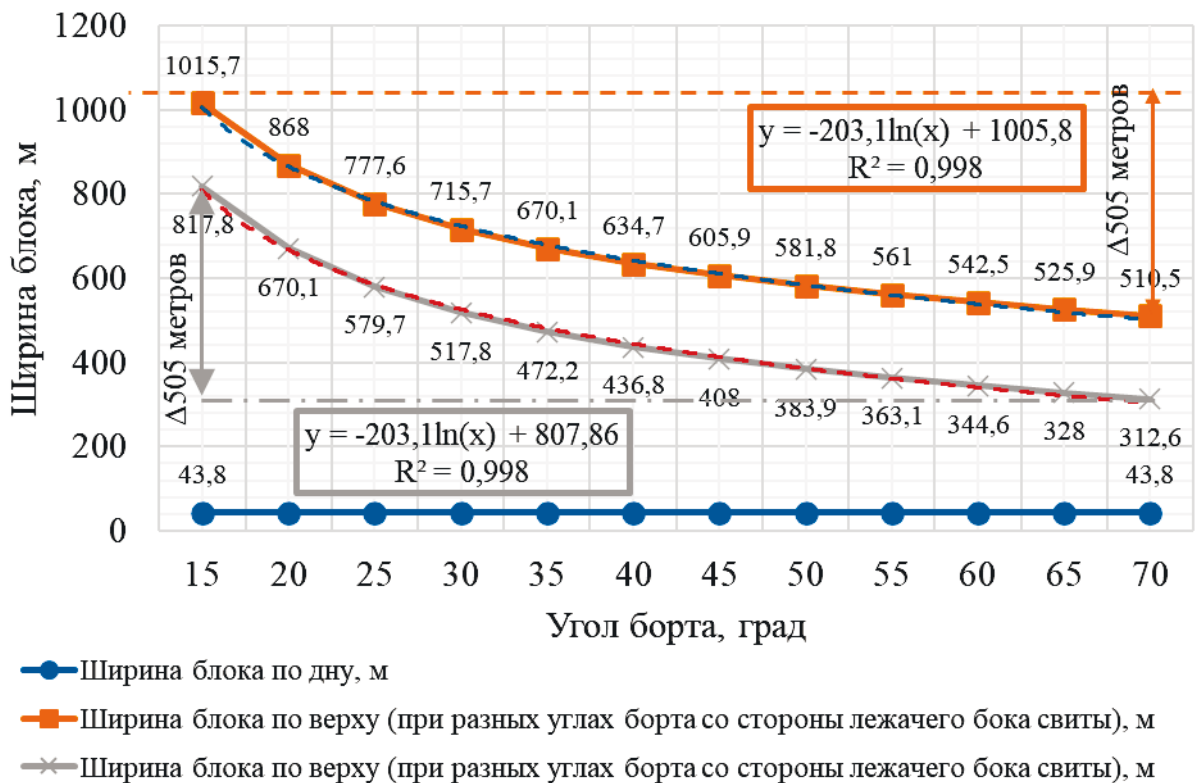


Рисунок 3.26 – Зависимость изменения ширины блока при различных значениях углов со стороны висячего и лежачего боков свиты пластов

В результате анализа зависимости установлено, что значения углов со стороны висячего и лежачего боков свиты пластов влияют на ширину блока по верху. В целом при равных значениях угла наклона борта карьерного поля ширина блока по верху с увеличением значения угла наклона борта карьерного поля снижается, причем зависимость имеет логарифмический характер. Значение

ширины блока по верху изменяется в пределах $1015,7 \div 510,5$ м при изменении значений углов борта со стороны висячего бока свиты и $817,8 \div 312,6$ м – при изменении значений углов борта со стороны лежащего бока свиты.

3.3.2 Определить влияние различных факторов на длину блоков

1) На рисунке 3.27 представлен график изменения длины первоначального блока при постоянном значении (L_{TP}^{pac}) и значениях вместимости внешнего отвала ($V_{\text{внешн. отвала}}$), изменяющихся в пределах $0,1 \div 1100$ млн м³. Значения длин первоначального блока по низу определены:

– для предварительной длины первоначального блока по низу $l_{1 \text{ блока(низ)}}^{предв}$ – при постоянных: $L_{TP}^{pac} = 5000$ м; $H_{1 \text{ блока}} = 150$ м; $l_{\text{до отвала}} = 1000$ м; $l_{гор} = 50$ м; $H_y = 30$ м; $i = 80$ ‰;

– для длины первоначального блока по низу по возможности размещения всей вскрыши на внешнем отвале $L_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{Внешн. отвала}}$ – при постоянных $V_{\text{внешн. отвала}} = 0,5$ млн м³; $K_p = 1,2$; $H_{1 \text{ блока}} = 150$ м; $B_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}} = 30$ м; $B_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}} = 612$ м; $m_{III}^{\text{норм}} = 5$ м; $h_{\text{четв}} = 10$ м; $\alpha_{III} = 70$ град.

По оси ординат отложены значения длины первоначального блока ($L_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}}$), а по оси абсцисс – вместимость внешнего отвала ($V_{\text{внешн. отвала}}$).

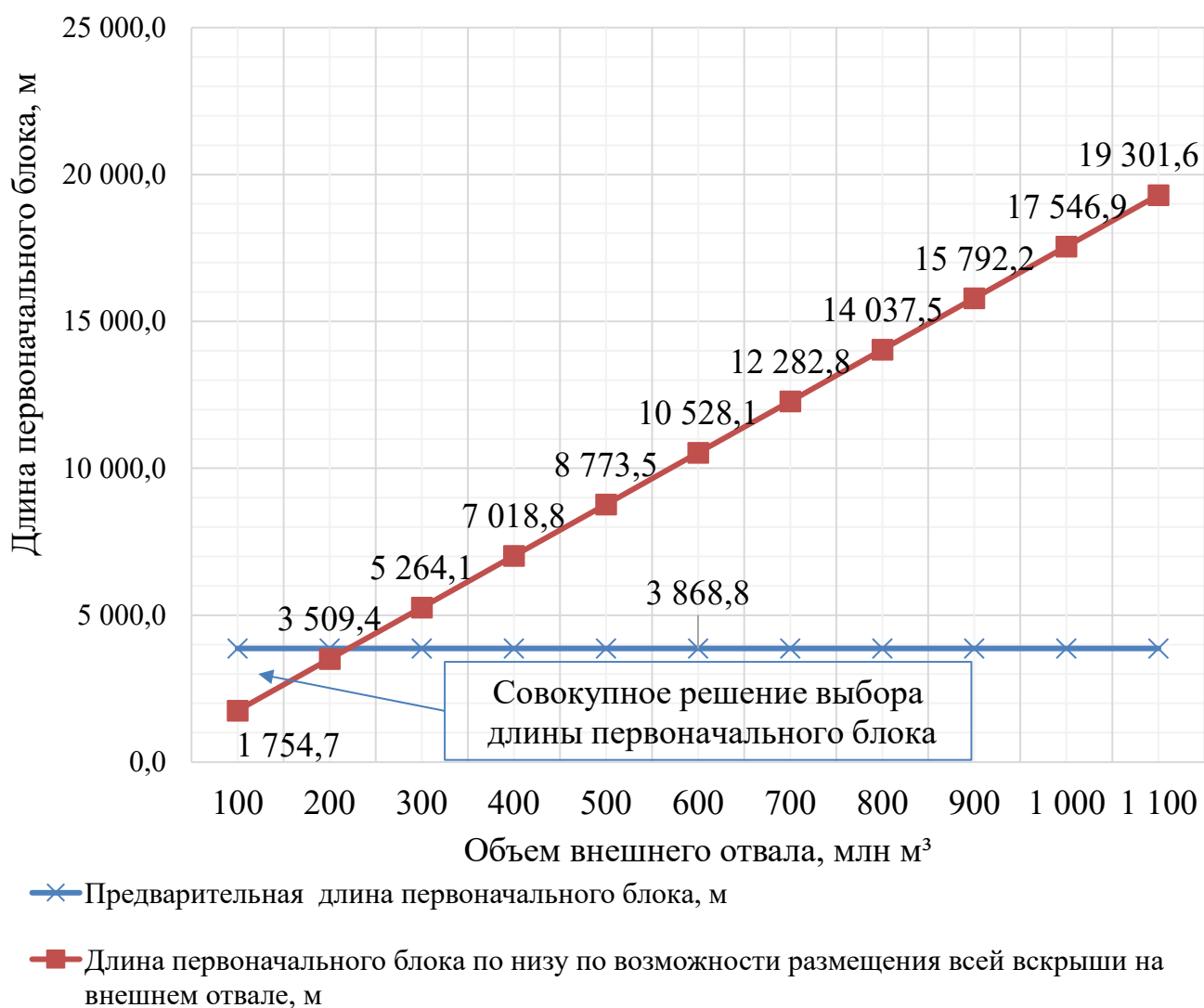


Рисунок 3.27 – Зависимость изменения длины первоначального блока

В результате анализа установлено, что при увеличении вместимости внешнего отвала происходит линейное увеличение и длины первоначального блока. Однако, учитывая выражение (3.35), длина первоначального блока с точки зрения рациональной дальности транспортирования не может превышать $l_{\text{блока(низ)}}^{\text{предв}}$.

В этой связи выявлено совокупное решение выбора длины первоначального блока по низу, как показано в левой части графика на рисунке 3.27. Данная область характеризует рациональный выбор длины первоначального блока, при этом точка пересечения двух графиков будет являться максимально возможной

длиной первоначального блока на стыке двух показателей: $l_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{предв}}$ и $L_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{Внешн. отвала}}$.

Дальнейшая оценка влияния факторов на длину блоков будет производиться для двух параметров длины: $l_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{предв}}$ и $L_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{Внешн. отвала}}$.

2) На рисунке 3.28 представлен график изменения предварительной длины первоначального блока при различных значениях экономически эффективной дальности транспортирования вскрышной породы ($L_{\text{ТР}}^{\text{рац}}$). Значения предварительной длины первоначального блока определены при постоянных: $H_{1 \text{ блока}} = 150$ м; $l_{\text{до отвала}} = 1000$ м; $l_{\text{гор}} = 50$ м; $H_y = 30$ м; $i = 80$ ‰.

По оси ординат отложены значения предварительной длины первоначального блока ($l_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{предв}}$), а по оси абсцисс – значения экономически эффективной дальности транспортирования вскрышной породы ($L_{\text{ТР}}^{\text{рац}}$).

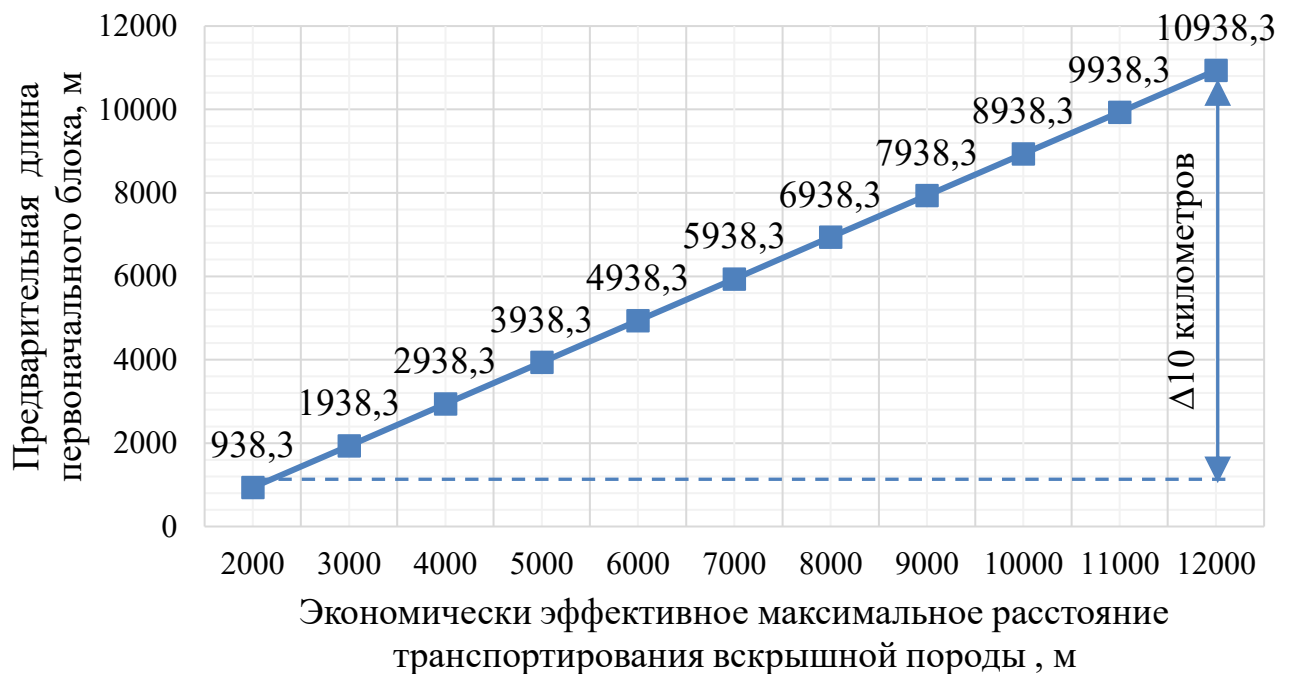


Рисунок 3.28 – Зависимость изменения предварительной длины первоначального блока от экономически эффективной дальности транспортирования вскрышной породы

В результате анализа установлено, что при увеличении экономически эффективной дальности транспортирования вскрышной породы происходит линейное увеличение и предварительной длины первоначального блока, при этом с увеличением (L_{TP}^{pac}) в границах 2000÷12000 м увеличение предварительной длины первоначального блока происходит в пределах 938÷10938, что составляет более 11 раз.

3) На рисунке 3.29 представлен график изменения предварительной длины первоначального блока при различных значениях продольного уклона (i). Значения предварительной длины первоначального блока определены при постоянных: $L_{TP}^{pac}=5000$ м; $H_{1\text{ блока}}=150$ м; $l_{до отвала}=1000$ м; $l_{гор}=50$ м; $H_y=30$ м.

По оси ординат отложены значения предварительной длины первоначального блока ($l_{1\text{ блока(низ)}}^{предв}$), а по оси абсцисс – значения продольного уклона трассы (i).

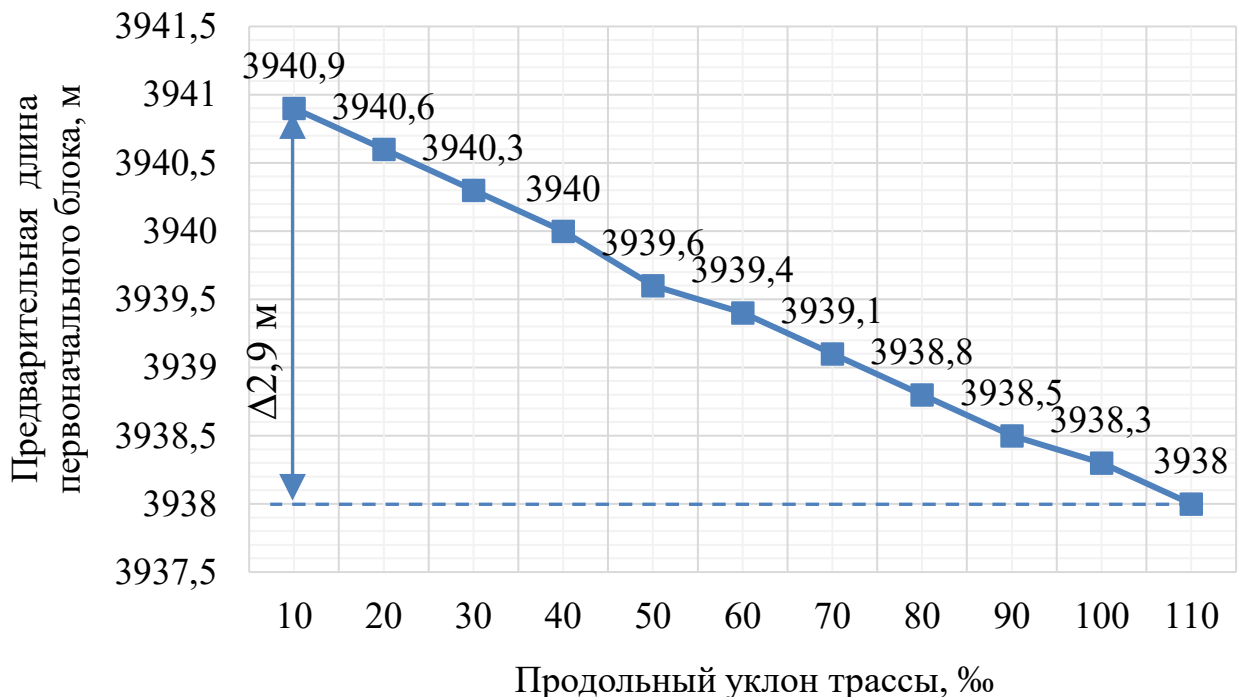


Рисунок 3.29 – Зависимость изменения предварительной длины первоначального блока от продольного уклона трассы

По результатам анализа графика, представленного на рисунке 3.29, установлено, что при изменении значения продольного уклона трассы от 10 до 110 ‰ изменение предварительной длины первоначального блока происходит с 3940,9 до 3938 м, в процентном соотношении это составляет 0,1 ‰, что говорит о минимальном влиянии продольного уклона на предварительную длину первоначального блока.

4) На рисунке 3.30 представлен график изменения предварительной длины первоначального блока при различных значениях глубины блока ($H_{1\text{ блока}}$). Значения предварительной длины первоначального блока определены при постоянных: $L_{\text{тр}}^{\text{рас}} = 5000$ м; $l_{\text{до отвала}} = 1000$ м; $l_{\text{гор}} = 50$ м; $H_y = 30$ м; $i = 80$ ‰.

По оси ординат отложены значения предварительной длины первоначального блока ($l_{1\text{ блока(низ)}}^{\text{предв}}$), а по оси абсцисс – значения глубины блока ($H_{1\text{ блока}}$).

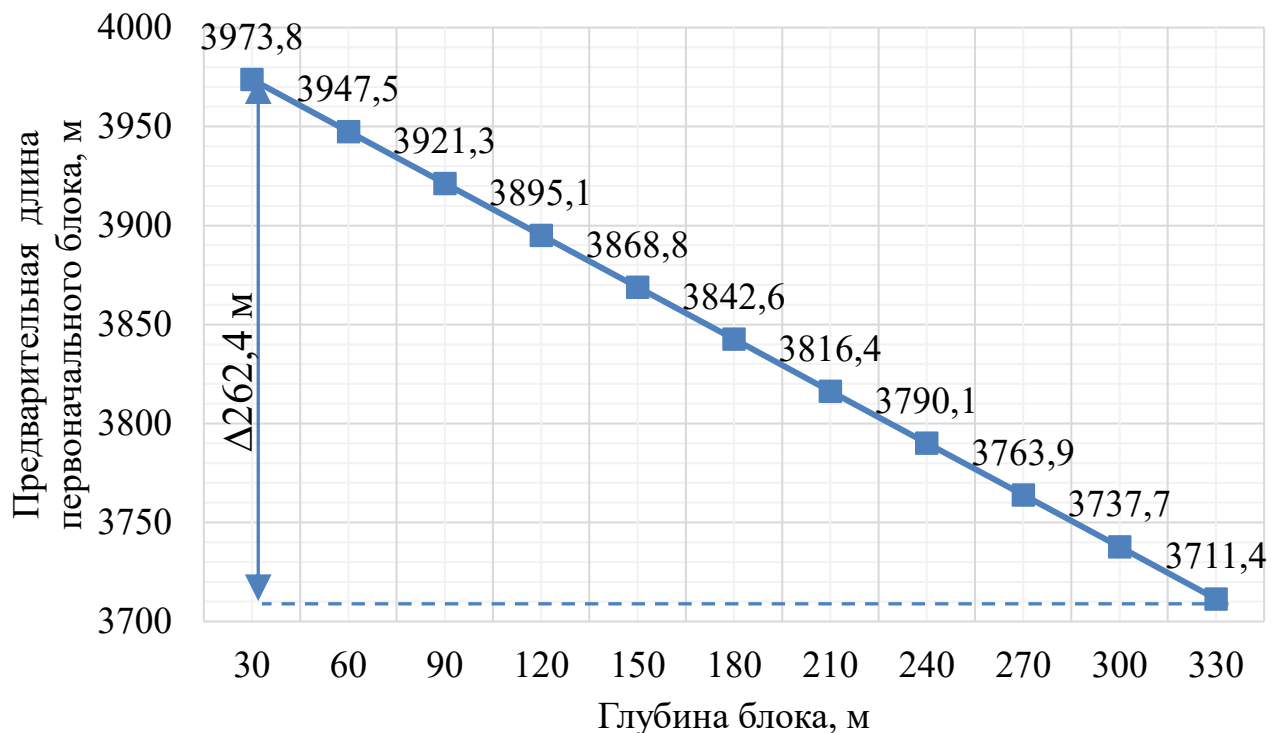


Рисунок 3.30 – Зависимость изменения предварительной длины первоначального блока от глубины блока

В результате анализа установлено, что при изменении значения глубины блока с 30 до 330 м изменение предварительной длины первоначального блока происходит с 3973,8 до 3711,4 м, в процентном соотношении это составляет 0,7 %, что говорит о минимальном влиянии глубины блока на предварительную длину первоначального блока.

5) На рисунке 3.31 представлен график изменения предварительной длины первоначального блока при различных значениях ширины блока по низу ($B_{1\text{блока}}^{\text{низ}}$). Значения предварительной длины первоначального блока определены при постоянных: $L_{TP}^{\text{рац}}=5000$ м; $H_{1\text{блока}}=150$ м; $l_{\text{до отвала}}=1000$ м; $l_{\text{гор}}=50$ м; $H_y=30$ м; $i=80\%$.

По оси ординат отложены значения предварительной длины первоначального блока ($l_{1\text{блока(низ)}}^{\text{предв}}$), а по оси абсцисс – значения ширины блока по низу ($B_{1\text{блока}}^{\text{низ}}$).

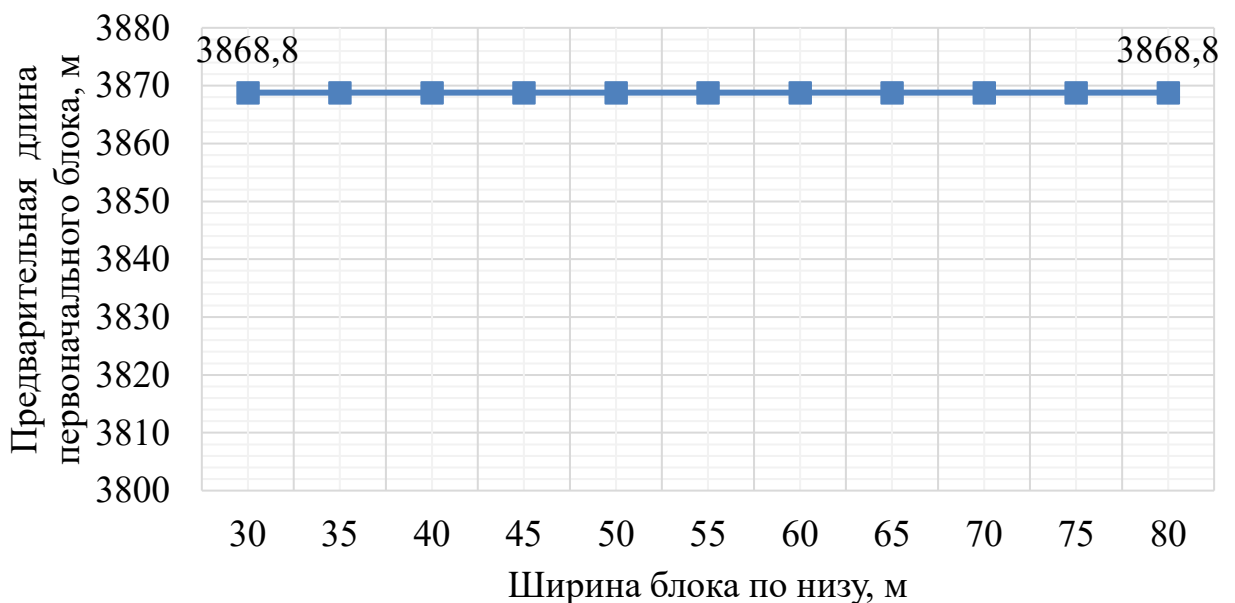


Рисунок 3.31 – Зависимость изменения предварительной длины первоначального блока от ширины блока по низу

В результате анализа установлено, что при изменении значений ширины блока по низу с 30 до 80 м изменения предварительной длины первоначального

блока не происходит, что говорит об отсутствии влияния ширины блока по низу на предварительную длину первоначального блока.

б) На рисунке 3.32 представлен график изменения предварительной длины первоначального блока при различных значениях высоты уступа (H_y). Значения предварительной длины первоначального блока определены при постоянных:

$$L_{TP}^{pac} = 5000 \text{ м}; H_{1 \text{ блока}} = 150 \text{ м}; l_{\text{до отвала}} = 1000 \text{ м}; l_{\text{гор}} = 50 \text{ м}; i = 80 \text{ ‰}.$$

По оси ординат отложены значения предварительной длины первоначального блока ($l_{1 \text{ блока(низ)}}^{предв}$), а по оси абсцисс – значения высоты рабочей зоны.

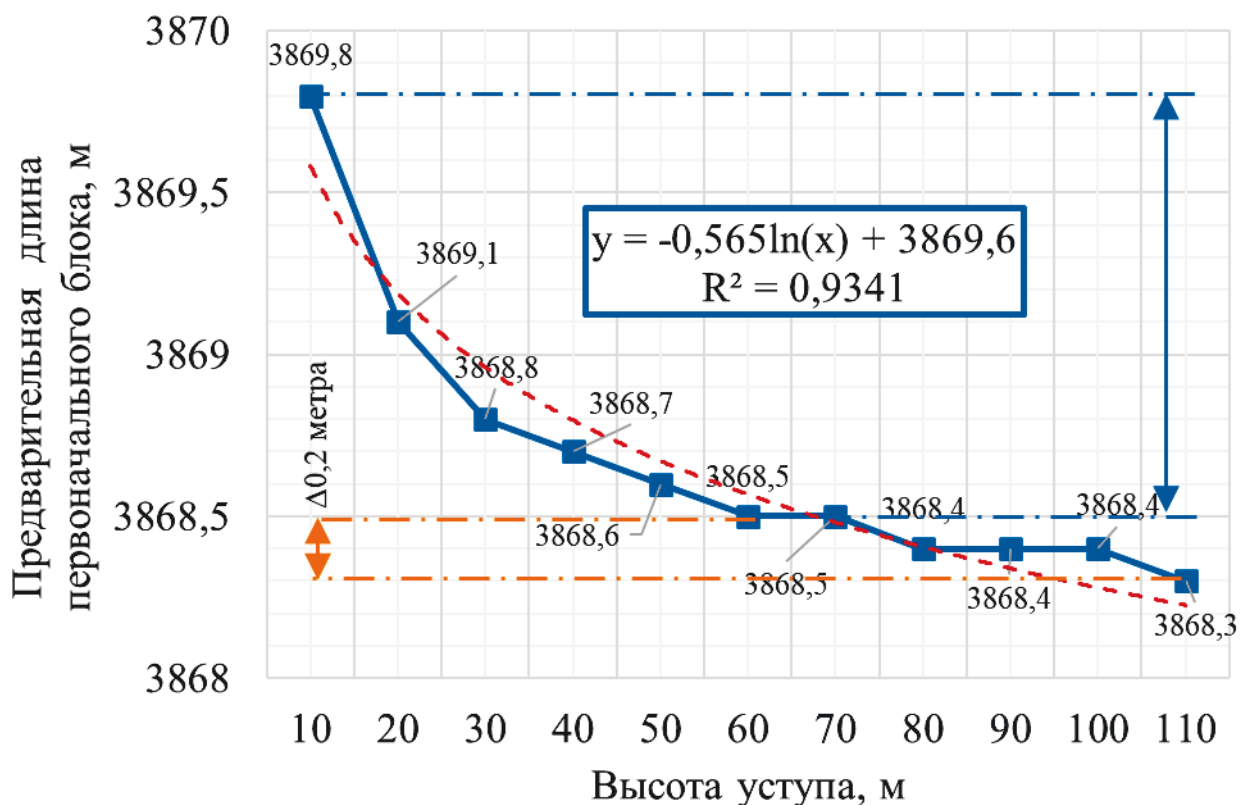


Рисунок 3.32 – Зависимость изменения предварительной длины первоначального блока от глубины блока

По результатам анализа графика, представленного на рисунке 3.32, установлено, что изменение предварительной длины первоначального блока происходит нелинейно. При этом линию графика можно разделить условно на две

области (левая и правая части). На участке изменения высоты уступа от 10 до 70 м изменение длины первоначального блока составляет 1,3 м, что является менее 0,1 %. На участке изменения высоты уступа от 70 до 110 м изменение длины первоначального блока составляет 0,3 м, что более чем в 4 раза меньше по сравнению с предыдущим участком графика. При этом в целом изменения высоты уступа не оказывают значительного влияния на предварительную длину блока.

7) На рисунке 3.33 представлен график изменения предварительной длины первоначального блока при различных значениях горизонтальной площадки между съездами ($l_{гор}$). Значения предварительной длины первоначального блока определены при постоянных: $L_{ТР}^{рац}=5000$ м; $H_{1\text{ блока}}=150$ м; $l_{до отвала}=1000$ м; $H_y=30$ м; $i=80$ ‰.

По оси ординат отложены значения предварительной длины первоначального блока ($l_{1\text{ блока(низ)}}^{предв}$), а по оси абсцисс – значения горизонтальной площадки между съездами ($l_{гор}$).

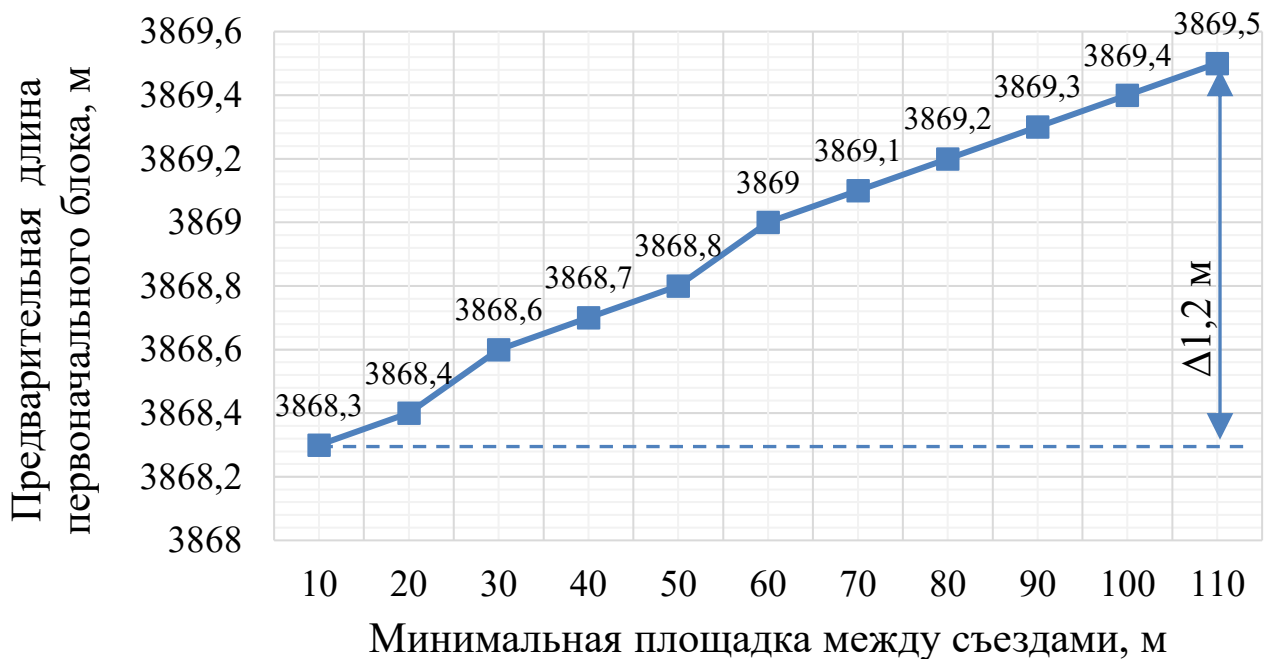


Рисунок 3.33 – Зависимость изменения предварительной длины первоначального блока от горизонтальной площадки между съездами

По результатам анализа графика, представленного на рисунке 3.33, установлено, что изменение предварительной длины первоначального блока имеет линейную зависимость, при изменении значения горизонтальной площадки между съездами с 10 до 110 м изменение предварительной длины первоначального блока происходит с 3868,3 до 3869,5 м, что в процентном соотношении составляет 0,03 %, это говорит о минимальном влиянии горизонтальной площадки между съездами на предварительную длину первоначального блока.

По результатам рассмотрения факторов, которые оказывают влияние на предварительную длину первоначального блока, можно с большей долей выделить влияние рациональной дальности транспортирования.

8) На рисунке 3.34 представлен график изменения длины первоначального блока по низу по возможности размещения всей вскрыши на внешнем отвале ($L_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{Внешн. отвала}}$) при различных значениях нормальной мощности пласта ($m_{\text{ПИ}}^{\text{норм}}$). Значения предварительной длины первоначального блока определены при постоянных: – при постоянных: $V_{\text{внешн. отвала}} = 0,1 \text{ млн}$ $K_p = 1,2$;

$H_{1 \text{ блока}} = 150 \text{ м}$; $B_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}} = 30 \text{ м}$; $B_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}} = 612 \text{ м}$; $h_{\text{четв}} = 10 \text{ м}$; $\alpha_{\text{ПИ}} = 70 \text{ град}$.

По оси ординат отложены значения длины первоначального блока ($L_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{Внешн. отвала}}$), а по оси абсцисс – значения нормальной мощности пласта ($m_{\text{ПИ}}^{\text{норм}}$).

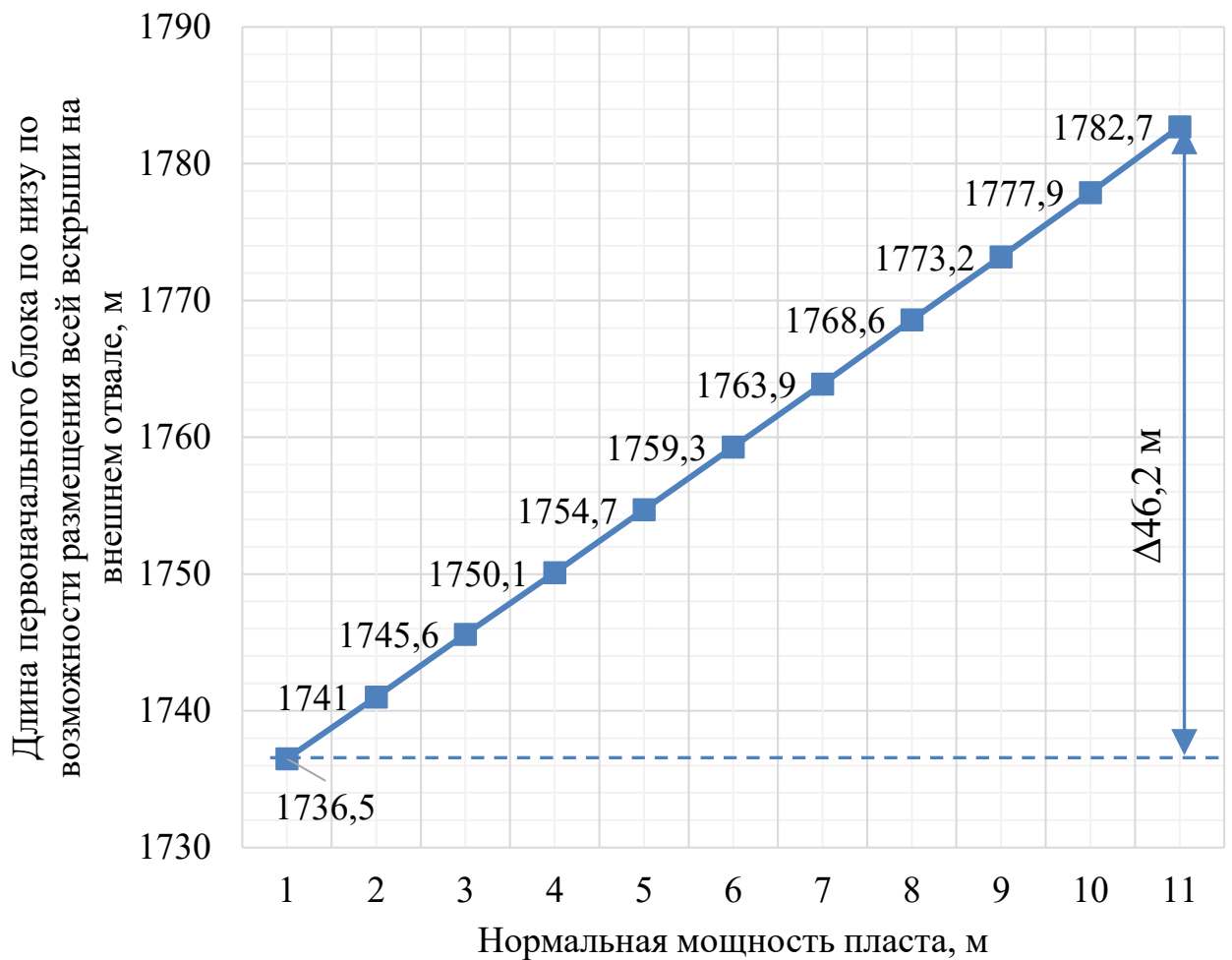


Рисунок 3.34 – Зависимость изменения предварительной длины первоначального блока от нормальной мощности пласта

В результате анализа установлено, что при увеличении нормальной мощности пласта происходит линейное увеличение и длины первоначального блока, при этом с увеличением ($m_{ПИ}^{норм}$) в границах 1÷11 м увеличение длины первоначального блока ($L_{1\text{ блока(низ)}}^{Внешн. отвала}$) происходит в пределах 1736,5÷1782,7, что составляет порядка 2,6 %.

9) На рисунках 3.35–3.36 представлены графики изменения предварительной длины первоначального блока по низу при различных значениях цен на уголь (C). Значения предварительной длины первоначального блока определены при постоянных: $H_{1\text{ блока}} = 150 \text{ м}$; $B_{1\text{ блока}}^{Низ} = 30 \text{ м}$; $B_{1\text{ блока}}^{Верх} = 612 \text{ м}$;

$l_{\text{до отвала}} = 1000 \text{ м}; \quad l_{\text{гор}} = 50 \text{ м}; \quad H_y = 30 \text{ м}; \quad i = 80 \text{ ‰}; \quad C_{\text{доб}} = 300 \text{ р / т};$
 $З_{\text{тр}} = 331 \text{ р / ткм}; \quad З_{\text{пост}} = 35 \text{ р / м}^3; \quad З_{\text{обогащ}} = 295 \text{ р / т}; \quad P = 2000 \text{ р / т};$
 $K_{\text{г}} = 8 \text{ м}^3 / \text{т (энергетический уголь)}; \quad K_{\text{г}} = 20 \text{ м}^3 / \text{т (коксующийся уголь)}.$

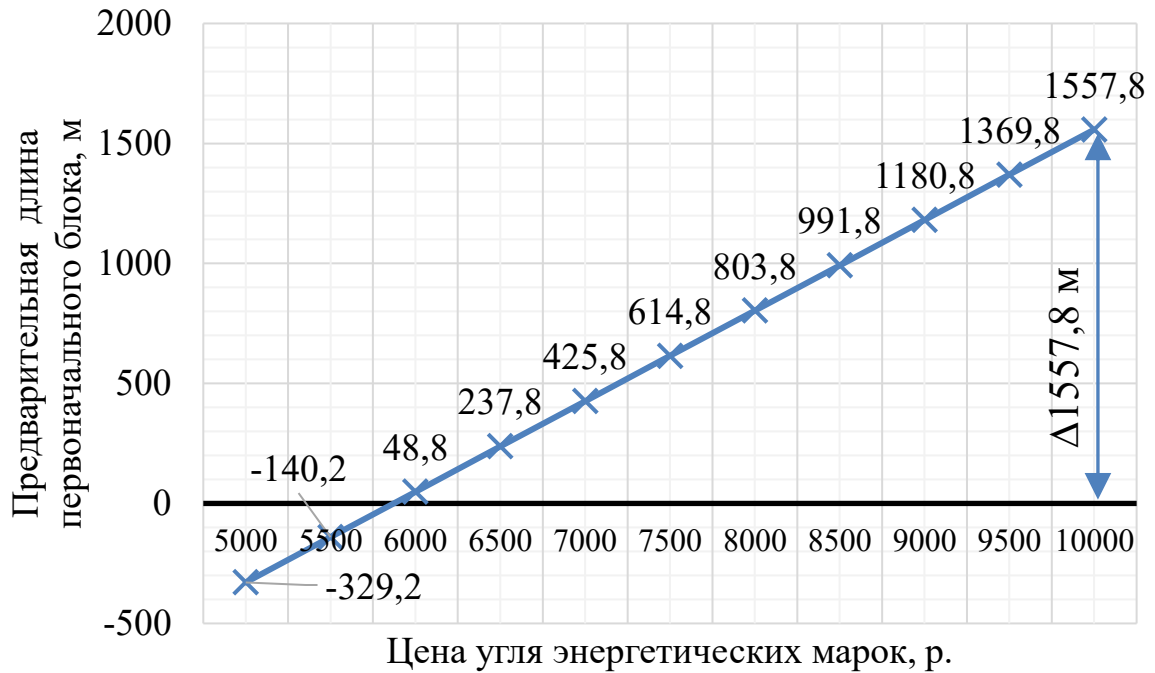


Рисунок 3.35 – Зависимость изменения предварительной длины первоначального блока от цены на уголь (Энергетика)



Рисунок 3.36 – Зависимость изменения предварительной длины первоначального блока от цены на уголь (Кокс)

Как видно из представленной зависимости, цена на уголь оказывает следующее влияние:

Изменение цены на угли энергетических марок в диапазоне от 5,8 до 10 тыс. р. приводит к увеличению длины блока по низу в 32 раза, с 48,8 до 1557,8 м. При цене до 5,8 тыс. р. отработку вести нецелесообразно;

Изменение цены на угли коксующихся марок в диапазоне от 15 до 20 тыс. р. приводит к увеличению длины блока по низу до 2 раз, с 635,8 до 1390,8 м.

10) На рисунке 3.37 представлен график изменения длины первоначального блока по низу по возможности размещения всей вскрыши на внешнем отвале ($L_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{Внешн. отвала}}$) при различных значениях ширины блока по низу ($B_{1 \text{ блока}}^{\text{низ}}$).

Значения предварительной длины первоначального блока определены при постоянных: $V_{\text{внешн. отвала}} = 0,1$ млн м³; $K_p = 1,2$; $H_{1 \text{ блока}} = 150$ м; $B_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}} = 612$ м;

$m_{\text{III}}^{\text{норм}} = 5$ м; $h_{\text{четв}} = 10$ м; $\alpha_{\text{III}} = 70$ град.

По оси ординат отложены значения длины первоначального блока ($L_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{Внешн. отвала}}$), а по оси абсцисс – значения ширины блока по низу ($B_{1 \text{ блока}}^{\text{низ}}$).

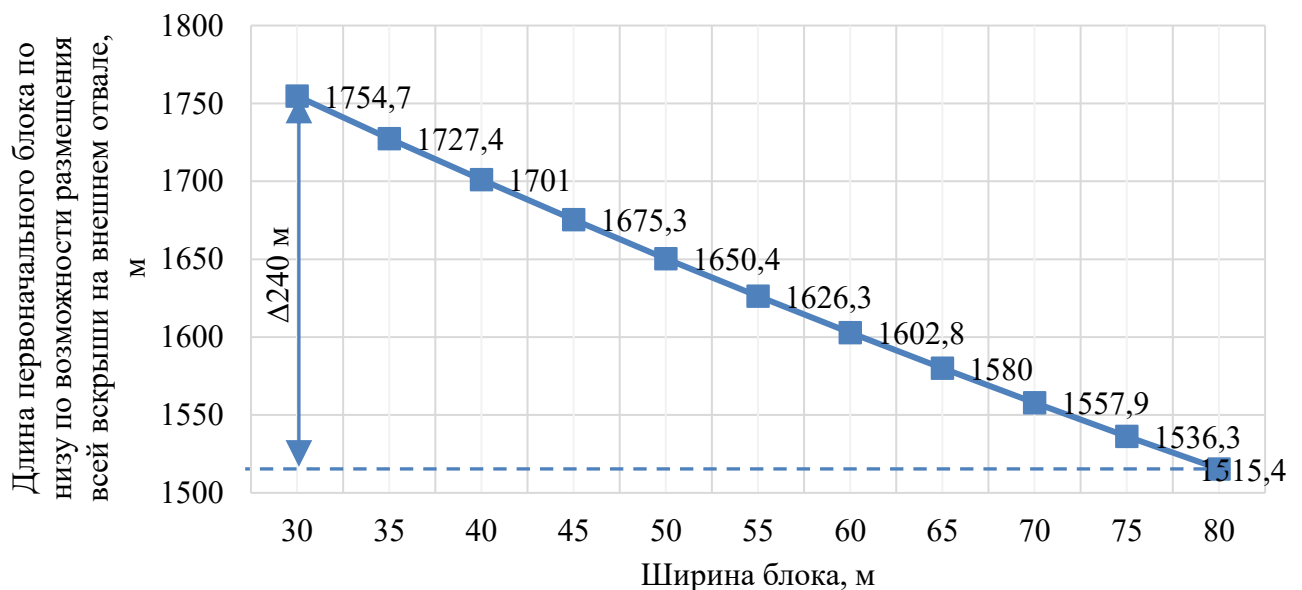


Рисунок 3.37 – Зависимость изменения длины первоначального блока по низу по возможности размещения всей вскрыши на внешнем отвале от ширины блока по низу

При анализе представленного на рисунке 3.37 графика установлено, что с изменением ширины блока по низу с 30 до 80 м происходит изменение длины первоначального блока с 1754,7 до 1515,4 м, что составляет 14 %. При этом график изменения длины первоначального блока от ширины блока по низу имеет линейный характер.

11) На рисунке 3.38 представлен график изменения длины первоначального блока по низу ($L_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{Внешн. отвала}}$) по возможности размещения всей вскрыши на внешнем отвале при различных значениях мощности четвертичных отложений ($h_{\text{четв}}$). Значения предварительной длины первоначального блока определены при постоянных: $V_{\text{внешн. отвала}} = 0,1$ млн $K_p = 1,2$; $H_{1 \text{ блока}} = 150$ м; $B_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}} = 30$ м; $B_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}} = 612$ м; $m_{\text{ПИ}}^{\text{норм}} = 5$ м; $\alpha_{\text{ПИ}} = 70$ град.

По оси ординат отложены значения длины первоначального блока ($L_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{Внешн. отвала}}$), а по оси абсцисс – значения мощности четвертичных отложений ($h_{\text{четв}}$).

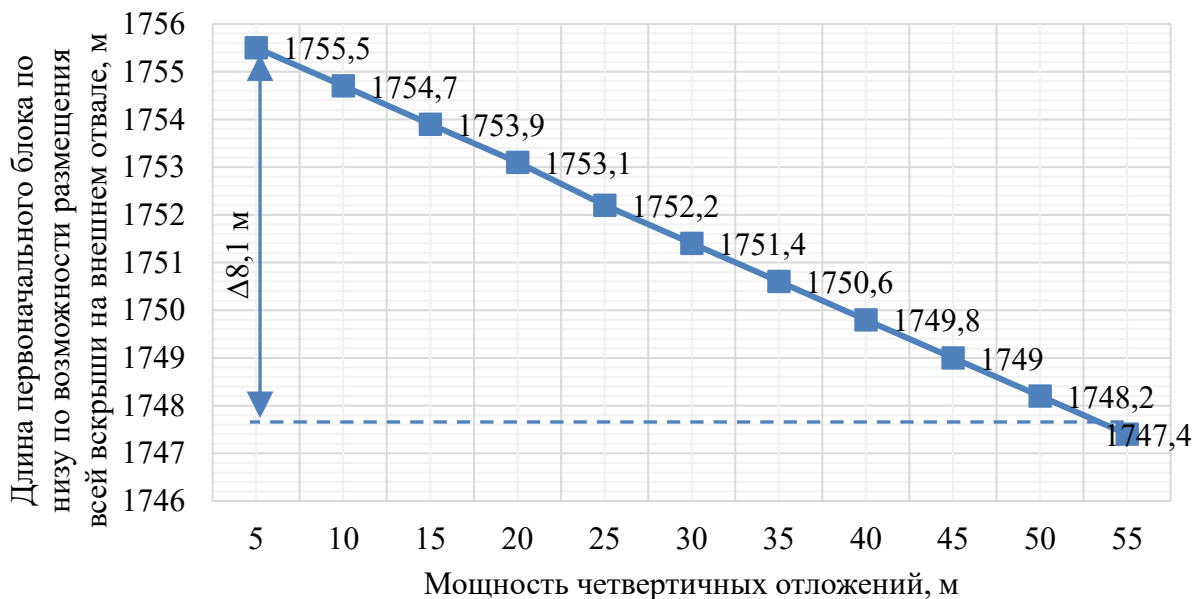


Рисунок 3.38 – Зависимость изменения предварительной длины первоначального блока от мощности четвертичных отложений

По результатам анализа графика, представленного на рисунке 3.38, установлено, что при изменении значений мощности четвертичных отложений с 5 до 55 м изменение длины первоначального блока происходит с 1755,5 до 1747,4 м, в процентном соотношении это составляет 0,5 %, что говорит о минимальном влиянии мощности четвертичных отложений на длину первоначального блока $L_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{Внешн. отвала}}$.

12) На рисунке 3.39 представлен график изменения длины первоначального блока по низу ($L_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{Внешн. отвала}}$) по возможности размещения всей вскрыши на внешнем отвале при различных значениях вместимости внешнего отвала ($V_{\text{внешн. отвала}}$). Значения предварительной длины первоначального блока определены при постоянных: $Kp = 1,2$; $H_{1 \text{ блока}} = 150$ м; $B_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}} = 30$ м; $B_{1 \text{ блока}}^{\text{Верх}} = 612$ м; $m_{\text{ПИ}}^{\text{норм}} = 5$ м; $h_{\text{четв}} = 10$ м; $\alpha_{\text{ПИ}} = 70$ град.

По оси ординат отложены значения длины первоначального блока ($L_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{Внешн. отвала}}$), а по оси абсцисс – значения вместимости внешнего отвала ($V_{\text{внешн. отвала}}$).

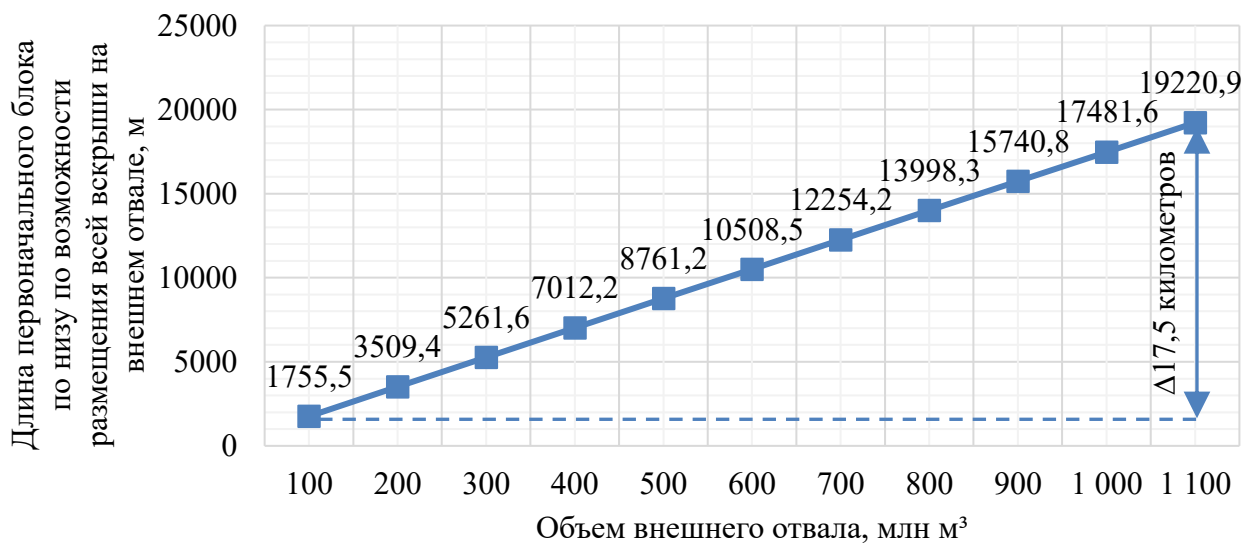


Рисунок 3.39 – Зависимость изменения длины первоначального блока по низу по возможности размещения всей вскрыши на внешнем отвале от вместимости внешнего отвала

В результате анализа установлено, что при увеличении вместимости внешнего отвала происходит линейное увеличение и длины первоначального блока ($L_{1 \text{ блока(низ)}}^{\text{Внешн. отвала}}$), при этом с увеличением ($V_{\text{внешн. отвала}}$) в пределах $100000 \div 1100000$ тыс. м³ увеличение длины первоначального блока происходит в пределах $1755,5 \div 19220$ м, что составляет порядка 11 раз.

3.4 Выводы

1. Установлены условия залегания и параметры свит пластов наклонного и крутого падения при блоковом способе разработки карьерных полей, такие как: ρ_y – объемный вес угля, $\rho_{\text{породы}}$ – объемный вес породы, K – коэффициент крепости, $m_{1 \text{ пласта}}^{\text{норм}}$ – нормальная мощность пласта, $L_{\text{свиты}}$ – длина свиты пластов в плане, $h_{\text{четв}}$ – мощность четвертичных отложений, α_{III} – угол падения свиты, $m_{1 \text{ междупластья}}^{\text{норм}}$ – нормальная мощность междупластья в свите, n – количество пластов в свите.

2. Разработана математическая модель определения параметров карьерных полей центрального Кузбасса и параметров блокового способа на основе стохастических данных условий залегания свиты пластов и системы аналитических выражений, которая позволяет утверждать, что при определении параметров блоков на разрезах Кузбасса необходимо использовать γ -распределение с ограниченной правосторонней областью при определении глубины и ширины блоков и N -распределение с ограниченной правосторонней областью при определении длины блоков. Полученный результат обеспечивает максимальную вместимость внутреннего отвала, а также обосновывает параметры второго и последующих блоков, на основании которых установлено, что критерием определения длины второго и последующих блоков является

вместимость внутреннего отвала, который формируется в выработанном пространстве первоначального блока.

3. Основными факторами, оказывающими влияние на параметры блокового способа, являются:

- на ширину блока – при увеличении глубины блока и значений углов борта со стороны висячего и лежащего боков свиты прослеживается увеличение ширины блока соответственно в диапазонах 169÷1547 м (увеличение в 9,1 раза) и в пределах 312,6÷1015,7 м.

- на длину блока – при увеличении экономически эффективной дальности транспортирования вскрышной породы и вместимости внешнего отвала происходит увеличение длины блока более чем в 11 раз.

ГЛАВА 4 ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

4.1 Обоснование существующих параметров блокового способа Краснобродского угольного разреза

Исследования по оценке параметров первоначального блока и возможного объема внутреннего отвала были выполнены применительно к условиям угольного разреза, разрабатывающего Краснобродское каменноугольное месторождение, характеризующееся крутопадающим залеганием угольных пластов различной мощности. Согласно проекту «Технико-экономическое обоснование постоянных разведочных кондиций для подсчета запасов каменного угля...» [92] для определения рационального, экономически эффективного контура горных работ участок отрабатывается с применением блокового способа с внешним и внутренним отвалообразованием (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Общий вид проектного положения
карьерного поля и отвалов

Совмещенное положение горных работ с фактической поверхностью представлено на рисунке 4.2.

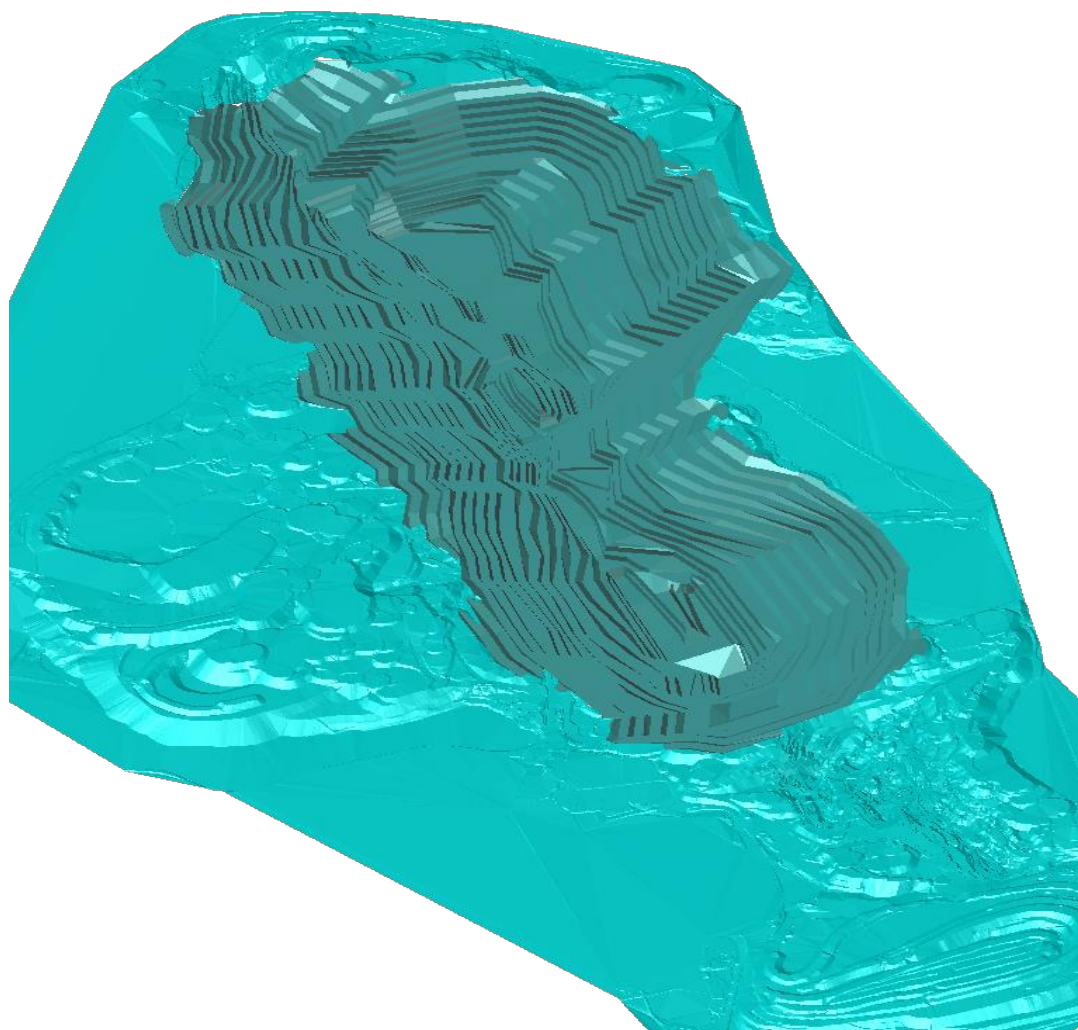


Рисунок 4.2 – Совмещенное трехмерное проектное положение горных работ с рельефом

Как видно из рисунка 4.2, положение горных работ имеет сложное пространственное строение с рядом понижений и возвышений по длине карьерного поля, приуроченных к дну карьерного поля, при этом глубина достигает значения более 400,0 м. Горнотехнические параметры отработки участка согласно проектной документации представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Параметры отработки участка по проектной документации

Наименование параметра	Ед. изм.	Значения
Объем всего карьерного поля	тыс. м ³	1 539 904,01
Площадь карьерного поля	Га	1333,2502
Геометрический объем блока 1	тыс. м ³	1 025 944,71
Объем вскрыши в блоке 1	тыс. м ³	950 948,8
Площадь блока 1 (Северный)	Га	757,87
Геометрический объем блока 2	тыс. м ³	513 959,30
Площадь блока 2 (Южный)	Га	575,38
Объем внутреннего отвала	тыс. м ³	1 038 000,00
Площадь внутреннего отвала	Га	621,66
Объем внешних отвалов	тыс. м ³	530 000,00
Площадь внешних отвалов	Га	1304,60

Согласно таблице 4.1 и рисункам 4.1 и 4.2 горные работы разделены на два блока: Северный и Южный. По техническим решениям, представленным в проекте, порядок отработки участка следующий: изначально отрабатывается Северный блок до конечных границ, затем предусматривается отработка Южного блока с размещением вскрышных пород в выработанном пространстве Северного блока (рисунок 4.6). При этом нельзя не отметить тот факт, что геометрический объем Южного блока значительно меньше, чем внутренний отвал, который формируется в Северном блоке из пород Южного блока.

Для наиболее полной оценки принятых в проекте решений приведен календарный план отработки участка по проектной документации (рисунок 4.3).

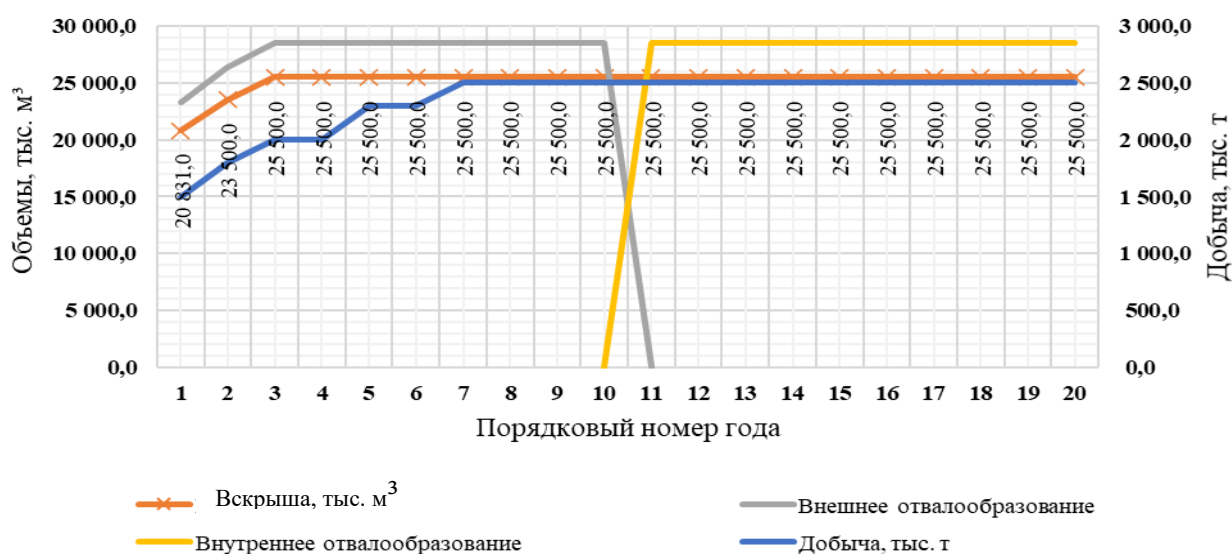


Рисунок 4.3 – Календарный план отработки участка согласно проектной документации (по концепции отработки)

При рассмотрении порядка отработки участка и календарного плана его освоения выявлено их несоответствие, которое заключается в сроках начала формирования внутреннего отвала. Как видно из календарного плана отработки участка (рисунок 4.3), начало формирования внутреннего отвала приходится на 11 год освоения участка. На данный год объем горной массы, вынутый из контура Северного блока, составляет порядка 265 тыс. м³, что является 25,8 % объема всего Северного блока. При этом остается нерешенной задача достаточности выработанного пространства для формирования внутреннего отвала. Данное разночтение принятого порядка отработки и календарного плана освоения участка, являющееся следствием изначального построения геометрической фигуры – горных работ, и далее условного деления на блоки, в данном случае не сходящихся между собой, подтверждает необходимость разработки методики расчета параметров блоков.

На основании выявленных несоответствий составлен календарный план освоения участка, соответствующий принятому блоковому порядку отработки и представленный на рисунке 4.4, согласно которому размещение внутреннего отвала после доработки Северного блока возможно начиная с 2049 года освоения участка.

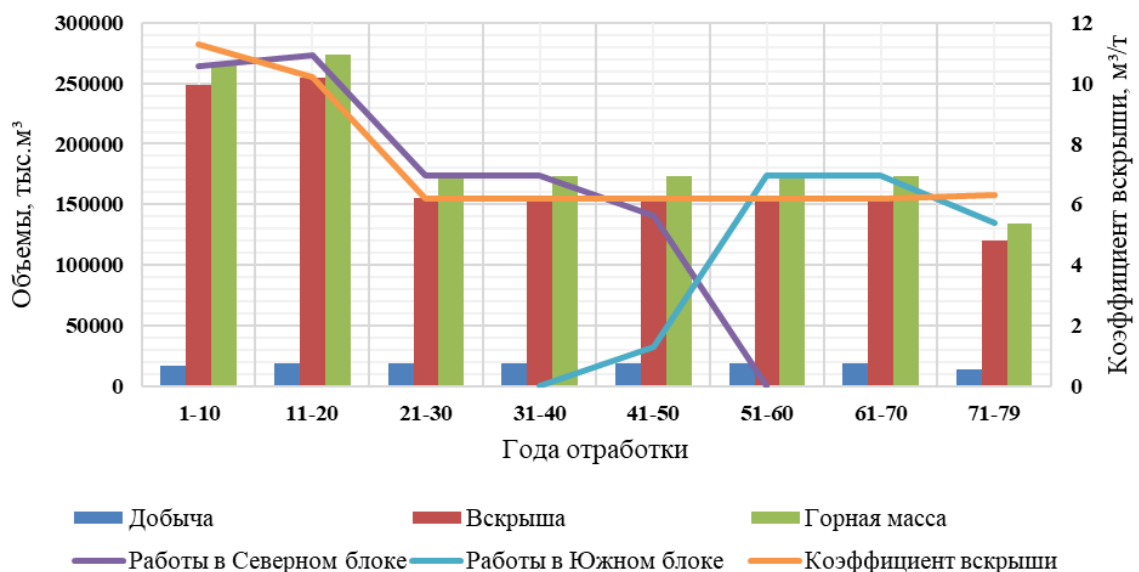


Рисунок 4.4 – Календарный план отработки участка, соответствующий принятому порядку отработки

Более подробный календарный план освоения участка в момент доработки Северного блока и начала работ в Южном блоке во временном промежутке 2041–2050 годов представлен на рисунке 4.5.

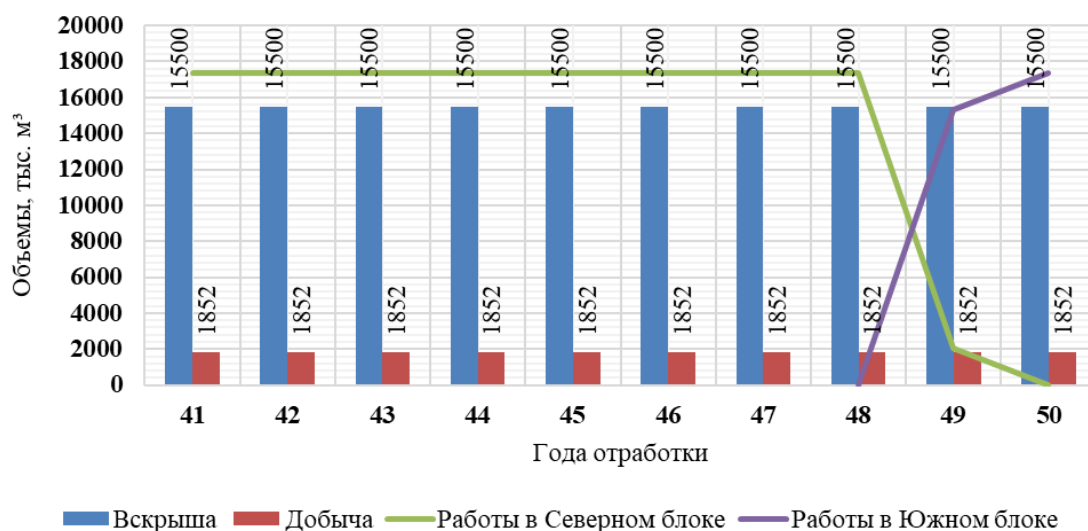


Рисунок 4.5 – Укрупненный календарный план освоения участка в 2041–2050 годах работы

В связи тем, что проектный контур горных работ имеет сложную форму, линия сечения продольного профиля проведена таким образом, чтобы задействовать наиболее характерные (глубокие) участки горных работ (рисунок 4.6 а, б).

а)

Линия продольного профиля



б)

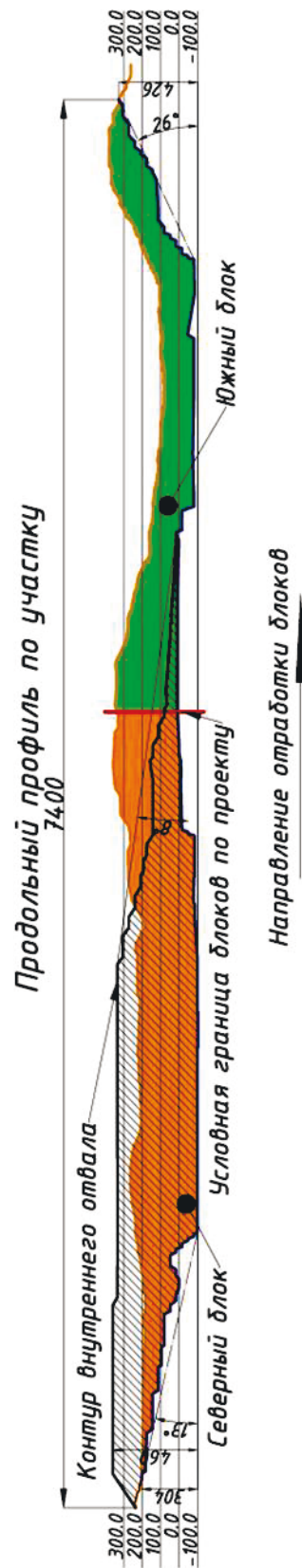


Рисунок 4.6 – Общий вид карьерного поля с разделением на блоки, совмещенный с продольным профилем

4.2 Обоснование критериев эколого-экономической эффективности технологического решения

Методика расчета эколого-экономических показателей основана на нормативном документе «Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ при сжигании угля и технологических процессах горного производства на предприятиях угольной промышленности» [87] и включает в себя нижеприведенные критерии за исключением землеемкости, так как в проектной документации отсутствует оценка землеемкости.

При сравнительном анализе эколого-экономических показателей блокового порядка разработки в настоящей работе предлагается использовать ряд критериев сравнения [32, 38, 42, 51, 60, 77, 91, 133, 148, 149, 159, 160]:

1 – экономические: планирование горных работ, экологические платежи за негативное воздействие на окружающую среду; затраты при транспортировке вскрыши на отвалы;

2 – экологические: землеемкость; выбросы и пыление при отвалообразовании; пыление и выбросы при транспортировании вскрыши.

К сравнению предлагаются варианты параметров блоков на примере угольного разреза Краснобродского каменноугольного месторождения: по проектной документации; при максимальных и минимальных параметрах блоков, рассчитанных в главе 3.

На основании представленной в главе 3 математической модели произведен расчет параметров блоков применительно к угольному разрезу Краснобродского каменноугольного месторождения.

Фрагмент программы и результатов расчета максимальных параметров первоначального блока и возможного внутреннего отвалообразования представлен на рисунке 4.7.

Расчет данного блока не рационален в связи с тем, что суммарная длина предыдущих блоков соответствует длине карьера

Расчет по максимальным параметрам			
Порядковый номер блока	1	2	3
Глубина заготовки свиты, м	304	280	230
Мощность выносов, м	20	15	10
Уклон трассы, %			80
Высота предельного уступа, м			32
Горизонтальная площадка, м			50
Рабочая длина транспортирования для месторождения, м			7500
Расстояние до места размещения внешнего отвала, м			1000
Результатный угол по борту 1, град			23
Результатный угол по борту 2, град			24
Ширина выноса по дну, м	220	220	210
Горизонтальная ширина свиты, м	80	75	60
Результатный угол в верховом горне блока, град			13
Результатный угол в рабочем горне блока, град			26
Угол заготовки свиты, град			60
Результатный угол откоса внутреннего отвала, град			8
Высота откоса внутреннего отвала, м	460	460	460
Головой уровень проектной мощности по полезному ископаемому, тыс. т/год			2500
Протяженность трассы по борту при 80%, м	4 275,0	3 938,0	3 234,0
Глубина отработки, м	324,0	295,0	240,0
Ширина по ветру, м	1 711,0	1 578,0	1 314,0
Длина блока по дну с учетом отвала, м		2 800,0	3 300,0
Длина блока по дну с учетом расстояния транспортирования, м	2 225,0	1 337,0	2 929,0
Привитая длина блока по дну, м		1 337,0	2 929,0
Длина блока по ветру, м	4 292,7	1 337,0	1 625,3
Скорректированная длина блока по дну, м	2 225,0	1 337,0	1 625,3
Геометрический объем блока (Высота + угол)	1 019 440,0	354 579,1	297 234,9
Объем выгрузки в блок, тыс. м ³	940 184,8	326 502,1	274 805,8
Объем полезного ископаемого, тыс. т	106 994,6	37 904,0	30 279,3
Срок отработки блока с заданным уровнем проектной мощности, лет	42,8	15,2	12,1
Коэффициент вскрытия, м ³ /т	8,8	8,6	9,1
Длина внутреннего отвала по дну, м	2 175,0	1 337,0	1 625,3
Длина внутреннего отвала по ветру, м	804,0	1 337,0	1 625,3
Объем внутреннего отвала в блок, тыс. м ³	681 517,5	552 903,0	569 700,2
Суммарное расстояние транспортирования между блоками по одноименным горизонтам	5 629,7		
Суммарная длина транспортирования с учетом плеча по блоку, по борту и по отвалу	8 963,0		
Проверка по расстоянию			5 212,1
транспортирования между смежными блоками			7 871,0

Рисунок 4.7 – Фрагмент программы и результатов расчета максимальных параметров блоков

Как видно из таблицы на рисунке 4.7, параметры блоков определены исходя из критерия рациональной дальности транспортирования. При этом в расчете рассмотрены два варианта расстояния транспортирования:

- суммарное расстояние транспортирования между блоками по одноименным горизонтам;
- суммарное расстояние транспортирования между блоками с учетом плеча по блоку, по борту и до отвала.

Суммарное расстояние транспортирования между блоками по одноименным горизонтам составляет меньшее значение по сравнению со вторым вариантом, что соответственно позволяет отрабатывать блок, ограничиваясь критерием максимальной вместимости внутреннего отвала. Данный факт подтверждается следующим исследованием.

Также выполнен расчет минимальных параметров первоначального блока, согласно выражению (3.48), как показано на рисунке 4.8.

<i>Расчет по максимальным параметрам</i>	
<i>Порядковый номер блока</i>	<i>1</i>
Глубина залегания свиты, м	304
Мощность наносов, м	20
Мощность выветрелых пород, м	60
Мощность неветрелых пород, м	244
Глубина отработки, м	324,0
Уклон трассы, ‰	80
Высота предельного уступа, м	32
Горизонтальная площадка, м	50
Рациональная длина транспортирования для месторождения, м	7500
Расстояние до места размещения внешнего отвала, м	1000
Результрующий угол по борту 1, град	23
Результрующий угол по борту 2, град	24
Ширина выемки по дну (ширина по дну неветрелых пород), м	220
Ширина выемки по верху неветрелых пород, м	1 343,0
Ширина выемки по низу выветрелых пород, м	1 343,0
Ширина выемки по верху выветрелых пород, м	1 619,0
Ширина выемки по низу четвертичных отложений пород, м	1 619,0
Ширина выемки по верху (по верху четвертичных отложений), м	1 711,0
Горизонтальная ширина свиты, м	80
Результрующий угол в рабочем торце блока (слева), град	13
Результрующий угол в рабочем торце блока (справа), град	26
Результрующий угол в рабочем торце блока (справа), град	15
Угол залегания свиты, град	60
Результрующий устойчивый угол откоса внутреннего отвала, град	8
Высота откоса внутреннего отвала, м	460
Годовой уровень проектной мощности по полезному ископаемому, тыс. т/год	2500
Годовой уровень проектной мощности по полезному ископаемому, тыс. м ³ /год	1852
Протяженность трассы по борту при 80‰, м	4 275,0
Объем горной массы на 1 м длины (В контуре четвертичных), м ³	33 300,0
Объем горной массы на 1 м длины (В контуре выветрелых пород), м ³	88 860,0
Объем горной массы на 1 м длины (В контуре неветрелых пород), м ³	190 686,0
Коэффициент угленосности участка по четвертичным отложениям	0,0
Коэффициент угленосности участка по выветрелым коренным породам	0,057
Коэффициент угленосности участка по неветрелым коренным породам	0,114
Объем полезного ископаемого на 1 м длины (В контуре четвертичных отложений), тыс.м ³	0,0
Объем полезного ископаемого на 1 м длины (В контуре выветрелых пород), тыс.м ³	4,792
Объем полезного ископаемого на 1 м длины (В контуре неветрелых пород), тыс.м ³	19,514
Средняя длина выемки первого блока по дну зоны неветрелых пород для Опи равным А/год, м	94,9
Длина выемки по дну зоны неветрелых пород при средней длине, м	-888,9
Длина блока по дну с учетом отвала, м	
Длина блока по дну с учетом рационального расстояния транспортирования, м	1 360,6
Принятая длина блока по дну неветрелых пород, м	
Скорректированная длина блока по дну неветрелых пород, м	1 361,0
Длина блока по верху неветрелых пород, м	2 790,6
Объем вскрыши на 1 м длины, тыс.м ³	171,2
Объем вскрыши в зоне неветрелых пород, тыс.м ³	355 377,0
Длина по верху выемки/по верху четвертичных отложений (1 слой), м	3 428,7
Длина по низу четвертичных отложений (1 слой), м	3 301,1
Объем вскрыши на 1 м длины, тыс.м ³	33,3
Объем вскрыши в зоне четвертичных отложений, тыс.м ³	112 051,2
Длина по верху выветрелых пород (2 слой), м	3 301,1
Длина по низу выветрелых пород (2 слой), м	2 790,6
Объем вскрыши на 1 м длины, тыс.м ³	84,1
Объем вскрыши в зоне выветрелых пород, тыс.м ³	256 156,0
Объем полезного ископаемого в контуре выветрелых пород, тыс.м ³	14 595,7
Объем полезного ископаемого в контуре неветрелых пород, тыс.м ³	40 507,2
Геометрический объем блока (Вскрыша + утол), м ³	778 687,1
Объем вскрыши в блоке, тыс. м ³	723 584,2
Объем полезного ископаемого, тыс. т	74 388,9
Срок отработки блока с заданным уровнем проектной мощности, лет	29,8
Коэффициент вскрыши, м ³ /т	9,7
Длина внутреннего отвала по дну, м	1 310,6
Длина внутреннего отвала по верху, м	30,0
Объем внутреннего отвала в блоке, тыс. м ³	297 698,4

Рисунок 4.8 – Фрагмент программы и результатов расчета минимальных параметров первоначального блока

В связи с вышесказанным известны два значения длины первоначального блока, которые позволяют максимально использовать вместимость внутреннего отвала, при этом экономически оставаясь в рамках рациональной дальности транспортирования, а именно:

- максимальная длина первоначального блока по дну – 2,2 км;
- минимальная длина первоначального блока по дну – 1,4 км.

4.3 Оценка эффективности технологического решения на примере Краснобродского угольного разреза

На основании известных значений параметров блоков, а также выполненных расчетов параметров блоков для дальнейших расчетов принимаются следующие значения длин первоначального блока:

- $L_{1 \text{ блока}}^{\text{низ}} (\text{проект})$ – длина первоначального блока по дну согласно проектной документации – 3,7 км;
- $L_{1 \text{ блока}}^{\text{Низ}}$ – длина первоначального блока по дну согласно математической модели, представленной в параграфе 3.2.2.1 – 2,2 км;
- $L_{\text{мин(отв).перв}}^{\text{Верх}}$ – длина первоначального блока по дну согласно математической модели, представленной в параграфе 3.2.2.2 – 1,4 км.

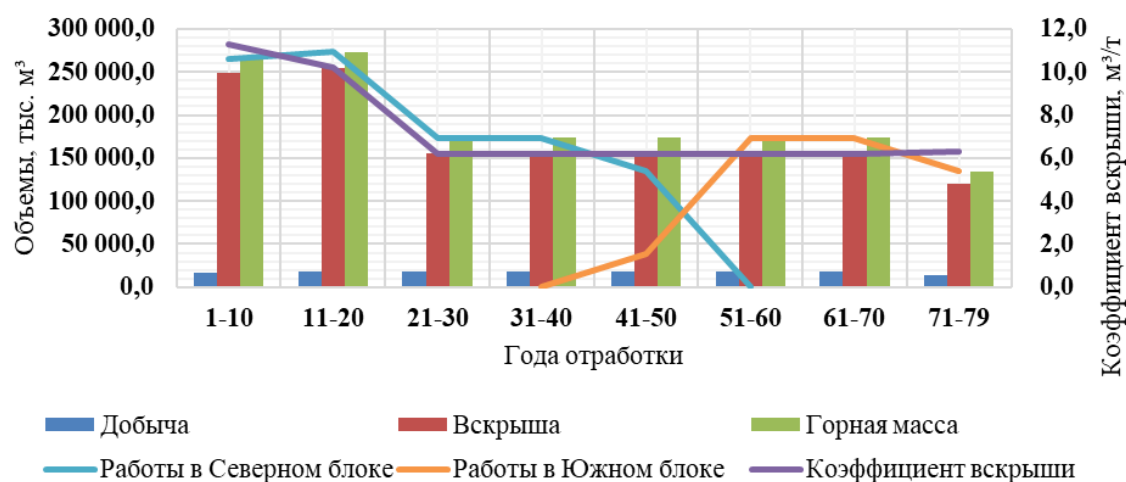
4.3.1 Оценка влияния параметров блоков на календарное планирование горных работ

Согласно календарному графику, представленному на рисунке 4.5, срок отработки первого блока и момент начала формирования внутреннего отвала в выработанном пространстве первоначального блока составляет 49 лет – данный срок принят как отправная точка при сравнении с разработанной математической моделью.

На рисунке 4.7 представлен фрагмент программы для расчета максимальных параметров блоков.

По результатам расчета параметров блоков составлен календарный план освоения участка с учетом максимальных значений блоков (рисунок 4.9). Как видно из календарного графика, при скорректированных параметрах срок отработки Северного блока сократился на 1 год с учетом аналогичного периода выхода предприятия на производственную мощность. Соответственно, переход на внутреннее отвалообразование возможен раньше запланированного срока, который заявлен в проектной документации.

а)



б)

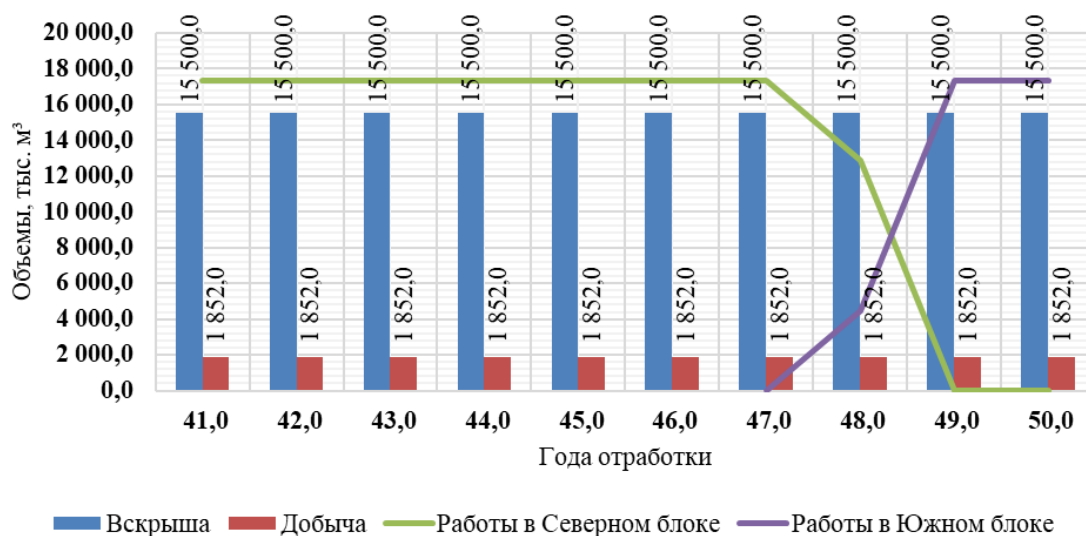
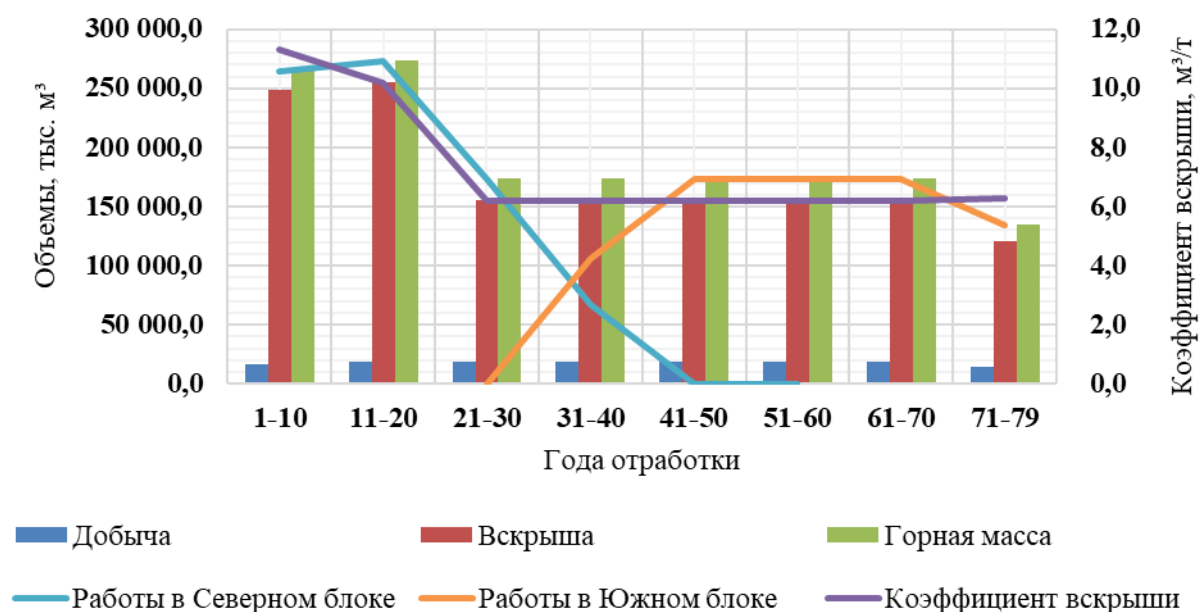


Рисунок 4.9 – Скорректированный календарный план освоения участка

Также выполнен расчет минимальных параметров первоначального блока согласно выражению (3.48), как показано на рисунке 4.8.

Календарные графики освоения участков при установленных минимальных параметрах и показателях первоначального блока представлены на рисунке 4.10.

а)



б)

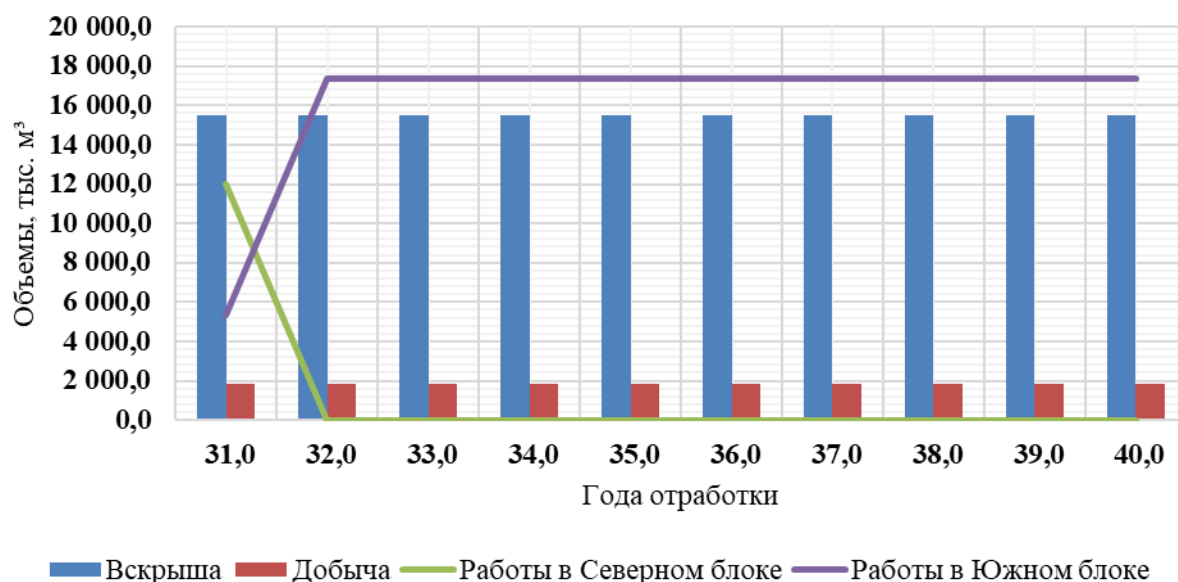


Рисунок 4.10 – Скорректированный календарный план освоения участка при параметрах блоков, обеспечивающих максимальное внутреннее отвалообразование

Как видно по календарному графику (рисунок 4.10 а, б), при минимальных параметрах блока, обеспечивающих максимальное внутреннее отвалообразование, срок отработки Северного блока сократился на 19 лет с учетом аналогичного периода выхода предприятия на производственную мощность, соответственно, переход на внутреннее отвалообразование возможен ранее запланированного в проектной документации.

Зависимость сроков перехода на внутреннее отвалообразование от длины первоначального блока по дну представлена на рисунке 4.11.

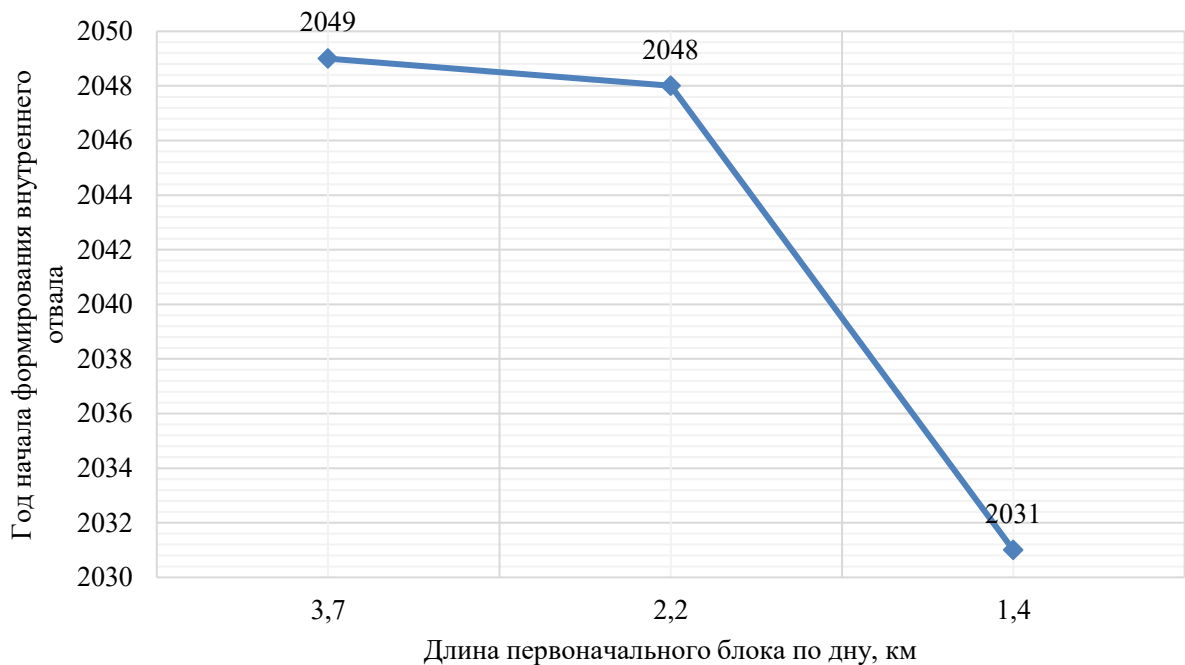


Рисунок 4.11 – Зависимость сроков перехода на внутреннее отвалообразование от длины первоначального блока по дну

4.3.2 Оценка влияния параметров блоков на экологические и экономические показатели угольного разреза

Влияние параметров блоков на экологические и экономические показатели угольного разреза рассчитано на основании методики «Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ при сжигании угля и технологических процессах горного производства на предприятиях угольной промышленности» [87].

На основании выполненных расчетов параметров первоначального блока на примере Краснобродского угольного разреза выявлено, что при уточненных параметрах блоков возможно снижение объемов разрабатываемых вскрышных пород на первоначальных этапах разработки месторождения, что подтверждается гистограммой, представленной на рисунке 4.12.

Как видно на графике (рисунок 4.12), при уменьшении длины первоначального блока происходит снижение количества вскрышных пород, размещаемых на внешних отвалах, при этом в свою очередь увеличивается объем вскрышных пород, размещаемый на внутреннем отвале, что оказывает снижение негативного влияния от действий предприятия в области отвалообразования на окружающую среду.

В подтверждение вышесказанного с учетом методики [87] произведены расчеты, отображающие необходимость уточнения параметров блоков, позволяющего повсеместно снижать затраты по негативному воздействию на окружающую среду. При этом за расчетный период принят срок отработки первоначального блока, т. е. срок формирования внешнего отвала.

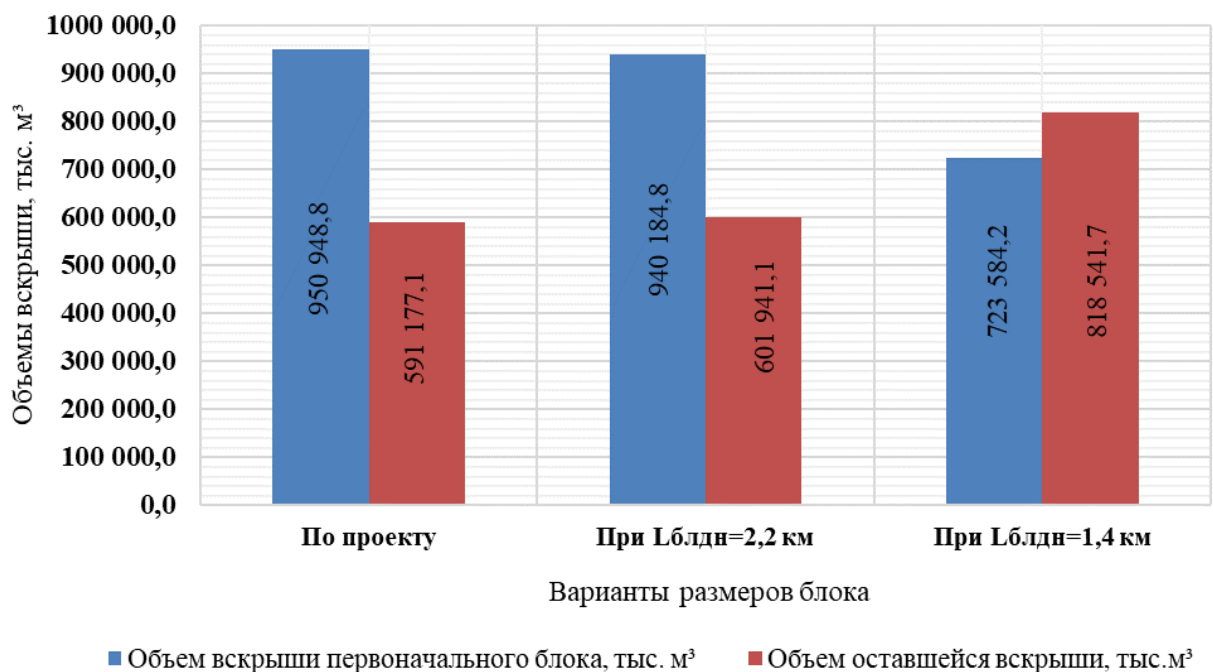


Рисунок 4.12 – Гистограмма изменения объемов вскрышных пород первоначального блока от его параметров

По результатам расчета землеемкости разреза с учетом среднего значения объема вскрышных пород, приходящихся на 1 м² площади, по трем принятым вариантам выявлено явно выраженное снижение уровня изымаемых земель, что сопровождается снижением размера экологических платежей (рисунок 4.13).

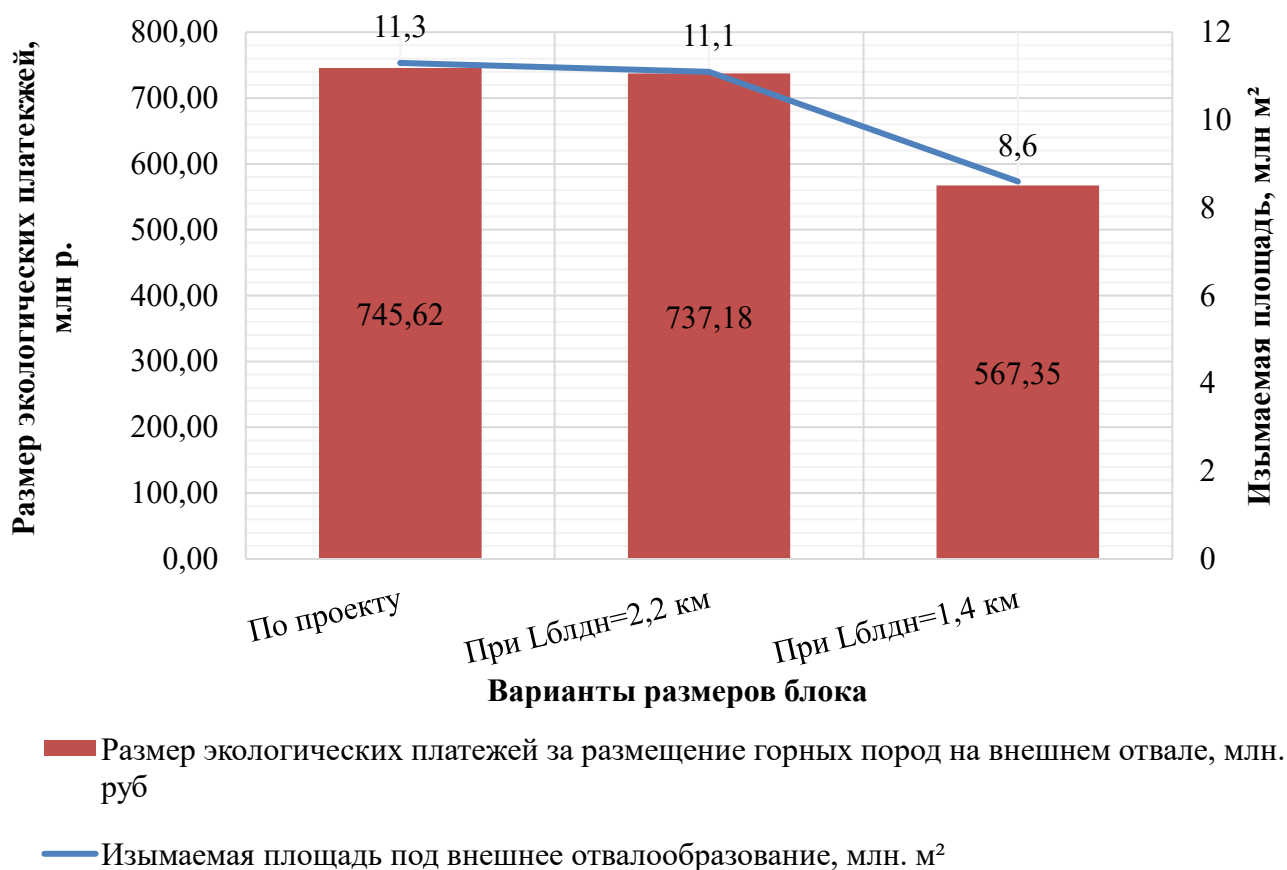
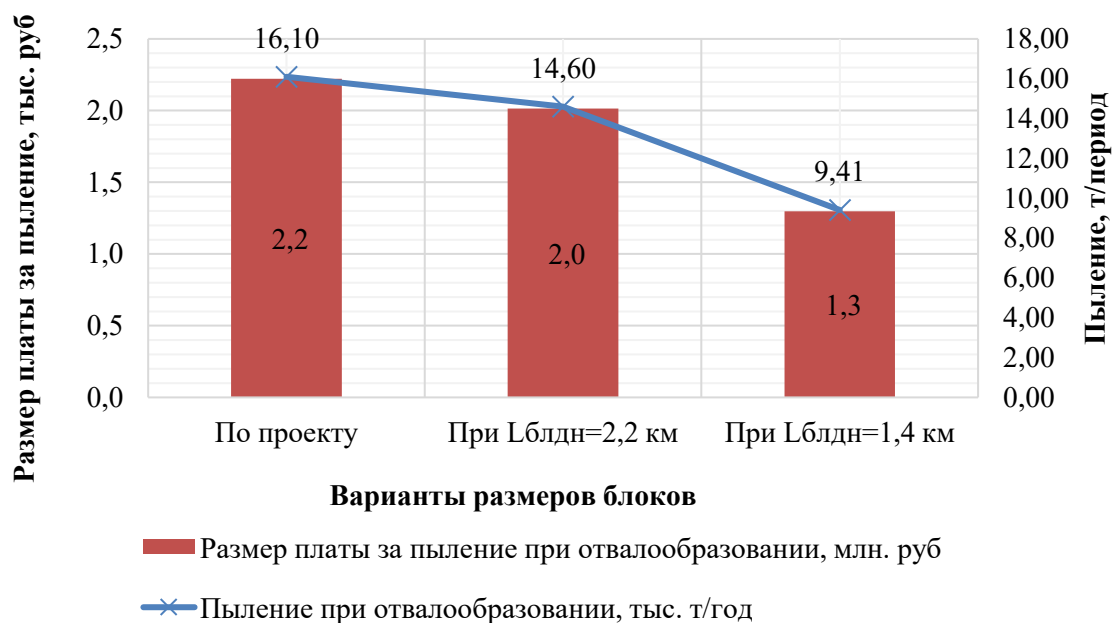


Рисунок 4.13 – График зависимости уровня изъятия земель под внешнее отвалообразование, совмещенный с уровнем экологических платежей, от параметров блоков

Результаты расчета платы за пыление и выбросы при транспортировании вскрыши по автомобильным дорогам (рисунок 4.14) изменяются аналогично уровню экологических платежей, как показано на рисунке 4.13.

а)



б)

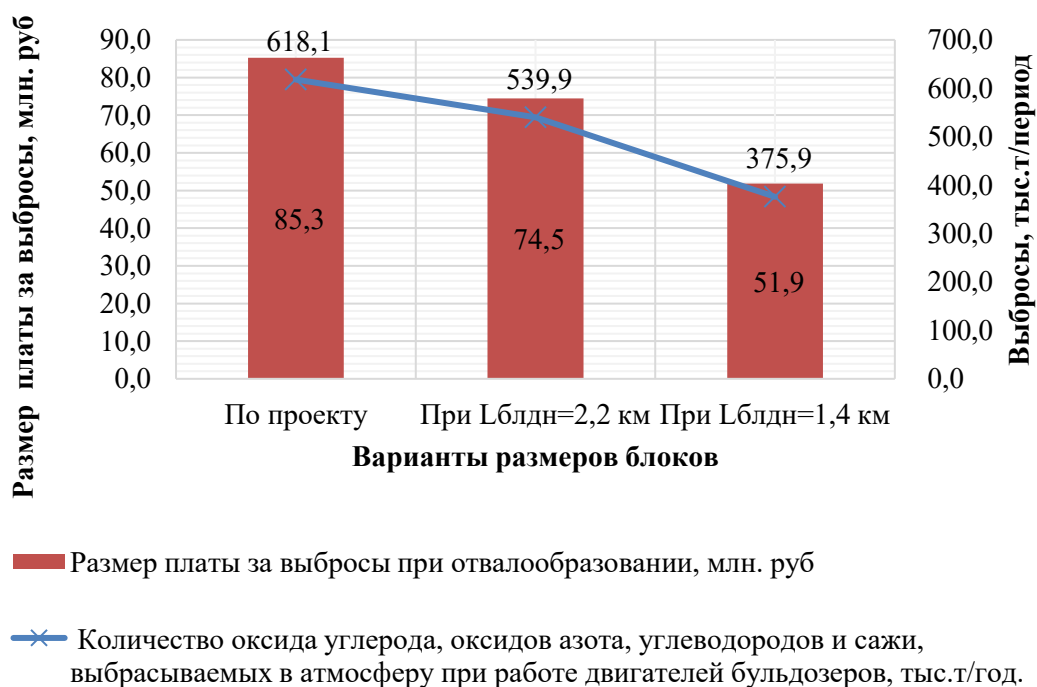


Рисунок 4.14 – График зависимости уровня пыления (а) и выбросов от работы оборудования (б) при отвалообразовании от параметров блоков

Пыление и выбросы при транспортировании вскрыши совокупно включают в себя следующее: количество пыли, сдуваемой с поверхности материала, транспортируемого самосвалами, т/год; количество пыли, образуемой на автодороге при движении транспортных средств, т/год; количество выбросов

загрязняющих веществ, образующихся при сгорании топлива в дизельных двигателях карьерных самосвалов, т/год.

По итогам расчета каждого показателя строятся зависимости вышеуказанных загрязняющих веществ от параметров блоков (рисунок 4.15).

Как видно из представленного графика (рисунок 4.15), тенденция изменения показателей по выбросам и пылению при транспортировании также снижается при уменьшении параметров блоков. Совокупно рассмотренные показатели позволяют сформировать полную картину по снижению негативного воздействия на окружающую среду и, как следствие, снизить затраты на оплату различных показателей (рисунок 4.16).

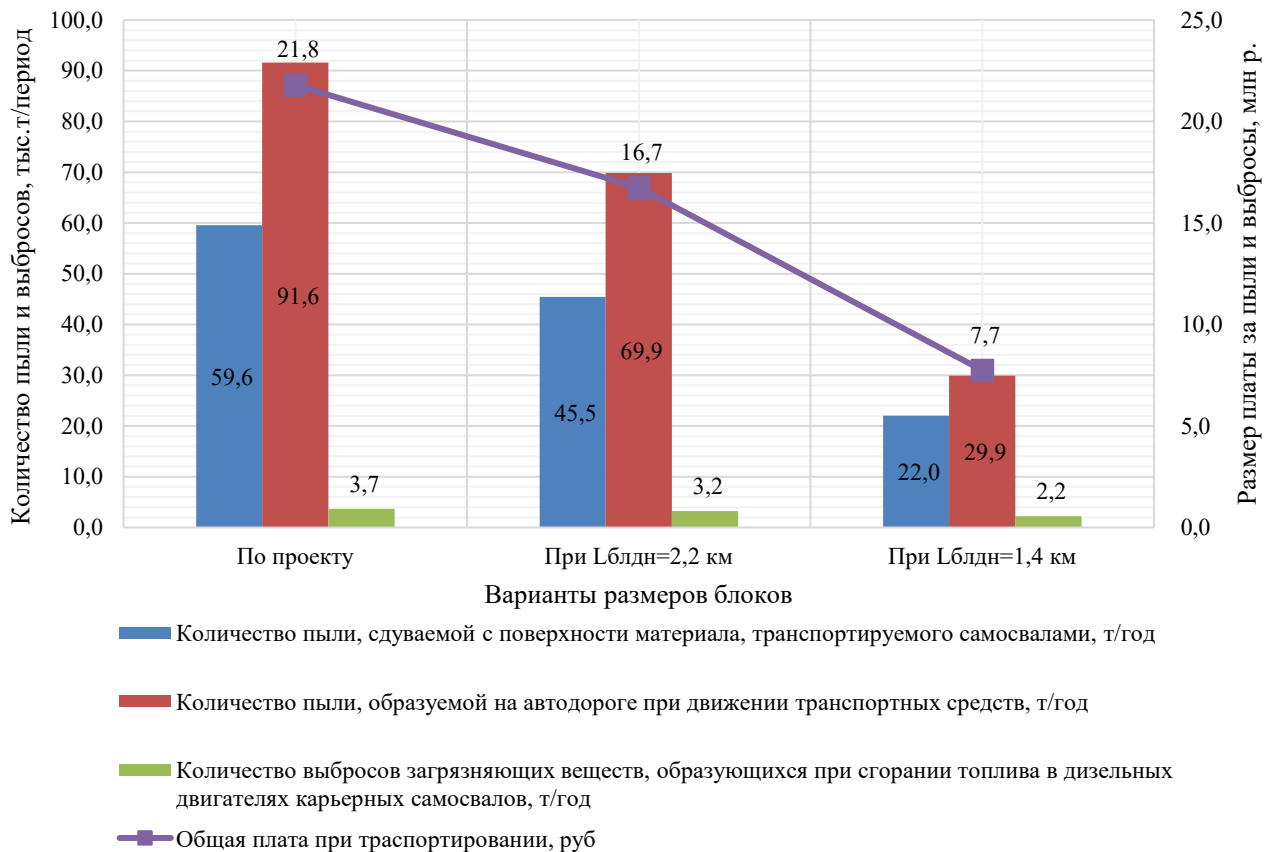


Рисунок 4.15 – График зависимости уровня пыления и выбросов от работы оборудования при транспортировании от параметров блоков

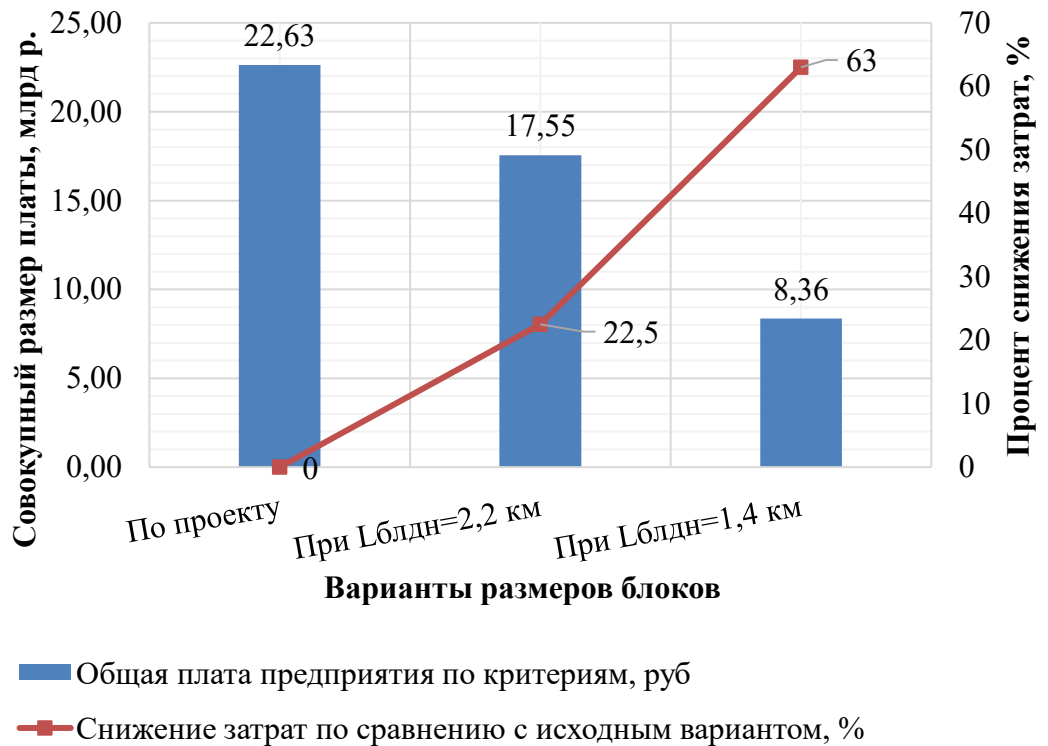


Рисунок 4.16 – График зависимости общей платы за воздействие на окружающую среду и процент снижения затрат от параметров блоков

Как видно из графика, представленного на рисунке 4.16, совокупные эколого-экономические показатели позволяют в полной мере оценить целесообразность применения методики расчета параметров блоков, что в целом отражается в снижении затрат на плату за негативное воздействие на окружающую среду.

4.4 Выводы

1. Установлены существующие параметры блокового способа при разработке Краснобродского угольного разреза: объем первоначального блока – 1 025 944,71 тыс. м³, объем вскрыши в первоначальном блоке – 950 948,8 тыс. м³, длина первоначального блока – 3,7 км.

2. Установлены критерии и параметры блокового способа при разработке Краснобродского угольного разреза в соответствии с разработанной математической моделью:

- объем вскрыши первоначального блока при максимальных параметрах – 940,2 тыс. м³;
- объем вскрыши первоначального блока при минимальных параметрах – 723,6 тыс. м³;
- максимальная длина первоначального блока по дну – 2,2 км;
- минимальная длина первоначального блока по дну – 1,4 км.

3. Параметры первоначального блока оказывают влияние как на календарное планирование горных работ в части отвалообразования, так и на экономические и экологические показатели.

3.1 При расчете размеров первоначального блока согласно предложенной математической модели срок отработки первоначального блока сократился на 1 год и 19 лет соответственно при максимальных и минимальных параметрах первоначального блока.

3.2 Расчет размеров первоначального блока показал явное снижение объемов вскрышных пород в границах первоначального блока с 950,9 тыс. м³ по проекту, до 723,6 тыс. м³ при минимальных параметрах первоначального блока.

Землеемкость угольного разреза и размеры экологических платежей снижаются нелинейной зависимостью на 24 % с 11,3 до 8,6 млн м².

Пыление на внешнем отвале и выбросы от оборудования при работе на внешнем отвале также снижаются на 41,6 и 39,2 % соответственно, при этом снижение данных показателей производится нелинейно.

Количество пыли и выбросов от самосвалов при транспортировании вскрыши на внешний отвал по вариантам снижается относительно исходного на 64,7 %, при этом зависимость имеет нелинейный характер.

Общая плата за воздействие на окружающую среду снижается с 22,6 до 8,36 млрд р., что в процентном соотношении составляет 63 %. Влияние длины первоначального блока на общую плату за воздействие на окружающую среду является нелинейным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические решения, заключающиеся в определении рациональных параметров и показателей блокового способа открытой угледобычи с применением автотранспортной технологии, которые вносят вклад в открытую геотехнологию и имеют существенное значение для развития Российской Федерации.

В диссертации решены взаимосвязанные задачи:

1. Результатом решения задачи «Разработать графическую модель блокового способа отработки карьерных полей с применением автомобильного транспорта» является следующее:

– рассмотрена существующая система и технология открытой разработки карьерных полей с наклонным и крутым залеганием свит пластов. Выявлены особенности применения углубочных продольных систем разработки:

- с углублением горных работ и развитием внешних отвалов постоянно увеличивается расстояние транспортирования вскрышных пород и, следовательно, возрастают затраты на производство вскрыши;
- с глубиной увеличивается общая длина фронта работ и протяженность транспортных коммуникаций, что требует больших затрат на их сооружение и содержание;
- весь объем вскрыши вывозится на внешние отвалы, и для их размещения необходимы большие земельные отводы;
- велики площади нарушения поверхности, которые являются источниками пылеобразования в районе ведения открытых горных работ;

- отсутствует возможность восстановления поверхности в процессе эксплуатации месторождения, из-за чего создается большой разрыв во времени между нарушением и рекультивацией земель.
- установлены особенности разработки карьерных полей угольных разрезов с применением блокового способа, на основе которых сформулированы критерии выбора схем отработки карьерных полей:
 - уменьшение расстояния транспортирования вскрышных пород;
 - снижение затрат на содержание и сооружение транспортных коммуникаций;
 - возможность использования выработанного пространства;
 - уменьшение площади пылящей поверхности;
 - обеспечение возможности восстановления нарушенной поверхности в процессе разработки карьерного поля.
- сформированы требования к блоковому способу, основными из которых являются:
 - уменьшение дальности транспортирования вскрыши;
 - снижение количества остаточных карьерных выемок;
 - снижение количества и площадей внешних отвалов;
 - упрощение организации ведения работ в блоке;
 - максимальное использование выработанного пространства.
- сформирован перечень технологических решений разработки свит наклонных и крутопадающих залежей с применением блокового способа, которые позволяют взаимно увязать классическую углубочную продольную систему открытой разработки и требования, предъявляемые к существующей системе разработки.
- установлено, что наиболее полно предъявляемым требованиям отвечает однофланговая схема отработки карьерных полей с блоковым способом. Разработана графическая модель отработки карьерных полей во взаимосвязи с

параметрами блоков по однофланговой схеме, которая отражает критерии выбора рациональной схемы отработки карьерного поля.

2. В результате решения задачи «Установить закономерности изменения параметров блокового способа открытой угледобычи с применением автотранспортной технологии»:

– Установлены условия залегания и параметры свит пластов наклонного и крутого падения при блоковом способе разработки карьерных полей, такие как: ρ_y – объемный вес угля, $\rho_{породы}$ – объемный вес породы, K – коэффициент крепости, $m_{1\text{пласта}}^{\text{норм}}$ – нормальная мощность пласта, $L_{\text{свиты}}$ – длина свиты пластов в плане, $h_{\text{четв}}$ – мощность четвертичных отложений, α_{III} – угол падения свиты, $m_{1\text{междупластья}}^{\text{норм}}$ – нормальная мощность междупластья в свите, n – количество пластов в свите.

– Разработана математическая модель определения параметров карьерных полей центрального Кузбасса и параметров блокового способа на основе стохастических данных условий залегания свиты пластов и системы аналитических выражений, которая позволяет утверждать, что при определении параметров блоков на разрезах Кузбасса необходимо использовать γ -распределение с ограниченной правосторонней областью при определении глубины и ширины блоков и N -распределение с ограниченной правосторонней областью при определении длины блоков. Полученный результат обеспечивает максимальную вместимость внутреннего отвала, а также обосновывает параметры второго и последующих блоков, на основании которых установлено, что критерием определения длины второго и последующих блоков является вместимость внутреннего отвала, который формируется в выработанном пространстве первоначального блока.

– Основными факторами, оказывающими влияние на параметры блокового способа, являются:

- на ширину блока – при увеличении глубины блока и значений углов борта со стороны висячего и лежащего боков свиты прослеживается увеличение ширины блока соответственно в диапазонах $169 \div 1547$ м (увеличение в 9,1 раза) и в пределах $312,6 \div 1015,7$ м.

- на длину блока – при увеличении экономически эффективной дальности транспортирования вскрышной породы и вместимости внешнего отвала происходит увеличение длины блока более чем в 11 раз.

3. Результатом решения задачи «Определить технико-экономическую эффективность технологического решения» является следующее:

- установлены существующие параметры блокового способа при разработке Краснобродского угольного разреза: объем первоначального блока – $1\,025\,944,71$ тыс. м³, объем вскрыши в первоначальном блоке – $950\,948,8$ тыс. м³, длина первоначального блока – 3,7 км;

- установлены параметры блокового способа при разработке Краснобродского угольного разреза в соответствии с разработанной математической моделью: объем вскрыши первоначального блока при максимальных параметрах – $940,2$ тыс. м³; Объем вскрыши первоначального блока при минимальных параметрах – $723,6$ тыс. м³; Максимальная длина первоначального блока по дну – 2,2 км; Минимальная длина первоначального блока по дну – 1,4 км;

- установлено влияние параметров блоков на производственные показатели разработки Краснобродского угольного разреза как на календарное планирование горных работ в части отвалообразования, так и на экономические и экологические показатели. Срок отработки первоначального блока сократился на 1 и 19 лет соответственно при максимальных и минимальных параметрах первоначального блока. Общая плата за воздействие на окружающую среду снижается с 22,6 до 8,36 млрд р., что в процентном соотношении составляет 63 %. Влияние длины первоначального блока на общую плату за воздействие на окружающую среду является нелинейным.

Дальнейшие исследования планируется вести в следующих направлениях:

1. Определение влияния внешних факторов на параметры блокового способа;
2. Разработка модели определения параметров блокового способа на смежных карьерных полях;
3. Обоснование производственной мощности отработки карьерных полей в условиях блокового способа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдибеков, Н. К. Обоснование технологии внутреннего отвалообразования при разработке крутопадающих и наклонных угольных месторождений Кузбасса : специальность 05.15.03 «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Абдибеков Нурмухамбет Канапиевич ; Московский государственный горный институт. – Москва, 1993. – 25 с. – Место защиты: Моск. гос. горный ун-т. – URL: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01000069383?page=1&rotate=0&theme=white> (дата обращения: 16.04.2024). – Текст : электронный.
2. Аксенов В. В. Необходимость разработки математической модели определения параметров блокового способа разработки карьерных полей / Аксенов В. В., Селюков А. В., Пашков Д. А., Герасимов А. В. – Текст : непосредственный // Вестник тверского государственного технического университета. Серия: технические науки. – 2025. – № 2 (26). – С. 51–57.
3. Анистратов, Ю. И. Проектирование карьеров / Ю. И. Анистратов, К. Ю. Анистратов. – Москва : Гемос Лимитед, 2003. – 172 с. – Текст : непосредственный.
4. Анферов, Б. А. Снижение негативного воздействия на окружающую природную среду при разработке крутонаклонных угольных пластов / Б. А. Анферов, Л. В. Кузнецова. – Текст : непосредственный // Известия Уральского государственного горного университета. – 2016. – № 3 (43). – С. 91–94.
5. Арсентьев, А. И. Стратегия и тактика проектирования открытых горных работ/ А. И. Арсентьев. – Текст : непосредственный // Горный журнал. – 2008. – № 11. – С. 54–58.

6. Арцер, А. С. Угли Кузбасса: Происхождение, качество, использование / А. С. Арцер, С. И. Протасов. – Книга 1. – Кемерово : КузГТУ им. Т. Ф. Горбачева, 1999. – 177 с. – Текст : непосредственный.

7. Арцер, А. С. Угли Кузбасса: Происхождение, качество, использование / А. С. Арцер, С. И. Протасов. – Книга 2. – Кемерово : КузГТУ им. Т. Ф. Горбачева, 1999. – 168 с. – Текст : непосредственный.

8. Барабанов, В. Ф. Разработка крутых и наклонных пластов открытым способом с размещением пустых пород в выработанном пространстве / В. Ф. Барабанов, П. И. Томаков, И. И. Дергачев. – Текст : непосредственный // Уголь. – 1959. – № 12. – С. 12–15.

9. Билин, А. Л. Развитие методов определения границ карьеров для крутопадающих залежей различной протяженности : специальность 05.15.03 «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Билин Андрей Леонидович : Горный институт ордена Ленина Кольского научного центра Российской АН. – Екатеринбург, 1996. – 23 с. – Текст : непосредственный.

10. Билин, А. Л. Совершенствование методов определения границ карьеров на основе математического моделирования карьерного пространства : специальность 05.15.03 «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Билин Андрей Леонидович : Санкт-Петербургский горный ин-т. – Санкт-Петербург, 1992. – 20 с. – Текст : непосредственный.

11. Борисов, Д. В. Определение направления углубки при поэтапном развитии горных работ в карьере : специальность 05.15.03 «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Борисов Дмитрий Владимирович ; Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г. В. Плеханова. – Санкт-Петербург, 2000. – 24 с. – Место защиты: Моск. гос. горный ун-т. – URL:

<https://vivaldi.nlr.ru/bd000137015/view/?#page=2> (дата обращения: 16.04.2024). – Текст : электронный.

12. Булат, С. А. Метод оценки проектных решений по технологии открытых горных работ с учетом природных условий месторождения : специальность 05.15.03 «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Булат Сергей Анатольевич ; Московский геологоразведочный институт. – Москва, 1991. – 25 с. – Место защиты: Моск. гос. горный ун-т. – URL: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01000246225?page=2&rotate=0&theme=white> (дата обращения: 16.04.2024). – Текст : электронный.

13. Бурмистров, К. В. Обоснование параметров этапа открытых горных работ в переходные периоды разработки крутопадающих месторождений / К. В. Бурмистров, М. П. Овсянников. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 6. – С. 20–28.

14. Бурцев, С. В. Оконтуривание карьерных и отвальных полей на основе минимума транспортной работы по перемещению карьерных грузов / С. В. Бурцев, Д. Н. Каранов, В. И. Супрун, Я. В. Левченко. – Текст : непосредственный // Уголь. – 2018. – № 6 (1107). – С. 33–41.

15. Габитов, Р. М. Влияние горнотехнических условий разработки крутопадающих месторождений на формирование внутренних отвалов при доработке и реконструкции карьеров / Р. М. Габитов, С. Е. Гавришев, А. Р. Бондарева [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2009. – № 1 (25). – С. 5–9.

16. Гаврилов, В. Л. Условия и закономерности формирования внутренних отвалов при открытой разработке угольных месторождений брахисинклинального типа / В. Л. Гаврилов, В. И. Ческидов, Е. А. Хоютанов [и др.]. – Текст :

непосредственный // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2022. – № 6. – С. 112–123.

17. Гавришев, С. Е. Повышение эффективности использования автосамосвалов в условиях карьеров на открытых горных работах / С. Е. Гавришев, А. Д. Кольга, И. А. Пыталев, Т. М. Попова. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2019. – № 3. – С. 161–170.

18. Гавришев, С. Е. Формирование и освоение горнотехнических сооружений при открытой разработке месторождений полезных ископаемых с целью экологически безопасного размещения промышленных отходов / С. Е. Гавришев, С. Н. Корнилов, И. Т. Мельников, И. А. Пыталев. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 6. – С. 56–66.

19. Гавришев, С. Е. Классификация карьерных выемок по возможности их использования для размещения промышленных отходов / С. Е. Гавришев, И. А. Пыталев, Е. В. Павлова, А. А. Козловский. – Текст : непосредственный // Черные металлы. – 2011. – № 6-S. – С. 29–33.

20. Герасимов, А. В. Анализ приповерхностной зоны при отработке перспективных угольных залежей по блоковой системе / А. В. Герасимов. – Текст : непосредственный // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2023. – № 9. – С. 90–96.

21. Герасимов, А. В. Объемы внутреннего отвалообразования при отработке карьерного поля блоками / А. В. Герасимов, К. А. Бырдин. – Текст : электронный // Сборник трудов III Всероссийской молодежной научно-практической конференции. Экологические проблемы промышленно развитых и ресурсодобывающих регионов: пути решения. – Кемерово : КузГТУ имени Т. Ф. Горбачева, 2018. – С. 204.1–204.5.

22. Герасимов, А. В. Управление землеемкостью угольного разреза при блоковом порядке отработке карьерного поля / А. В. Герасимов, К. А. Бырдин,

А. В. Селюков. – Текст : непосредственный // Материалы Инновационного конвента «Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации». – Кемерово : Сибирский государственный индустриальный университет, 2018. – С. 24–26.

23. Герасимов, А. В. Определение последовательности разработки карьерных полей угольных разрезов при их делении на блоки / А. В. Герасимов, А. А. Жмакина, К. А. Бырдин. – Текст : электронный // Сборник материалов X всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая». – Кемерово : КузГТУ имени Т. Ф. Горбачева, 2018. – С. 10501.1–10501.5.

24. Герасимов, А. В. Проектирование производственной мощности угольных разрезов при блоковом порядке разработки месторождения / А. В. Герасимов, А. А. Жмакина, А. В. Селюков. – Текст : электронный // Материалы XVII Международной научно-практической конференции. Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс-2018. – Кемерово : КузГТУ имени Т. Ф. Горбачева, 2018. – С. 108.1–108.6.

25. Герасимов, А. В. К систематизации горно-геометрического анализа перспективных угольных залежей: рельеф и свита пластов / А. В. Герасимов, Е. Н. Кухмарь. – Текст : электронный // Сборник материалов XIII всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая». – Кемерово : КузГТУ имени Т. Ф. Горбачева, 2021. – С. 10606.1–10606.6.

26. Герасимов, А. В. Обоснование выбора места заложения первоначального блока / А. В. Герасимов, А. В. Селюков. – Текст : непосредственный // Материалы Инновационного конвента «Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации». – Кемерово : Сибирский государственный индустриальный университет, 2023. – С. 20–23.

27. Герасимов, А. В. Оценка возможности применения блокового способа отработки месторождений общераспространенных полезных ископаемых на

примере залежей известняков / А. В. Герасимов, А. В. Селюков. – Текст : непосредственный // Материалы Инновационного конвента «Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации». – Кемерово : Сибирский государственный индустриальный университет, 2024. – С. 20–23.

28. Глебов, А.В. О необходимости совершенствования методики выбора оборудования экскаваторно-автомобильных комплексов в условиях повышенной конкуренции / А. В. Глебов. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2025. – № 1. – С. 365-378.

29. Глебов, А.В. Оценка влияния конструктивных параметров кузова самосвала на эффективность бульдозерных работ на отвале / А. В. Глебов. – Текст : непосредственный // Горный журнал. – 2024. – № 4. – С. 63-69.

30. Гмурман, В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике / В. Е. Гмурман – Москва : Высшая школа, 2004. – 407 с. – Текст : непосредственный.

31. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1 января 2021 года. – Выпуск 91 (Уголь). – Том 7 (СФО). – Часть 1 (Новосибирская область, Кемеровская область – Кузбасс, Алтайский край, Республика Алтай) / составители: З. Г. Латыпов, Е. Б. Кандалова. – Москва, 2021. – 484 с. – Текст : непосредственный.

32. Денисов, Д. П. Требования к технологии открытых горных работ с учетом последующей рекультивации нарушенных земель / Д. П. Денисов. – Текст : электронный // Образование. Наука. Производство. – Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2021. – С. 1362–1365.

33. Добровольский, А. И. Повышение эффективности разработки угольного разреза за счет оптимизации технологических параметров в сложных горно-геологических условиях / А. И. Добровольский, Е. И. Леонов, А. В. Кутовой [и др.]. – Текст : непосредственный // Уголь. – 2019. – № 10. – С. 72–78.

34. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2020 году / Е. В. Фастова, А. Н. Павлюченко,

О. А. Григорьев [и др.]. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2022. – 384 с. – Текст : непосредственный.

35. Дриженко, А. Ю. Установление параметров рабочей зоны карьеров для подготовки выработанного пространства к внутреннему отвалообразованию / А. Ю. Дриженко, В. П. Воловик. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2003. – № 5. – С. 181–183.

36. Единые нормы выработки на открытые горные работы для предприятий горнодобывающей промышленности. Эскавация и транспортирование горной массы автосамосвалами. Часть IV. – Москва : НИИ труда, 1989. – 82 с. – Текст : непосредственный.

37. Еременко, Е. В. Особенности проектирования карьера на основе закономерностей формирования техногенного ресурса / Е. В. Еременко. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № 38. – С. 95–103.

38. Ефимов, В. И. К вопросу минимизации негативного воздействия горного производства на окружающую среду / В. И. Ефимов, Р. Р. Минибаев, Т. В. Корчагина, Я. А. Новикова. – Текст : непосредственный // Уголь. – 2017. – № 1. – С. 66–68.

39. Зайцева, А. А. Влияние порядка отработки карьерного поля на вместимость внутреннего отвала / А. А. Зайцева, В. И. Ческидов, Г. Д. Зайцев. – Текст : непосредственный // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2007. – № 5. – С. 62–69.

40. Зайцева, А. А. Влияние системы разработки карьера на вместимость внутреннего отвала / А. А. Зайцева. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 9. – С. 310–318.

41. Зайцева, А. А. Определение реального ресурса выработанного пространства карьеров для внутреннего отвалообразования при разработке

наклонных угольных месторождений / А. А. Зайцева, Г. Д. Зайцев. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 2. – С. 168–176.

42. Закон Российской Федерации «О недрах» от 21.02.1992 № 2395-1. – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации : сайт. – 1992. – С изм. и допол. в ред. от 25.12.2023.

43. Заляднов, В. Ю. Стратегии повышения эффективности комплексного освоения участка недр при открытой геотехнологии / В. Ю. Заляднов, К. В. Бурмистров, С. Е. Гавришев, Г. В. Михайлова. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2023. – № 4. – С. 400–412.

44. Зинько, Н. А. Технология отсыпки внутреннего отвала скальных вскрышных пород при разработке крутопадающих месторождений / Н. А. Зинько, В. И. Филь, В. Т. Лашко, Г. Г. Грищенко. – Текст : непосредственный // Горный журнал. – 2007. – № 5. – С. 63–64.

45. Зобнин, В. И. Схемы отсыпки внутренних отвалов при открытой разработке крутопадающих месторождений полезных ископаемых / В. И. Зобнин, А. А. Соловьев, Е. Н. Палютина. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2007. – № 2. – С. 8–17.

46. Ильин, С. А. Состояние и перспективы развития открытого способа разработки месторождений полезных ископаемых / С. А. Ильин, Д. В. Пастихин. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 1. – С. 364–383.

47. Каплунов, Д. Р. Принципы проектирования и реализации горнотехнических систем с полным циклом освоения рудных месторождений / Д. Р. Каплунов, М. В. Рыльникова. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 27. – С. 3–11.

48. Каплунов, Д. Р. Становление нового технологического уклада комплексного освоения недр при истощении балансовых запасов месторождений / Д. Р. Каплунов, М. В. Рыльникова, А. Б. Юн, И. В. Терентьева. – Текст : непосредственный // Горный журнал. – 2019. – № 4. – С. 11–14.

49. Каплунов, Д. Р. Устойчивое развитие горнотехнических систем как переход от добычи полезных ископаемых к освоению георесурсов и сохранению недр / Д. Р. Каплунов, В. С. Федотенко. – Текст : непосредственный // Горный журнал. – 2021. – № 8. – С. 4–7.

50. Кацубин, А. В. Систематизация горно-геологических условий угленасыщенных и безугольных зон разрезов Кузбасса / А. В. Кацубин, А. А. Федотов. – Текст : непосредственный // Техника и технология горного дела. – 2019. – № 3 (6). – С. 60–75.

51. Качурин, Н. М. Геоэкологический мониторинг и оценка воздействия на окружающую среду горнопромышленного региона / Н. М. Качурин, Л. А. Белая, Т. В. Корчагина. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2010. – № 6. – С. 32–37.

52. Кашапов, З. М. Разработка технологии управляемого формирования отвальных массивов в выработанном пространстве глубоких карьеров : специальность 05.15.03 «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кашапов Зуфар Магфурянович ; Казахский политехнический институт имени В. И. Ленина. – Алма-Ата, 1992. – 18 с. – Место защиты: Моск. гос. горный ун-т. – URL: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01000102715?page=2&rotate=0&theme=white> (дата обращения: 16.04.2024). – Текст : электронный.

53. Кенжегалиев, Н. А. Типизация условий формирования внутренних отвалов при освоении недр глубокими карьерами / Н. А. Кенжегалиев, К. К. Тулебаев, Н. К. Абдибеков. – Текст : непосредственный // Маркшейдерский вестник. – 2012. – № 6 (92). – С. 12–14.

54. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных сотрудников / А. И. Кобзарь. – Москва : Физматлит, 2006. – 816 с. – Текст : непосредственный.

55. Коваленко, В. С. О проблеме ресурсосбережения и охраны окружающей среды при открытой разработке месторождений полезных ископаемых в рамках концепции «зеленой» экономики / В. С. Коваленко. – Текст : непосредственный // Горный журнал. – 2019. – № 5. – С. 87–89.

56. Коваленко, В. С. Повышение эффективности использования природных и техногенных ресурсов при открытой угледобыче в рамках концепции «зеленой» горнодобывающей промышленности / В. С. Коваленко. – Текст : непосредственный // Уголь. – 2018. – № 4. – С. 60–63.

57. Коваленко, В. С. Формирование ресурсосберегающих технологий открытой разработки свит крутых и наклонных угольных пластов : специальность 05.15.03 «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Коваленко Владимир Сергеевич ; Московский государственный горный университет. – Москва, 1997. – 40 с. – Место защиты: Моск. гос. горный ун-т. – URL: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01000102715?page=2&rotate=0&theme=white> (дата обращения: 16.04.2024). – Текст : электронный.

58. Колесников, В. Ф. Применение природоохранных технологий на угледобывающих предприятиях Кузбасса / В. Ф. Колесников, О. И. Литвин, Ю. В. Лесин, В. Л. Мартыанов. – Текст : непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2019. – № 1 (131). – С. 86–95.

59. Корякин, А. И. Оценка технологий открытой угледобычи по критериям ресурсопотребления / А. И. Корякин. – Текст : непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 1998. – № 6. – С. 84–86.

60. Корякин, А. И. Пути создания малоземлеемкой технологии открытой угледобычи в Кузбассе / А. И. Корякин, И. И. Цепилов. – Текст : непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 1999. – № 1 (8). – С. 60–62.

61. Кравчук, Т. С. Методика определения параметров техногенной емкости для условий крутопадающих месторождений полезных ископаемых / Т. С. Кравчук, И. А. Пыталев, Е. Е. Швабенланд, В. В. Якшина. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2021. – № 4. – С. 425–435.

62. Кузнецов, В. И. Управление горными работами на разрезах Кузбасса / В. И. Кузнецов. – Кемерово : Кузбассвуиздат. – 1997. – 164 с. – Текст : непосредственный.

63. Кузнецов, И. С. Выявление вида вероятностного распределения продолжительности основных технологических процессов при моделировании вскрышных работ на разрезах Кузбасса / И. С. Кузнецов, В. В. Зиновьев, А. В. Кузнецова. – Текст : непосредственный // Техника и технология горного дела. – 2024. – № 2(25). – С. 79-103.

64. Кузнецов, И. С. Оптимизация параметров карьерных экскаваторно-автомобильных комплексов с учетом внеплановых простоев : 05.05.06 «Горные машины» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кузнецов Игорь Сергеевич ; Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук. – Кемерово, 2022. – 23 с. – Место защиты: Кузб. гос. техн. ун-т. им. Т. Ф. Горбачева – URL: <http://ruslan-wildfly.kuzstu.ru/pwb/?cq=rec.id%3D%22neo-4338%22> (дата обращения: 18.09.2025). – Текст : непосредственный + Текст : электронный.

65. Курленя, М. В. Технология разработки нижней части карьерного поля с внутренним отвалообразованием на крутопадающих месторождениях / М. В. Курленя, М. Л. Медведев, Ю. И. Колдырев, В. Е. Кисляков. – Текст :

непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2008. – № 9. – С. 214–223.

66. Кутерина, Е. В. Технологическо-экологические недостатки открытой угледобычи в Кузбассе / Е. В. Кутерина. – Текст : электронный // Сборник материалов IX всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая». – Кемерово : КузГТУ имени Т. Ф. Горбачева, 2019. – С. 10605.1–10605.6.

67. Левченко, Я. В. Опыт формирования отвальных массивов во внутренних контурах крупных угольных месторождений / Я. В. Левченко. – Текст : непосредственный // Уголь. – 2019. – № 2 (1115). – С. 20–21.

68. Левченко, Я. В. Формирование контуров открытых горных работ на угольных месторождения, представленных свитами пластов / Я. В. Левченко, К. С. Ворошилин, В. А. Казаков [и др.]. – Текст : непосредственный // Уголь. – 2013. – № 5. – С. 43.

69. Лель, Ю. И. Энергетический принцип оценки и оптимизации параметров транспортных систем карьеров / Ю. И. Лель, Е. С. Калюжный, С. В. Исаков, О. А. Иванова. – Текст : непосредственный // Материалы международной научно-практической конференции. 2016. Уральская горная школа – регионам. – Екатеринбург : УГГУ, 2016. – С. 417–418.

70. Лесянович, В. А. Технологическая синхронизация углубочных продольных и поперечных сплошных систем открытой разработки / В. А. Лесянович. – Текст : электронный // Сборник материалов IX всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая». – Кемерово : КузГТУ имени Т. Ф. Горбачева, 2017. – С. 1362–1365.

71. Липина, А. В. Обоснование устойчивости системы «внутренний отвал – прибортовой массив» при изменении гидрогеомеханических условий района отработки угольных месторождений : специальность 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия

недр» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Липина Александра Валерьевна ; Московский институт стали и сплавов. – Москва, 2023. – 22 с. – Место защиты: Моск. гос. горный ун-т. – URL: <https://misis.ru/science/dissertations/2023/3704/> (дата обращения: 16.04.2024). – Текст : электронный.

72. Логинов, Е. В. Обоснование технологической схемы работы комплекса выемочно-погрузочной техники и автотранспорта на карьере / Е. В. Логинов. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2023. – № 9-1. – С. 22–34.

73. Логинов, Е. В. Управление эксплуатационным коэффициентом вскрыши при использовании гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» в углубочных системах разработки : специальность 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Логинов Егор Вячеславович ; Санкт-Петербургский горный университет. – Санкт-Петербург, 2018. – 123 с. – Место защиты: СПб горн. ун-т. – URL: https://spmi.ru/sites/default/files/imci_images/sciens/dissertacii/2018/Логинов_диссертация.pdf (дата обращения: 18.09.2025). – Текст : непосредственный + Текст : электронный.

74. Лушпей, В. П. Обоснование критерия перехода на внутреннее отвалообразование при разработке наклонных залежей / В. П. Лушпей, В. В. Видоменко. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 3. – С. 36–40.

75. Макшеев, В. П. Технология разработки наклонных залежей с внутренними отвалами горизонтальными уступами / В. П. Макшеев. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 1997. – № 1. – С. 157–158.

76. Мартыненко, В. П. Обоснование рациональных параметров горных работ глубоких карьеров при внутреннем отвалообразовании / В. П. Мартыненко. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 1998. – № 3. – С. 146–150.

77. Мартянов, В. Л. Оценка и пути снижение ущерба природе на карьерах / В. Л. Мартянов, С. П. Бабичев, В. В. Вагин. – Текст : электронный // Материалы X международной научно-практической конференции «Современные тенденции и инновации в науке и производстве». – Междуреченск : КузГТУ имени Т. Ф. Горбачева, 2021. – С. 149.1–149.15.

78. Мартянов, В. Л. Обоснование рационального порядка разработки сложноструктурных угольных месторождений / В. Л. Мартянов, В. Ф. Колесников. – Текст : непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2016. – № 6 (118). – С. 73–82.

79. Мацко, Н. А. Обоснование разработки месторождений глубокими карьерами с интенсивным формированием выработанного пространства для размещения в нем внутренних отвалов : специальность 05.15.03 «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Мацко Наталья Аркадьевна ; Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук. – Москва, 1993. – 16 с. – Место защиты: Рос. АН. Ин-т проблем комплексного освоения недр. – URL: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01000067633?page=1&rotate=0&theme=white> (дата обращения: 16.04.2024). – Текст : электронный.

80. Милый, С. М. Оценка технологии отработки крутонаклонных угольных месторождений Кузбасса / С. М. Милый. – Текст : непосредственный // Техника и технология горного дела. – 2020. – № 1 (8). – С. 45–73.

81. Михальченко, В. В. Адаптивная ресурсо- и природосберегающая технология открытой угледобычи / В. В. Михальченко – Текст :

непосредственный // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2016. – № 3. – С. 192–195.

82. Михальченко, В. В. Землесберегающая технология отработки мощных наклонных и крутых залежей / В. В. Михальченко, С. А. Прокопенко, В. Г. Орлов. – Текст : непосредственный // Уголь. – 1991. – № 5 (782). – С. 44–46.

83. Наимова, Р. Ш. О необходимости использования внутреннего отвалообразования на крутопадающих месторождениях / Р. Ш. Наимова, Х. Ю. Норова. – Текст : непосредственный // Рациональное освоение недр. – 2020. – № 5. – С. 72–78.

84. Ненашев, А. С. Технология ведения горных работ на разрезах при разработке сложноструктурных месторождений : учебное пособие / А. С. Ненашев, В. Г. Проноза, В. С. Федотенко. – Кемерово : Кузбассвуиздат, 2010. – 247 с. – Текст : непосредственный.

85. Ненашев, А. С. К вопросу определения основных параметров и устойчивости внутренних многоярусных отвалов / А. С. Ненашев. – Текст : непосредственный // Открытая угледобыча в Кузбассе (опыт, проблемы, перспективы). – Кемерово : Кн. изд-во. – 1976. – С. 194–204.

86. Нормы технологического проектирования угольных и сланцевых разрезов. ВНТП 2-86. – Москва : Издательство Минуглепрома СССР, 1986. – 56 с. – Текст : непосредственный.

87. Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ при сжигании угля и технологических процессах горного производства на предприятиях угольной промышленности : утверждена ОАО «МНИИЭКО ТЭК», 25.07.2014. – Пермь, 2014. – 186 с. – Текст : непосредственный.

88. Пастихин, Д. В. О развитии научных основ проектирования контуров карьеров / Д. В. Пастихин. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № S1. – С. 315–322.

89. Патент № 2800752, Российская Федерация, МПК E21C 41/26, E21C 41/28. Способ открытой разработки месторождений полезных ископаемых : № 2022134490 : заявл. 27.12.2022 : опубл. 27.07.2023 / Герасимов А. В., Селюков А. В. – 13 с. – Текст : непосредственный.

90. Перспективные технологии открытой разработки сложноструктурных угольных месторождений : учебное пособие / И. И. Цепилов, А. И. Корякин, В. Ф. Колесников, С. И. Протасов. – Кемерово : Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева, 2000. – 186 с. – Текст : непосредственный.

91. Постановление Правительства Российской Федерации «О применении в 2023 году ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду» от 01.01.2023 № 437. – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации : сайт. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202303300046> (дата обращения: 24.04.2024).

92. Проектная документация «Технико-экономическое обоснование постоянных разведочных кондиций для подсчета запасов каменного угля в границах лицензий ООО «Горнорудная компания Урала» КЕМ 01800ТЭ на участке Краснобродский Глубокий и ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» КЕМ 11669 ЕЭ Краснобродского каменноугольного месторождения. – Книга 1. – Кемерово, 2018. – 293 с. – Текст : непосредственный.

93. Проноза, В. Г. Об одном способе увеличения вместимости внутреннего многоярусного отвала / В. Г. Проноза, В. Ф. Воронков. – Текст : непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 1998. – № 5 (6). – С. 50–51.

94. Проноза, В. Г. Определение области эффективной разработки энергетических углей открытым способом (на примере Кузнецкого угольного бассейна) / В. Г. Проноза, А. И. Корякин, С. М. Милый. – Текст :

непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2000. – № 4 (17). – С. 81–84.

95. Пыталев, И. А. Обоснование параметров открытой геотехнологии комплексного освоения крутопадающих месторождений для устойчивого развития горнотехнических систем : специальность 25.00.21 «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Пыталев Иван Алексеевич ; Московский институт стали и сплавов. – Москва, 2023. – 22 с. – Место защиты: Моск. гос. горный ун-т. – URL: <https://misis.ru/science/dissertations/2023/3704/> (дата обращения: 16.04.2024). – Текст : электронный.

96. Пыталев, И. А. Обоснование системы разработки с внутренним отвалообразованием при освоении крутопадающего месторождения Курасан / И. Я. Пыталев, В. В. Якшина, А. А. Козловский, А. А. Полинов. – Текст : непосредственный // Рациональное освоение недр. – 2022. – № 4 (66). – С. 34–38.

97. Ракишев, Б. Р. Оптимальное распределение объемов вскрышных пород между внешним и внутренним отвалами в пределах карьерного поля / Б. Р. Ракишев, С. К. Молдабаев. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 8. – С. 47–55.

98. Ракишев, Б. Р. Ресурсосберегающее вскрытие при вовлечении в разработку смежного участка карьерного поля / Б. Р. Ракишев, С. К. Молдабаев. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – № 9. – С. 196–209.

99. Ракишев, Б. Р. Очередность отработки сближенных крутопадающих залежей на примере Ломоносовского месторождения железных руд / Б. Р. Ракишев, С. К. Молдабаев. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 9. – С. 284–295.

100. Распоряжение Правительства РФ «Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года» от 13.06.2020 № 1582-р. – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации : сайт. – URL:

http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=1&nd=102762578&intelsearch=%
(дата обращения: 24.04.2024).

101. Ржевский, В. В. Открытые горные работы. Ч. 2. Технология и комплексная механизация / В. В. Ржевский. – 4-е изд. – Москва : Недра, 1985. – 549 с. – Текст : непосредственный.

102. Ржевский, В. В. Процессы открытых горных работ / В. В. Ржевский. – 3-е изд. – Москва : Недра, 1978. – 541 с. – Текст : непосредственный.

103. Ржевский, В. В. Научные основы проектирования карьеров / В. В. Ржевский, М. Г. Новожилов, Б. П. Юматов. – Москва : Недра, 1971. – 600 с. – Текст : непосредственный.

104. Рутковский, Б. Т. Блочный способ отработки месторождений открытым способом / Б. Т. Рутковский. – Текст : непосредственный // Добыча угля открытым способом. – 1972. – № 1. – С. 81–87.

105. Рыльникова, М. В. Оценка воздействия техногенных образований из отходов переработки многокомпонентных руд на экосистемы горнопромышленных регионов / М. В. Рыльникова, Д. Н. Радченко, М. В. Цупкина, А. Е. Кирков. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2020. – № 3. – С. 5–17.

106. Саканцев, Г. Г. Геотехнологические основы внутреннего отвалообразования при разработке глубокозалегающих месторождений ограниченной длины : специальность 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Саканцев Георгий Григорьевич ; Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук. – Екатеринбург, 2012. – 43 с. – Место защиты: Рос. АН. Ин-т проблем комплексного освоения

недр. – URL: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01005043833?page=1&rotate=0&theme=white> (дата обращения: 18.04.2024). – Текст : электронный.

107. Саканцев, Г. Г. Зависимость эффективности внутреннего отвалообразования от максимально допустимой высоты отвальных ярусов при разработке глубокозалегающих месторождений ограниченной длины / Г. Г. Саканцев. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 1. – С. 40–45.

108. Саканцев, Г. Г. Исследование факторов, определяющих условия формирования карьерного пространства при разработке глубокозалегающих месторождений ограниченной длины с внутренним отвалообразованием / Г. Г. Саканцев. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2000. – № 11. – С. 127–133.

109. Саканцев, Г. Г. Организационные основы оперативного управления формированием карьерного пространства при разработке глубокозалегающих месторождений / Г. Г. Саканцев. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 1. – С. 52–60.

110. Саканцев, Г. Г. Основы применения внутреннего отвалообразования при разработке глубокозалегающих месторождений ограниченной длины / Г. Г. Саканцев. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2004. – № 3. – С. 219–226.

111. Саканцев, Г. Г. Ресурсосберегающие технологии при разработке рудных месторождений с использованием выработанного пространства / Г. Г. Саканцев. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 2. – С. 29–37.

112. Саканцев, Г. Г. Установление области применения внутреннего отвалообразования при открытой разработке крутопадающих месторождений полезных ископаемых / Г. Г. Саканцев, В. И. Ческидов. – Текст : непосредственный // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. – № 3. – С. 87–95.

113. Саканцев, М. Г. Исследование факторов, обеспечивающих эффективную организацию решения вопросов постановки бортов карьеров в предельное положение / М. Г. Саканцев, Г. Г. Саканцев. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 1. – С. 61–68.

114. Селюков, А. В. Инструмент корректировки распределения объемов вскрыши по отвалам действующего угольного разреза / А. В. Селюков. – Текст : непосредственный // Записки горного института. – 2016. – № 219. – С. 387–391.

115. Селюков, А. В. Контурное развитие карьерного поля и внешнего отвала в задачах сокращения избыточного выработанного пространства разрезов с автотранспортной технологией / А. В. Селюков. – Текст : непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2016. – № 2 (114). – С. 7–14.

116. Селюков, А. В. Критерии эколого-экономического сравнения технологий внутреннего отвалообразования на разрезах Кемеровской области / А. В. Селюков. – Текст : непосредственный // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2015. – № 2. – С. 91–98.

117. Селюков, А. В. О технологической значимости внутреннего отвалообразования при открытой разработке угольных месторождений Кемеровской области / А. В. Селюков. – Текст : непосредственный // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2015. – № 5. – С. 23–34.

118. Селюков, А. В. Оценивание землеемкости угольных разрезов видоизменением системы открытой разработки / А. В. Селюков. – Текст :

непосредственный // Известия уральского государственного горного университета. – 2016. – № 3 (43). – С. 82–86.

119. Селюков, А. В. Обоснование и разработка ресурсосберегающих технологий открытой угледобычи на карьерных и отработанных шахтных полях : специальность 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Селюков Алексей Владимирович ; Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2019. – 308 с. – Место защиты: Кузб. гос. техн. ун-т. им. Т. Ф. Горбачева – URL: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=40048&type=dissertat:common> (дата обращения: 18.04.2024). – Текст : непосредственный + Текст : электронный.

120. Селюков, А. В. Проектирование карьеров : учебное пособие для обучающихся всех форм обучения направления подготовки 21.05.04 «Горное дело» / Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева ; кафедра открытых горных работ ; сост.: А. В. Селюков, А. В. Герасимов. – Кемерово : КузГТУ, 2023. – 315 с. – Текст : непосредственный.

121. Селюков, А. В. К взаимосвязи текущего коэффициента вскрыши и породных междупластьев при открытой угледобыче / А. В. Селюков, А. В. Герасимов. – Текст : электронный // Материалы XII международной научно-практической конференции «Современные тенденции и инновации в науке и производстве». – Междуреченск : КузГТУ имени Т. Ф. Горбачева, 2023. – С. 146.1–146.5.

122. Селюков, А. В. Проектирование параметров блокового способа открытой угледобычи с применением автотранспортной технологии / А. В. Селюков, А. В. Герасимов. – Текст : непосредственный // Вестник КузГТУ. – 2024. – № 1. – С. 68–78.

123. Селюков, А. В. Обоснование области применения автосамосвалов различной грузоподъемности при блоковом способе отработки карьерного поля /

А. В. Селюков, А. В. Герасимов. – Текст : непосредственный // Вестник КузГТУ. – 2024. – № 2. – С. 57–67.

124. Селюков, А. В. Регулирование дисбаланса объемов отвалообразования при блоковом способе отработки карьерных полей угольных разрезов / А. В. Селюков, А. В. Герасимов. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 3. – С. 313–328.

125. Селюков, А. В. Блочный способ отработки карьерных полей, как инструмент снижения воздействия на окружающую среду в условиях интенсификации производства / А. В. Селюков, А. В. Герасимов. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – № 10. – С. 178–188.

126. Селюков, А. В. Выбор технологических вариаций внутреннего отвалообразования при разработке наклонных и крутопадающих залежей / А. В. Селюков, А. С. Кривков, И. С. Кожевников. – Текст : электронный // Сборник материалов IX всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая». – Кемерово : КузГТУ имени Т. Ф. Горбачева, 2017. – С. 0102003-1–0102003-5.

127. Селюков, А. В. Сравнительная оценка землеемкости систем открытой разработки угольных месторождений Кузбасса / А. В. Селюков, Я. О. Литвин. – Текст : непосредственный // Материалы IV международной научно-практической конференции «Современные тенденции и инновации в науке и производстве». – Междуреченск : КузГТУ имени Т. Ф. Горбачева, 2015. – С. 93–94.

128. Селюков, А. В. Технологическое развитие блокового способа открытой разработки угольных месторождений / А. В. Селюков, Я. О. Литвин. – Текст : непосредственный // Естественные и технические науки. – 2015. – № 3 (81). – С. 94–97.

129. Сидоров, В. В. Оценка влияния объема вскрышного грузооборота на возможную производственную мощность разреза при разработке угольных

месторождений, представленных наклонной свитой пластов / В. В. Сидоров, А. И. Косолапов. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 4. – С. 33–42.

130. Симоненко, В. И. Обоснование параметров открытой разработки мощных нерудных месторождений с внутренним отвалообразованием / В. И. Симоненко. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2000. – № 10. – С. 164–168.

131. Соколовский, А. В. Принципы проектирования развития действующего карьера / А. В. Соколовский. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2007. – № 12. – С. 21–26.

132. Супрун, В. И. Регулирование контуров открытых горных работ / В. И. Супрун, С. А. Радченко, Д. В. Пастихин, В. В. Таланин. – Текст : непосредственный // Рациональное освоение недр. – 2014. – № 4. – С. 50–57.

133. Счастливец, Е. Л. Оценка воздействия техногенных массивов угледобывающих предприятий на атмосферу / Е. Л. Счастливец, Ю. А. Степанов, Т. В. Корчагин. – Текст : непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2007. – № 2 (60). – С. 56–58.

134. Терехина, Ю. В. Методика определения комплекса оптимальных параметров карьера на предпроектной стадии оценки месторождения / Ю. В. Терехина. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 2. – С. 206–211.

135. Томаков, П. И. Вовлечение в производство ресурса выработанного пространства – основное направление в снижении ресурсоемкости и улучшении экологических показателей угледобычи на разрезах Кузбасса / П. И. Томаков, В. С. Коваленко. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 1998. – № 3. – С. 37–44.

136. Трофимова, И. Д. Организационно-экономический механизм планирования эффективности функционирования горно-транспортного комплекса угольного разреза : специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами: промышленность)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Трофимова Ирина Дмитриевна. – Место защиты: ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». – Москва, 2022. – 152 с. – Текст : непосредственный.

137. Трубецкой, К. Н. Определение области применения способов разработки крутопадающих залежей с использованием заранее сформированного выработанного пространства карьера / К. Н. Трубецкой, А. А. Пешков, Н. А. Мацко. – Текст : непосредственный // Горный журнал. – 1994. – № 1. – С. 51–59.

138. Трубецкой, К. Н. Перспективы использования малоотходной технологии с внутренним отвалообразованием на глубоких карьерах / К. Н. Трубецкой, А. А. Пешков, Н. А. Мацко. – Текст : непосредственный // Уголь. – 1998. – № 1 (862). – С. 24–29.

139. Трубецкой, К. Н. Геоэкология освоения недр Земли и экогеотехнология разработки месторождений / К. Н. Трубецкой, Ю. П. Галченко. – Москва : Издательство «Научтехлитиздат», 2015. – 360 с. – Текст : непосредственный.

140. Тюленев, М. А. Исследование структур схем экскавации при отсыпке внутренних многоярусных бестранспортных отвалов / М. А. Тюленев, С. О. Марков, Н. С. Сурадеев [и др.]. – Текст : непосредственный // Техника и технология горного дела. – 2022. – № 4 (19). – С. 4–34.

141. Угольная база России. Том II. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны, месторождения Алтайского края и Республики Алтай). – Москва : ООО «Геоинформцентр». 2003. – 604 с. – Текст : непосредственный.

142. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом» от 10.11.2020 № 436. – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации : сайт. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012210128> (дата обращения: 24.04.2024).

143. Федорко, В. П. Теоретические основы преобразований технологии открытых горных работ : специальность 05.15.03 «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Федорко Владимир Павлович. – Место защиты: Иркутск. гос. технич. ун-т. – Иркутск, 2000. – 327 с. – Текст : непосредственный.

144. Федотенко, Н. А. Проблемы управления негативным воздействием на окружающую среду при добыче угля открытым способом. Актуальные решения / Н. А. Федотенко, В. С. Федотенко, Н. В. Елесина. – Текст : непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 6 (94). – С. 64–66.

145. Федотов, Г. С. Влияние положения трассы вскрывающих выработок на объем горной массы в конечном контуре карьера / Г. С. Федотов, Д. В. Пастихин. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – № 6. – С. 115–123.

146. Фролов, С. В. Анализ научных исследований по вопросам внутреннего отвалообразования / С. В. Фролов. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 2. – С. 392–396.

147. Фролов, С. В. Причины возникновения и преимущества формирования внутреннего отвалообразования в выработанном пространстве карьера / С. В. Фролов. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 2. – С. 397–408.

148. Фролов, С. В. Разработка метода повышения точности прогноза выброса вредных веществ автотранспортом карьера при формировании внутреннего отвала / С. В. Фролов. – Текст : непосредственный // Научный вестник Московского государственного горного университета. – 2012. – № 3. – С. 129–133.

149. Харионовский, А. А. Охрана окружающей среды в угольной промышленности России / А. А. Харионовский, В. Н. Васева, Е. И. Симанова. – Текст : непосредственный // Уголь. – 2016. – № 4. – С. 79–82.

150. Холодняков, Г. А. Классификация структур внутренних отвалов, обеспечивающих изоляцию агрессивных пород / Г. А. Холодняков, Д. В. Тетерин. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 1. – С. 91–98.

151. Ческидов, В. И. Технологическо-экологические аспекты отвалообразования вскрышных пород на разрезах Кузбасса / В. И. Ческидов, А. С. Бобыльский. – Текст : непосредственный // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2017. – № 5. – С. 96–104.

152. Ческидов, В. И. К вопросу экологической безопасности открытых горных работ / В. И. Ческидов, В. К. Норри, А. С. Бобыльский, А. В. Резник. – Текст : непосредственный // Научный вестник Московского государственного горного университета. – 2013. – № 12. – С. 273–280.

153. Ческидов, В. И. Особенности внутреннего отвалообразования вскрышных пород при открытой разработке месторождений полезных ископаемых / В. И. Ческидов, А. В. Резник. – Текст : непосредственный // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2022. – № 2. – С. 61–68.

154. Шамганова, Л. С. Влияние параметров результирующего откоса внутреннего отвала на его устойчивость / Л. С. Шамганова, К. К. Тулебаев, Н. К. Абдибеков [и др.]. – Текст : непосредственный // Маркшейдерия и недропользование. – 2013. – № 2 (64). – С. 59–61.

155. Шапранко, Д. С. Анализ исследований и практического опыта внутреннего отвалообразования на разрезах Кузбасса / Д. С. Шапранко. – Текст : электронный // Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая». – Кемерово : КузГТУ имени Т. Ф. Горбачева, 2021. – С. 10604.1–10604.4.

156. Шатуев, В. И. Определение параметров поэтапной открытой разработки крутопадающих месторождений в условиях перехода к рыночной экономике : специальность 05.15.03 «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шатуев Владимир Иринеевич ; Санкт-Петербургский горный институт им. Г. В. Плеханова. – Санкт-Петербург, 1992. – 20 с. – Место защиты: Кузб. гос. техн. ун-т. им. Т. Ф. Горбачева – URL: [https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01000066626?page=](https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01000066626?page=1&rotate=0&theme=white)

[1&rotate=0&theme=white](https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01000066626?page=1&rotate=0&theme=white) (дата обращения: 18.04.2024). – Текст : электронный.

157. Шпанский, О. В. Развитие основ горно-геометрического моделирования карьеров при проектировании разработки крутопадающих месторождений : специальность 05.15.03 «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Шпанский Олег Васильевич ; Санкт-Петербургский горный институт им. Г. В. Плеханова. – Санкт-Петербург, 1999. – 324 с. – Место защиты: Санкт-Петерб. гос. горн. ин-т им. Г. В. Плеханова – URL: [https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01000066626?page=1&rotate=](https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01000066626?page=1&rotate=0&theme=white)

[0&theme=white](https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01000066626?page=1&rotate=0&theme=white) (дата обращения: 18.04.2024). – Текст : электронный.

158. Штумпф, Г. Г. Физико-технические свойства горных пород и углей Кузнецкого бассейна : Справочник / Г. Г. Штумпф, Ю. А. Рыжков, В. А. Шаламанов, А. И. Петров. – Москва : Недра, 1994. – 447 с.

159. Шувалов, Ю. В. Оценка экологической емкости природной среды в угледобывающих регионах с учетом перспективы развития угольной промышленности / Ю. В. Шувалов, М. В. Паршина, Е. П. Зуев, А. П. Веселов. –

Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 3. – С. 314–321.

160. Яковлев, В. Л. Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров / В. Л. Яковлев. – Книга 2 изд. – Москва : Наука, 1989. – 240 с. – Текст : непосредственный.

161. Яковлев, В. Л. Новые подходы к определению границ карьеров и режимов горных работ / В. Л. Яковлев, М. Г. Саканцев. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2000. – № 3. – С. 48–52.

162. Selyukov, A. Justification of the relationship of production capacity and the parameters of the blocks at surface mining of existing Kuzbass quarry fields / A. Selyukov, A. Gerasimov, K. Byrdin // E3S Web of Conferences : 4, Kemerovo, 14–16 октября 2019 года. – Kemerovo, 2019. – P. 01047.

163. Selyukov, A. V. The Results of Mining and Geometric Analysis in Open Pit Mining of Promising Kuzbass Coal Deposits with Block System / A. V. Selyukov, A. Gerasimov, V. Grishin // E3S Web of Conferences : 5, Kemerovo, 19–21 октября 2020 года. – Kemerovo, 2020. – P. 01020.

ПРИЛОЖЕНИЕ А



ООО «ПРОМЭКС»
Юр. адрес: 650021, г. Кемерово, ул. Невьянская, 8
г. Кемерово, пр. Молодежный 9
654007, г. Новокузнецк, пр-т Ермакова, 9А,
БЦ «СИТИ», офис 240
650022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, 35А
БЦ «Сириус», офис 53
Почт. адрес: 650021, г. Кемерово, ул. Невьянская, 8
Тел.: 8(3842) 57-02-05, Тел./факс: 57-00-62, 90-00-12
Эл. Почта: office@promex.su Сайт: www.promex.su
ИНН/КПП 4205254853/420501001

Акт

Использования рекомендаций по обоснованию параметров
блокового способа отработки участка открытых горных работ
филиала АО «УК «Кузбассразрезуголь» «Краснобродский угольный разрез»
Герасимова Андроя Викторовича

Настоящим актом подтверждается, что ООО «ПРОМЭКС» при разработке перспективных планов развития горных работ с учетом детализации основных технических решений по порядку отработки, схеме вскрытия, компоновке отвалов и отстройке стационарных бортов при выполнении проектной документации «Строительство участка Краснобродский Глубокий Краснобродского каменноугольного месторождения в границах лицензии на право пользование недрами КЕМ 01800 ТЭ ООО «Горнорудная компания Урала» с доработкой запасов в границах лицензии КЕМ 11669 ТЭ Краснобродского поля филиала АО «УК «Кузбассразрезуголь» «Краснобродский угольный разрез». Первая очередь» использованы материалы научных исследований диссертационной работы аспиранта кафедры ОГР КузГТУ Герасимова А.В. «Обоснование параметров блокового способа открытой угледобычи с применением автотранспортной технологии».

В проекте использованы разработанные в диссертации:

- методологический подход к выбору и обоснованию способа разработки карьерного поля, обеспечивающий безопасность и эффективность ведения горных работ;
- подход к обоснованию главных параметров блоков, установленных на стадии горно-геометрического анализа месторождения, позволяющий максимально использовать выработанное пространство под внутренний отвал;
- инструменты, обеспечивающие снижение негативного воздействия на окружающую среду прогнозируя экологические платежи горного предприятия за пользование земельными ресурсами

На основе рекомендаций диссертационной работы Герасимова А.В. обоснованы: блоковый способ отработки карьерного поля; календарный график отработки первоначального блока; календарный график формирования внутреннего отвала; взаимосвязана последующая отработка карьерного с вместимостью внутреннего отвала.

В соответствии с принятым способом отработки определены затраты на его реализацию, включая изъятие земель под внешний отвал на первоначальном этапе.

Проектные расчеты показали, что предлагаемый в диссертационной работе обоснованные параметры блокового способа разработки карьерного поля с применением автомобильного транспорта обеспечивает снижение изъятия земель под внешний отвал на 30%.

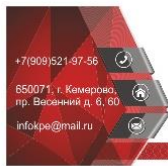
Экономический эффект от применения предлагаемого способа отработки, в том числе снижения количества изымаемых земель под внешний отвал, составил более 8.5 млн. руб. в ценах 2023 г.

Генеральный директор



Грибков М.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «КУЗБАССПРОМЭКСПЕРТ»

АКТ

использования рекомендаций по обоснованию главных параметров
блокового способа открытой разработки угольных месторождений,
сформулированных в диссертационной работе Герасимова А. В.

Настоящим актом подтверждается, что при разработке проектной документации на строительство объектов открытых горных работ, технических проектов отработки месторождений полезных ископаемых, технико-экономических обоснований и предложений могут быть использованы научно-практические рекомендации, разработанные аспирантом кафедры ОГР КузГТУ Герасимова А. В. в своей диссертационной работе.

В проектах использованы разработанные в диссертации:

- методологический подход к горно-геометрическому моделированию блокового способа открытой разработки свиты угольных пластов наклонного и крутого падения;
- обоснование главных параметров блоков, взаимоувязанных с вместимостью внутреннего отвала и дальностью транспортирования вскрышных пород при разработке первоначального и последующих блоков;
- выбор основных эколого-экономических показателей предлагаемых технологических решений отработки карьерного поля.

На основе предлагаемых рекомендаций обоснован порядок отработки угольного месторождения с применением блокового способа, включая технологическое и технико-экономическое обоснование главных параметров блоков, позволяющую проектировать календарный план производства работ на основе предварительно рассчитанных параметров первоначального блока. Обоснован методологический подход к снижению негативного воздействия на окружающую среду, включающий в себя снижение затрат на изъятие земельных ресурсов для размещения внешних отвалов на 30%, и, как следствие, снижение выбросов при отвалообразовании и работе оборудования на более чем 22,5%.

Положительный экономический эффект от применения обоснованных главных параметров блоков составит в ценах 2023г, более 11 млн. рублей - при пылении и выбросах с использованием автотранспортной технологии на перевозке вскрышной породы.

Генеральный директор



А.С. Киселева

ПРИЛОЖЕНИЕ В

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2800752**Способ открытой разработки месторождений полезных
ископаемых**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева" (КузГТУ) (RU)*

Авторы: *Герасимов Андрей Викторович (RU), Селюков
Алексей Владимирович (RU)*

Заявка № **2022134490**Приоритет изобретения **27 декабря 2022 г.**

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации **27 июля 2023 г.**

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает **27 декабря 2042 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 429b6a0fe3653164ba796f83b73b4aa7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.05.2023 по 02.08.2024

Ю.С. Зубов