

На правах рукописи



Терентьев Данил Дмитриевич

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ
СООРУЖЕНИЯ КАРЬЕРА ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ
С РАБОЧЕЙ ЗОНОЙ В ФОРМЕ ПАНЕЛИ**

Специальность 2.8.8. «Геотехнология, горные машины»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Кемерово – 2026

Работа выполнена на кафедре «Открытые горные работы» ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

Научный руководитель:

Селюков Алексей Владимирович

доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Открытые горные работы» ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

Официальные оппоненты:

Глебов Андрей Валерьевич

доктор технических наук, заместитель директора по научным вопросам ФГБУН «Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук»

Фомин Сергей Игоревич

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Разработка месторождений открытым способом» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

Ведущая организация:

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

Защита диссертации состоится «30» сентября 2026 г. в 13-00 ч. на заседании диссертационного совета 24.2.364.03, при ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.23, зал диссертационных советов (кабинет 4-73)

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке и на сайте Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе (МГРИ) по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23, <http://mgri.ru/>

Автореферат разослан «10» июля 2026г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



И.Н. Салахов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В условиях рыночной экономики, горнодобывающие предприятия с открытым способом добычи угля в Кузнецком бассейне стремятся сохранять баланс между производством и воздействием на окружающую среду. Особенно важен такой подход при вводе в эксплуатацию новых предприятий на перспективных участках наклонных и крутопадающих месторождений: Алардинский, Караканский; Корчаковский; Чернокалатанский; Кондомский и многих других. Перед началом эксплуатации карьерного поля закладывается выбор главных технологических решений, определяющих систему и технологию разработки, их элементы и параметры. Основным технологическим направлением в Кузбассе остается транспортное перемещение вскрыши на внешние отвалы, что не создает условия для максимального размещения вскрыши в выработанном пространстве карьерного поля. Все это влечет за собой ухудшение экологической обстановки и росту потребления ресурсов при открытой угледобыче.

Из научно-практической деятельности исходят решения, сокращающие вышеуказанные недостатки и связанные с частичным перемещением вскрыши из забоя во внутренний отвал автомобильным карьерным транспортом. В таком случае, начальным периодом эксплуатации предприятия является строительство карьера первой очереди. При этом грузотранспортная связь осуществляется созданием системы скользящей трассы, что не обеспечивает минимизацию объемов вскрышных пород вывозимых на внешний отвал и постоянство параметров рабочей зоны, что в последствие не позволяет обеспечивать возможности создания рабочей зоны карьера первой очереди, как постоянного элемента и рекультивировать нарушенные земли вслед за подвиганием фронта работ.

Устранение главных недостатков открытого способа угледобычи на вновь вводимых в эксплуатацию разрезах предлагается за счет единого формирования рабочей зоны и схемы вскрытия, и выраженного при строительстве карьера первой очереди в виде постоянного элемента - панели. При этом обеспечивается производство вскрышных работ по ресурсоберегающей бестранспортной технологии и рекультивации вслед за подвиганием фронта горных работ, что подчеркивает актуальность темы исследования.

Степень разработанности темы. Изучение вопроса сооружения карьера первой очереди для угольных залежей представлено в трудах ученых нашей страны: Томакова П.И.; Коваленко В.С.; Таланина В.В.; Корякина А.И.; Ненашева А.С.; Штейнцайга Р.М. и др. В частности, предложен вариант сооружения карьера первой очереди имеющим значительно меньшую глубину, чем конечная глубина разработки. Это позволяет обеспечить более ранний переход на внутреннее отвалообразование, что является одним из основных преимуществ данного технологического

решения. Ученые - д.т.н. Коваленко В.С., к.т.н. Таланин В.В., к.т.н. Штейнцайг Р.М. предлагают поэтапную разработку залежи с интенсивным развитием горных работ по простиранию пластов и сравнительно небольшими темпами углубки карьера. Такой порядок развития горных работ с использованием транспортной технологии перевозки вскрыши создает условия для размещения значительного объема разрабатываемых вскрышных пород в выработанном пространстве.

В источниках научно-технической информации в детальном виде отсутствуют рекомендации по формированию единого элемента рабочей зоны и схемы вскрытия, предусматривающие сокращение использования ресурсов за счет бестранспортного способа перевалки вскрыши и равно долевое отношение изъятия и возврата земельных ресурсов, что подчеркивает актуальность состояния изучаемого вопроса.

Целью работы является разработка и обоснование критериев оценки сооружения карьера первой очереди с рабочей зоной в форме панели, повышающее объемы бестранспортной вскрыши и площади рекультивируемых земель.

Объектом исследования является сооружение карьера первой очереди при освоении перспективных участков наклонных и крутопадающих месторождений.

Предметом исследования является рабочая зона и схема вскрытия карьера первой очереди, сформированные при углублении и отгоне рабочего борта в виде постоянного и единого конструктивного элемента - панели.

Идея работы заключается в учете строения панели и выемки, закладки выработанного пространства породугольных заходок обратной гидравлической лопатой и последующей перевалкой вскрыши во внутренний отвал драглайном.

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

- оценить схему вскрытия в зависимости от конструкции рабочей зоны карьера первой очереди;
- обосновать и оценить строение панели в зависимости от параметров основных технологических процессов открытых горных работ;
- оценить параметры панелей, определить глубину сооружения карьера первой очереди по критериям ресурсопотребления и установить эффективность предлагаемого технологического решения.

Методы исследований. В работе использован комплекс взаимодополняемых методов, включающий: системный анализ данных научно-технической литературы; метод экспертных оценок ELECTRE II; графоаналитическое моделирование параметров элементов рабочей зоны и схемы вскрытия карьера первой очереди; натурных наблюдений в производственных условиях за работой драглайна; статистические вычисления и факторный анализ; технико-экономических расчетов.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

- линейная зависимость от глубины сооружения карьера первой очереди показателей годового грузооборота, пропускной способности и землеемкости, определяется схемой вскрытия по вывозке угля через транспортную берму центрального фланга и наклонному съезду в безугольной части панели;

- критерии строения панели определяют следующие их виды: 1. односоставные, для выемки рыхлых отложений при максимальном использовании рабочих параметров драглайна; 2. многосоставные для угленасыщенной зоны, с группировкой по критерию сближения частей «пласт-междупластье-пласт», линейно зависящим от зоны дробления и объединённый с радиусами черпания и разгрузки обратной гидравлической лопаты при ее работе с нижним черпанием полиномом второй степени;

- при переэкскавации драглайном вскрышных пород в панелях линейная корреляция мощности слоев разубоживания при управляемом копании составит $0,4 \div 0,46$ м и в зоне регулируемого черпания $0,36 \div 0,34$ м, что в целом определяется общей длиной формирования призмы волочения.

Научная новизна работы заключается в:

- установлении качественной и количественной зависимости показателей схемы вскрытия от глубины сооружения карьера первой очереди и параметров существующего модельного ряда карьерных углевозов;

- разработке критерия строения панелей для выемки рыхлых отложений, скальных пород и его подуровней отнесенных к основным технологическим процессам открытых горных работ, впервые комплексно учитывающих, в единой взаимосвязи расположение пластов и междупластий в свите совместно с радиусами дробления, рабочими параметрами обратной гидравлической лопаты при выемке и закладке выработанного пространства породугольной заходки нижнем черпанием; созданием транспортных условий разворота углевоза на уровне стояния добычного экскаватора;

- статистической оценке мощности слоев разубоживания при нижнем черпании драглайна в режимах управляемого и неуправляемого копания.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов рекомендаций, сформулированных в работе, подтверждается: надежностью и представительным объемом исходных данных; применением современных методов исследований, графическим и аналитическим методами расчета с использованием систем автоматизированного проектирования; соответствием полученных научно-практических результатов и патентной защитой разработанных технологических решений.

Научное значение работы состоит в выделении критериев строения сложноструктурной угольной залежи при сооружении карьера первой очереди, установлении аналитических выражений взаимосвязей параметров панелей и выявлении их закономерностей.

Практическая ценность работы состоит в том, что ее результаты позволяют обоснованно выбирать: постоянство вскрышных и добычных работ в рабочей зоне карьерного поля, подвигание фронта работ в панели;

вскрытие рабочих горизонтов и определять эффективность технологических решений.

Личный вклад автора заключается: в постановке целей и задач исследований; в обосновании параметров и технологии разработки панелей, взаимоувязанных со схемой вскрытия; в разработке конструкции рабочей зоны с использованием совместной бестранспортной перевалки породы в выработанное пространство породугольной заходки добычным экскаватором типа ЭГО, так и последующей переэкскавации во внутренний отвал вскрышным, типа ЭШ; в оценке эффективности применения внутреннего отвалообразования и рекультивации нарушенных земель при обработке свиты наклонных и крутопадающих угольных пластов.

Реализация результатов работы. Основные научно-практические положения диссертации: одобрены к внедрению при проектировании разработки угольных месторождений открытым способом; в учебном процессе по дисциплине: «Ресурсосберегающие технологии» по специальности 21.05.04 – Горное дело, специализации «Открытые горные работы» КузГТУ. Эффективность разработанных технологических решений подтверждается соответствующим актом внедрения с достигнутым экономическим эффектом.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и получили одобрение на научно-практических конференциях: XIV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Россия молодая» (2022, Кемерово); XV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Россия молодая» (2023, Кемерово); XVI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Россия молодая» (2024, Кемерово); XVII Международной научной конференции «Инновации в технологиях и образовании» (2024, Белово); XIII Международной научно-практической конференции «Современные тенденции и инновации в науке и производстве» (2024, Междуреченск); IX Международной научно-практической конференции «Перспективы инновационного развития угольных регионов России» (2024, Прокопьевск); на Международной научно-практической конференции «Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов» (2024, Новокузнецк); XX Международной научно-практической конференции Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2024 (Кемерово, 2024).; на XIII Инновационном конвенте (Кемерово, 2025).

Публикации. По теме диссертации опубликовано всего 16 работ, в том числе 3 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и 12 в прочих изданиях, получен 1 патент РФ.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и трех приложений, изложена на 185 страницах машинописного текста, содержащих 45 рисунков, 25 таблиц, список литературы из 175 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертационного исследования, характеризуется степень ее разработанности, определена цель и взаимосвязанные задачи для ее достижения, сформулирована научная новизна работы и личный вклад автора, описана теоретическая и практическая значимость.

В первой главе рассмотрены горно-геологические условия открытой разработки свиты угольных пластов наклонного и крутого падения, включающие аналитическое описание с позиции объекта исследования, таких перспективных участков Кузнецкого бассейна, как Алардинский, Михайловский, Урегольский, Чернокалтанский и др. Приведены технологические решения при сооружении карьера первой очереди. Отражены способы перемещения горной массы, и проанализированы сведения о технологии разработке угленасыщенных зон и схем вскрытия карьерных полей Кузбасса.

Вопросы создания теории этапного изменения параметров и показателей карьеров, а также развития параметров элементов систем открытой разработки рассматривались в трудах Шешко Е.Ф., Ржевского В. В., Трубецкого К. Н., Арсентьева А.А., Васильева Е.И., Гавришева С.Е., Глебова А.В., Томакова П.И., Коваленко В. С., Косолапова А.И., Дриженко А.Ю., Истомина В.В., Корякина А.И., Ермолаева В.А., Михальченко В.В., Прокопенко С.А., Пронозы В.Г., Тальгамер Б.Л., Цепилова И.И., Колесникова В. Ф., Ческидова В.И., Ненашева А.С., Холоднякова Г.А., Фомина С.И., Лель Ю.И., Таланина В.В., Доможирова Д.В., Пыталева И.А., Селюкова А.В. и многих других.

Вопрос применения бестранспортного способа перемещения вскрыши из забоя в отвал с использованием шагающих экскаваторов типа «драглайн» рассмотрен в публикациях Анпилогова Н.К., Вагоровского В.С., Васильева Е.И., Воронкова В.Ф., Габриэляна С.С., Гвоздковой Т.Н., Гриднева В.А., Груздева А.В., Дудинского Ф.В., Заровняева Б.Н., Кортелева О.Б., Калинина А.В., Кузьменко А.Х., Мельникова Н.Н., Мордуховича И.Л., Новожилова М.Г., Проноза В.Г., Ржевского В.В., Сайтова В.И., Селюкова А.В., Ческидова В.И., Фомина С.И., Щадова М.И. и многих других.

Сдерживающим фактором в обосновании параметров элементов системы разработки при строительстве карьера первой очереди является отсутствие научно-технических и научно-методических наработок, направленных на обоснование: конструкции панели, как постоянного элемента развития рабочей зоны и вскрытия карьерного поля; комплексных критериев соотношения строения панели и параметров основных технологических процессов открытых горных работ; закладки выработанного пространства отработанных породугольных заходов добычным экскаватором типа «обратная гидравлическая лопата»; бестранспортной перевалки отработанного породугольного массива панели экскаватором типа «драглайн».

Во второй главе сформированы требования и разработана конструкция единого формирования рабочей зоны карьера первой очереди и схемы вскрытия, разработана графоаналитическая модель панели, произведена оценка вскрытия.

Общий основополагающий принцип предлагаемого технологического решения (патент на изобретение 2830622 РФ) проиллюстрирован в виде графической схемы с обозначением расчетных параметров разработки карьера первой очереди панелями (Рисунок 1).

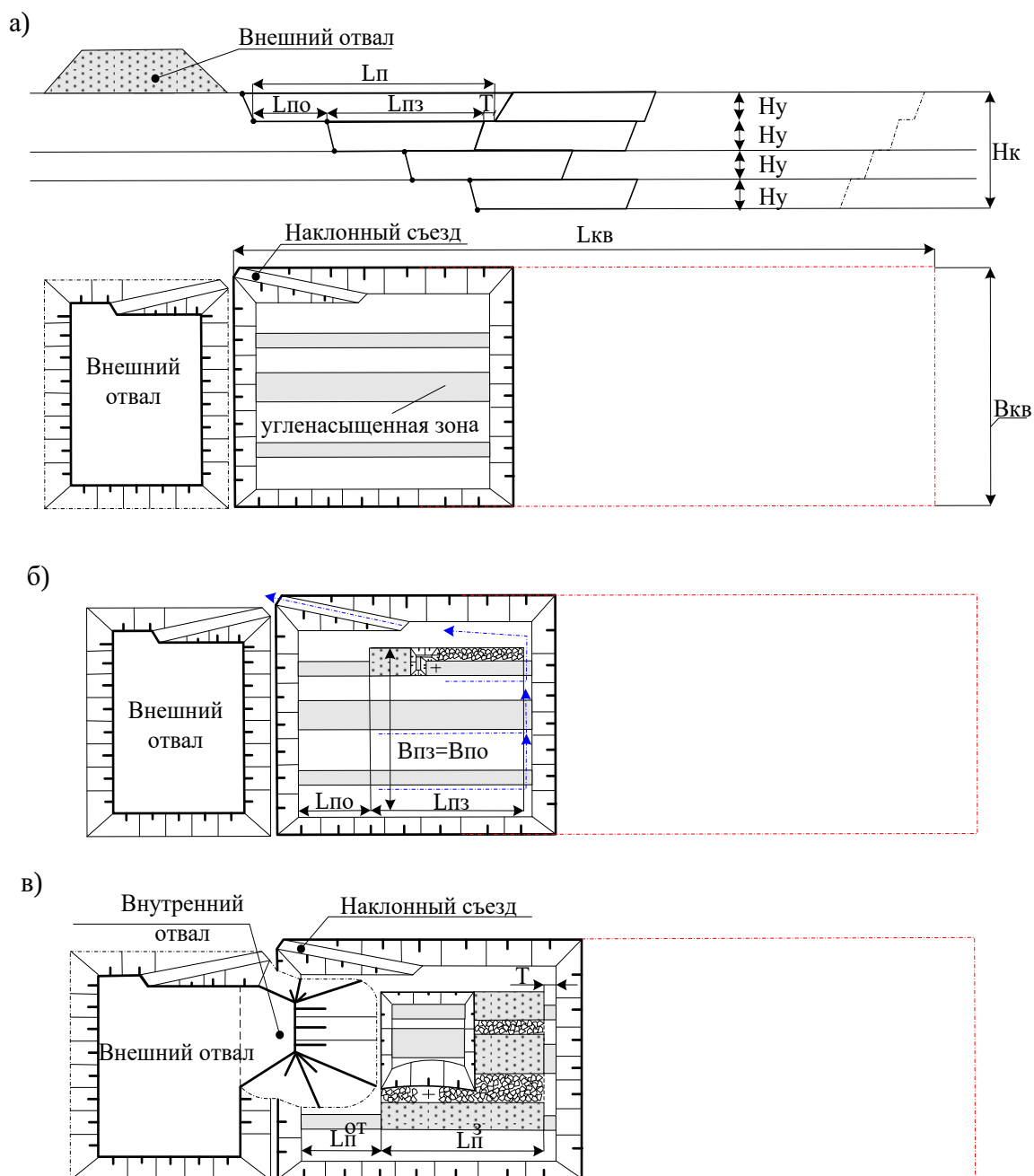


Рисунок 1 – Общий вид строительства карьера первой очереди и схемы вскрытия

В целях обеспечения постоянства производства горных работ в карьере первой очереди основным элементом рабочей зоны обозначена панель, длиной L_p , суммарно состоящая из двух величин: забойной $L_{пз}$ и отвальной $L_{по}$ (Рисунок 1а). К длине панели на каждом рабочем горизонте, как при углублении, так и при отгоне борта прибавляется ширина транспортной бермы - T обеспечивающей перемещение углевоза, а для связки этапов на фланге панели со стороны висячего бока залежи в безугольной зоне нарезается наклонный съезд (длиной L_c) по которому также перемещается углевоз. Ширина панели в забойной части $V_{пз}$ равна ширине на отвальной части $V_{по}$ (Рисунок 1б). Общий путь автосамосвала занятого на перевозке угля от места погрузки к месту складирования показан, синей штрихпунктирной линией со стрелкой. Разработка панели осуществляется следующим образом. Первоначально вынимаются экскаватором типа «обратная гидравлическая лопата» (ЭГО) породугольные заходки с закладкой выработанного пространства панели, а затем вскрышная порода междупластьев, фланги заходки и совместно с заложенным выработанным пространством панели перемещается по бестранспортной технологии во внутренний отвал драглайном (ЭШ) (Рисунок 1в). Разбиение карьерного поля в профиле и плане на панели по рыхлым отложениям и скальным породам, каждая из которых при увеличении размеров рабочей зоны до конечной глубины карьерного поля H_k , ограничена высотой уступа H_y , принимаемой по максимальной глубине черпания рассматриваемых моделей экскаваторов типа «ЭГО». Вскрышные породы первых панелей (рыхлые отложения и первый углесодержащий рабочий горизонт) складывают во внешний отвал, а последующие во внутренний бестранспортный отвал.

Проверка сформулированных организационно-технических условий строительства карьера первой очереди, производится способом экспертных оценок ELECTRE II, с объединением критериев в следующие группы: схема вскрытия, технологические процессы и воздействие на окружающую среду.

Длина наклонного съезда ограничиться условием

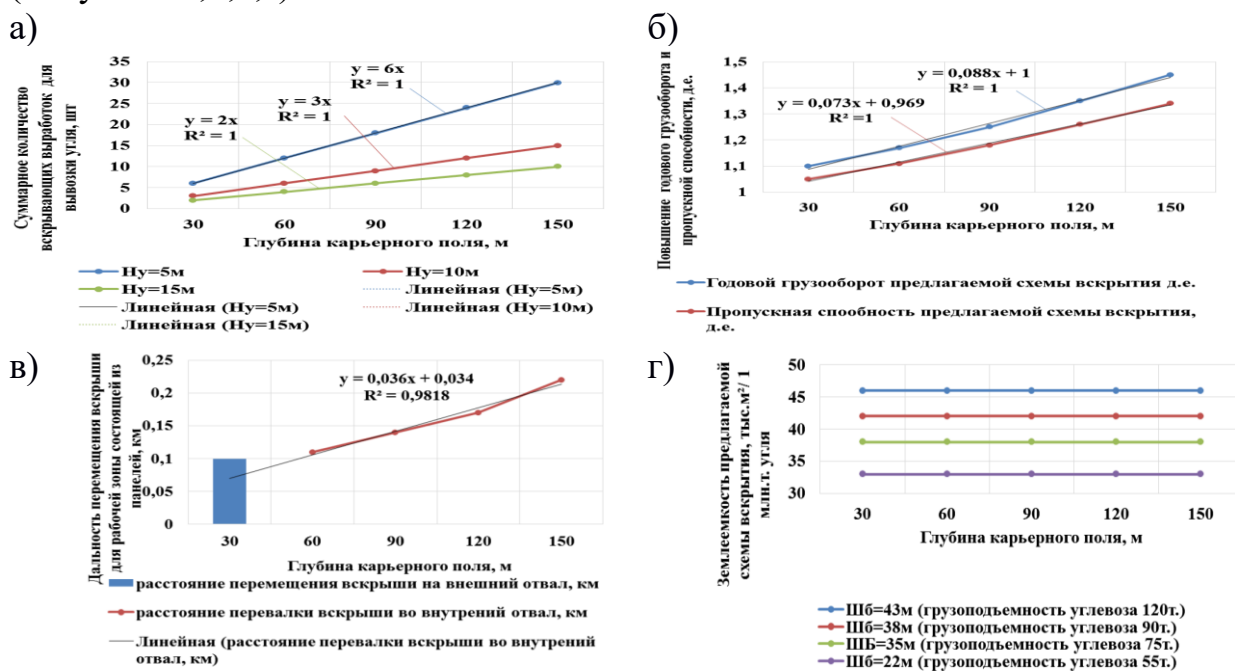
$$L_p + T \leq L_c \quad (1)$$

В свою очередь, длина наклонного съезда определится высотой уступа и руководящим уклоном

$$L_c = 1000 \frac{H_y}{i} \quad (2)$$

где i - величина максимального уклона для автомобильного транспорта, выраженная в тысячных долях (промилях). Расчет параметров схем вскрытия принимается согласно отраслевому нормативному документу СП.37.13330.2012 «Промышленный транспорт». Длина скользящего съезда при ограниченности высоты уступа в условиях производства добычных работ обратной гидравлической лопаты составляет для уклона 80‰ не более 65 м, а для уклона 100‰ не более 80 м. Ширина транспортной бермы и наклонного съезда для углевозов грузоподъемностью до 55 т не более 22 м, до 75 т. не более 28 м до 90 т. не более 35 м, до 120 т. не более 43 м. Выполним

обобщенный расчет параметров и показателей предлагаемой схемы вскрытия (Рисунок 2а,б,в,г).



зависимость суммарного количества вскрывающих выработок для вывозки угля при формировании рабочей зоны панелями (а); зависимость повышения годового грузооборота и пропускной способности предлагаемой схемы вскрытия от глубины карьерного поля (б);); зависимость дальности перемещения вскрыши для рабочей зоны состоящей из панелей на внешний и внутренний отвалы от глубины карьерного поля (в); зависимость землеемкости предлагаемой схемы вскрытия от глубины карьерного поля (г)

Рисунок 2 – Зависимости критериев и параметров схемы вскрытия карьера первой очереди

При использовании в рабочей зоне панелей, количество вскрывающих выработок, формируемых из наклонных съездов нарезаемых в безугольной зоне определяется не больше чем 30 шт., что прямо пропорционально зависит от высоты уступа принимаемой 5 м и расчетной глубинной карьера первой очереди до 150 м (Рисунок 2а). При отработке одного рабочего уступа схема вскрытия предназначенного для вывозки угля в своем конструктиве достаточная простая с точки зрения трассировки и расположения вскрывающих выработок, что оказывает положительное влияние на линейную зависимость роста с глубиной карьерного поля годового грузооборота с 11 до 46 % и пропускной способности с 5 до 34 % (Рисунок 2б). При выемке первых панелей по рыхлым отложениям и первых углесодержащих рабочих горизонтов породу необходимо располагать на внешнем отвале, так как возникает необходимость создания условий для размещения вскрыши в выработанном пространстве. На данном этапе исследования в расчет закладывается длина панели равной длине наклонного съезда, тогда до глубины карьерного поля в 30 м необходимо перемещать породу на внешний отвал, уже далее на внутренний отвал со средневзвешенной дальностью перевалки породы не более 210 м (Рисунок

2в). Влияние на землеемкость горнодобывающего производства вида вскрывающих выработок выражено через отношение площади занимаемой выработкой (m^2) к добыче угля в 1млн.т в этом же карьерном поле. В зависимости от грузоподъёмности карьерных автосамосвалов применяемых на разрезах Кузбасса по вывозке угля из забоев $55 \div 120$ т. с соответствующей шириной транспортных берм и съездов (Шб) $22 \div 43$ м при углублении рабочей зоны карьера первой очереди до 150 м прирост площадных размеров карьерного поля по поверхности остается не низменным. Вторым фактором, влияющим на постоянство землеемкости, при формировании рабочей зоны в виде панели, является включение в конструкцию панели наклонного съезда, т.е. при наращивании бортов карьера не наблюдается дополнительного прироста площадей (Рисунок 2г).

Полученные в ходе исследования выводы позволяют сформулировать первое научное положение.

В третьей главе обосновано и оценено строение панели в зависимости от параметров основных технологических процессов открытых горных работ, произведена оценка взаимосвязи перевалочных работ драглайна и засорения породугольных заходов.

Предлагается выделять два типа панелей: по рыхлым отложениям (Про) и скальным породам (Пскп). По рыхлым отложениям, по своей сути Про полностью состоит из одной части от левого фланга до правого, а в угленасыщенной зоне Пскп состоит из разнородных частей и характеризуется чередованием угольных пластов свиты и породными междупластьями. Введем критерий разграничения между концентрацией пластов в угленасыщенной зоне, обозначим его как Мсб, измеряется в метрах. Для обобщения критерия соотношения строения панели Пскп и технологических процессов ОГР (Рисунок 3), обозначим их порядковые номера, как 1,2,3,4.

Порядковый номер технологического процесса ОГР, соответствует критериям: 1, подготовка горной массы к выемке (соотношение минимального и максимального радиусов дробления - Мсб1); 2, выемочно-погрузочные работы (врезка в породное междупластье и выемка пласта без подрезки почвы вышележащего пласта - Мсб2); 3, перемещение горной массы (создание транспортной площадки для углевоза - Мсб3); 4 складирование горной массы (радиусы черпания и разгрузки при закладке выработанного пространства панели Мсб4). При оценке взаимного положения пластов принимаем по критерию Мсб2 условие: если мощность междупластья не позволяет осуществить врезку без нарушения предъявляемых требований по критерию Мсб1, то пласты считаются сближенными; если требования удовлетворяются, то пласты считаются разнесёнными. При рассмотрении критерия Мсб3 необходимо обеспечивать, параметры: минимум 2,5 радиуса разворота углевоза; зазоры между транспортной полосой и предохранительным валом; ширину предохранительного вала.

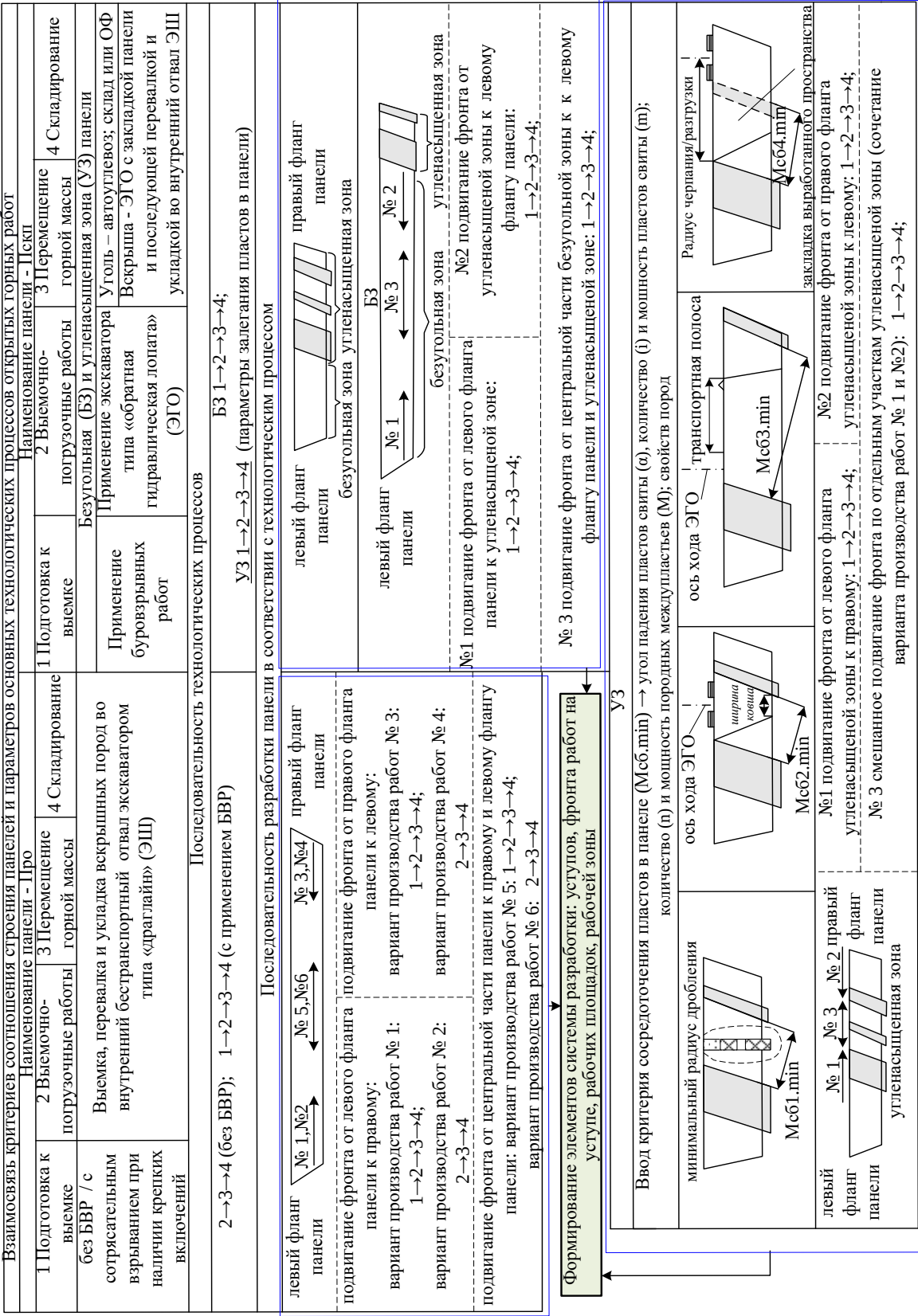


Рисунок 3 – Систематизация взаимосвязи критериев соотношения строения панелей и технологических процессов открытых горных работ

Тогда, для углевозов грузоподъемностью до 120т. такая площадка минимально будет составлять 40÷45м., в целях снижения влияния критерия Мсб3 и реализована закладка выработанного пространства панели. Из этого следует, что значимость критерия Мсб3 по отношению к горизонтальной мощности любого междупластья и по отношению к критерию Мсб4 не важна, а определяющим будет всего лишь направление подвигание фронта работ в панели.

Установлено, что при взрывании скважин диаметром 132, 214 и 230 мм (Рисунок 4), расположенном от кровли пласта на расстоянии равном радиусу дробления, нарушения угольного пласта не наблюдалось.

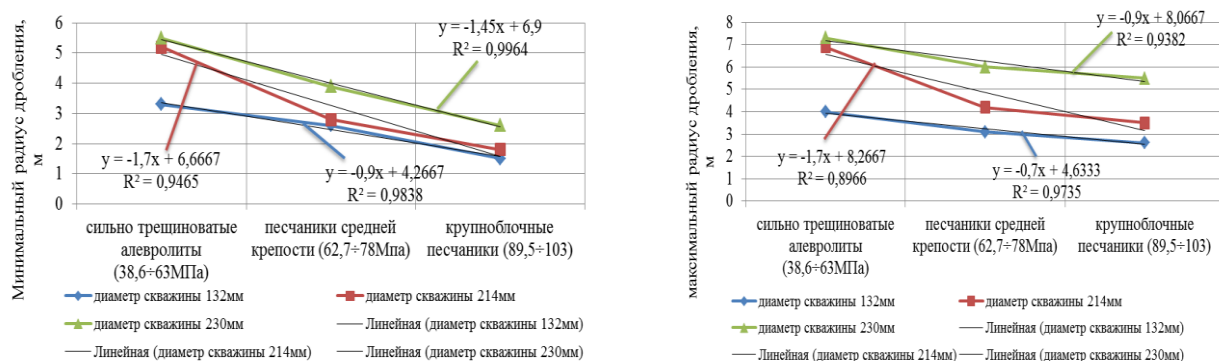


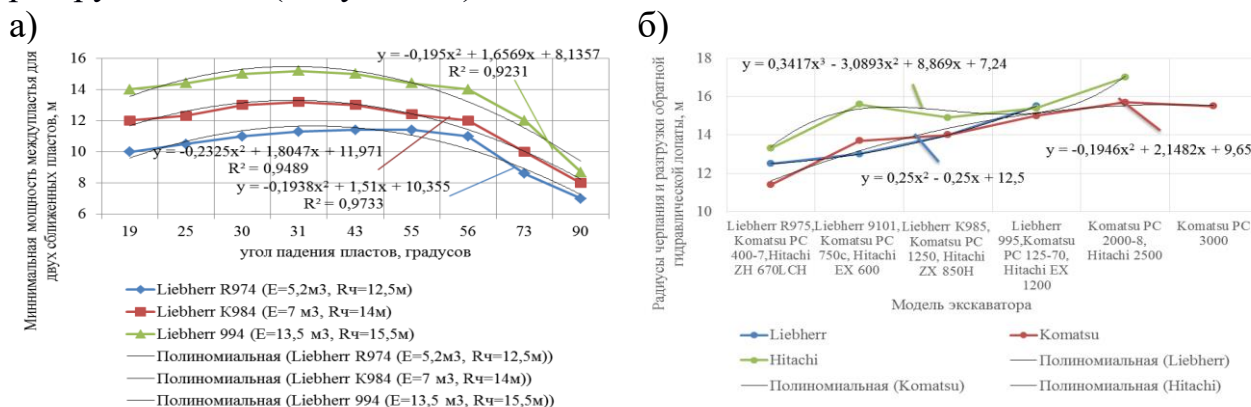
Рисунок 4 – Параметры зон дробления для пород различной крепости на контакте с угольным пластом

При этом четко формируется контакт взорванной породы с угольным пластом. В породах мелкоблочных и средней блочности при частичном наложении зоны дробления на пласт нарушений не происходит. При расположении скважин на расстоянии пласта, существенно превышающем величину радиуса дробления, нарушения пласта полностью исключаются. Однако при этом недостаточно четко оконтуривается плоскость контакта с пластом и в определенной степени затрудняется выемка породы в зоне контакта и в связи со снижением качества дробления.

Вместе с тем, в работах к.т.н. Стрельникова А.В. величина сближенности угольных пластов свиты при работе экскаватора типа «ЭГО» определяется исключительно геометрическим путем и равной 8м, что исключает в расчетах фактического учета свойств вскрышных пород междупластий.

Таким образом, в настоящей работе используется совмещенный анализ величин минимального и максимального радиусов дробления (учитывающие прочностные свойства пород междупластий) с их отнесением к линейным расстояниям между пластами, которые в свою очередь учитывают нормальную и горизонтальной мощность междупластья, изменение угла падения пластов свиты по простиранию и падению (Мсб1). Следовательно, критерий Мсб1 принят в диапазоне 1,6÷7.2м.

В целях оценки следующего критерия сближенности Мсб2 выберем в качестве примера следующие экскаваторы: Liebherr R974 ($E=5,2\text{ м}^3$, $Rч=12,5\text{ м}$); Liebherr 9100 ($E=6,7\text{ м}^3$, $Rч=13\text{ м}$); Liebherr K984 ($E=7\text{ м}^3$, $Rч=14\text{ м}$); Liebherr 994 ($E=13,5\text{ м}^3$, $Rч=15,5\text{ м}$) (Рисунок 5а). Графическая зависимость критерия Мсб4 приведена в виде анализ распределения радиусов черпания и разгрузки Мсб4 (Рисунок 5б).



зависимость минимальных значений мощности породного междупластья для двух сближенных пластов от угла падения пласта свиты по условию выемки экскаваторами Liebherr (а); зависимость радиусов черпания и разгрузки от модели обратной гидравлической лопаты (б)

Рисунок 5 – Зависимости критериев Мсб2 и Мсб4

При использовании же конкретной модели ЭГО, например Liebherr при углах падения свиты $19\div 90^\circ$ сближение пластов без подрезки пласта изменяется диапазоном $6\div 16\text{ м}$. Анализ критерия Мсб2 для экскаваторов Komatsu и Hitachi с радиусами черпания близкими к экскаватору Liebherr показывает его значение в диапазоне $7\div 16\text{ м}$. В таком случае критерий Мсб2 будет влиять только радиус черпания конкретной модели обратной гидравлической лопаты. Для рассматриваемых экскаваторов значение критерия Мсб4 в диапазоне $11,4\div 17,1\text{ м}$.

Полученные в ходе исследования выводы позволяют сформулировать второе научное положение.

В процессе производства работ по перевалке заложенного выработанного пространства совместно с породными междупластьями ЭШ находится в постоянном контакте со свитой угольных пластов, т.е. в процессе работ производит оконтуривание панелей по двум плоскостям: горизонтальной, включающей верхнюю и нижнюю площадку панели; наклонную, включающую откосы панели. При оконтуривании породугольного массива драглайном необходимо оценить объемы породугольных призм волочения (физический процесс наполнения ковша драглайна), показанные на примере драглайна ЭШ 10.70 (Рисунок 6, 7).

В зоне управляемого копания, когда ковш ЭШ 10.70 не наполнен породой диапазон мощности слоя составляет $0,4\div 0,46\text{ м}$, а уже далее

мощность снимаемого слоя становится постоянным с мощностью $0,36 \div 0,34$ м (Рисунок 7а).

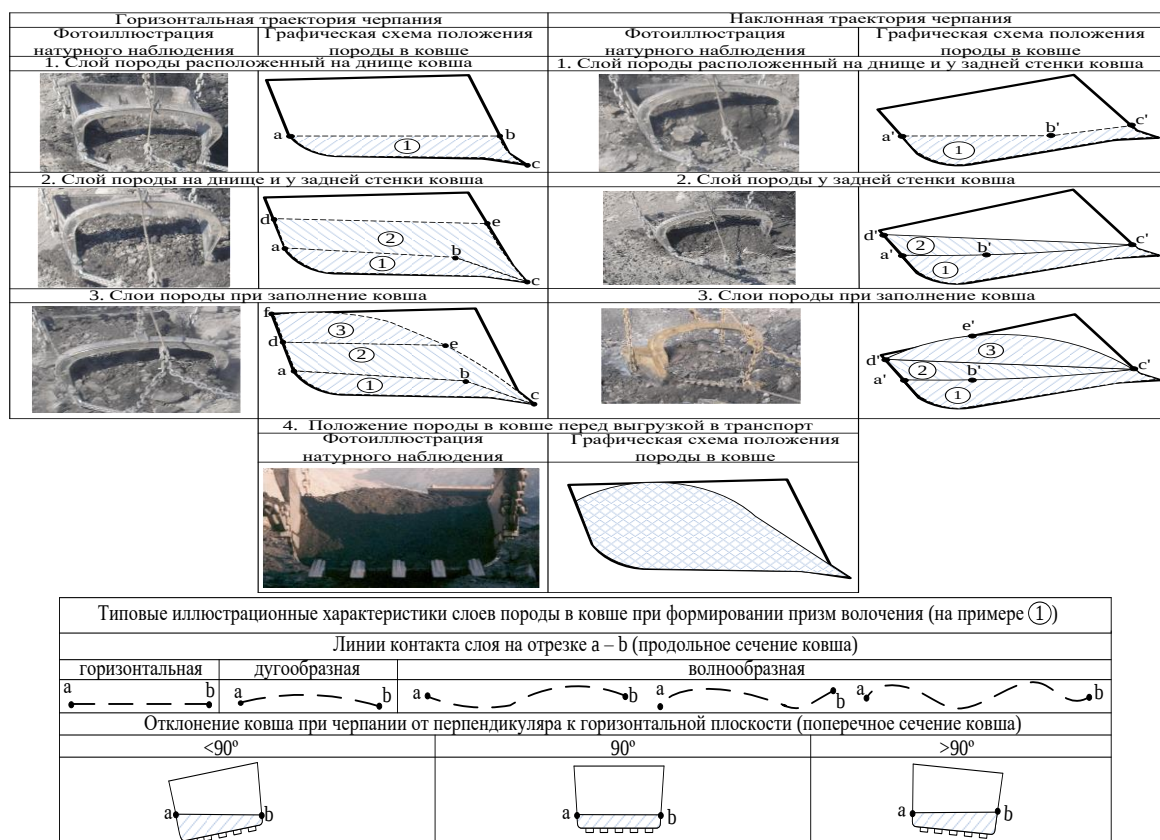
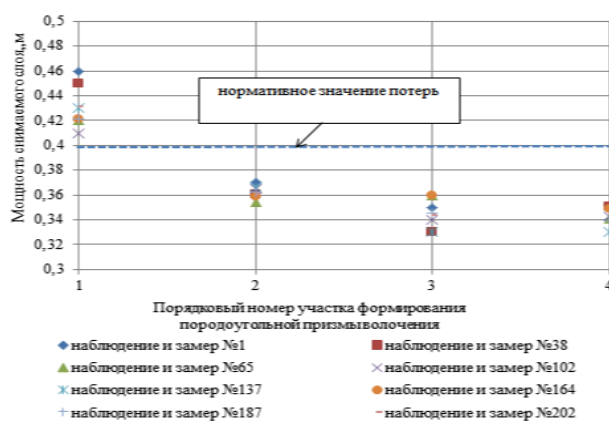
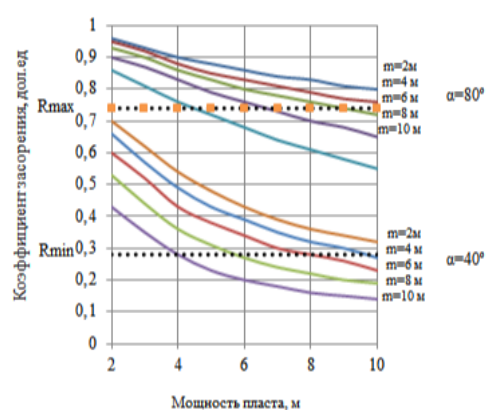


Рисунок 6 – Типовые графические изображения грунта в ковше драглайна при формировании призм волочения

а)



б)



зависимость мощности снимаемого слоя от порядкового номера участка породугольной призмы волочения (а); зависимость коэффициента засорения от мощности пласта и угла его падения (б)

Рисунок 7 – Параметры породугольных призм волочения и засорения при оконтуривании панели драглайном ЭШ 10.70

Универсальную зависимость между потерями и разубоживанием можно выразить через коэффициент засорения (Рисунок 7б), в данном

случае имеющим два диапазона минимальный (0,28) и максимальный (0,72). Тогда выбрав в качестве примера для расчета угол падения наклонного пласта 40° и крутого 80° , получим для рассматриваемых диапазонов мощности пластов от 2 до 10 м значения засорения, которые формируют общий коэффициент потерь в п-ной панели.

Полученные в ходе исследования выводы позволяют сформулировать третье научное положение.

В четвертой главе рассматривается оценка параметров панелей, глубины сооружения карьера первой очереди по критериям ресурсозатрат и эффективности технологического решения.

Параметры свиты пластов в его поперечном сечении являются основой расчета ширины панели (Рисунок 8).

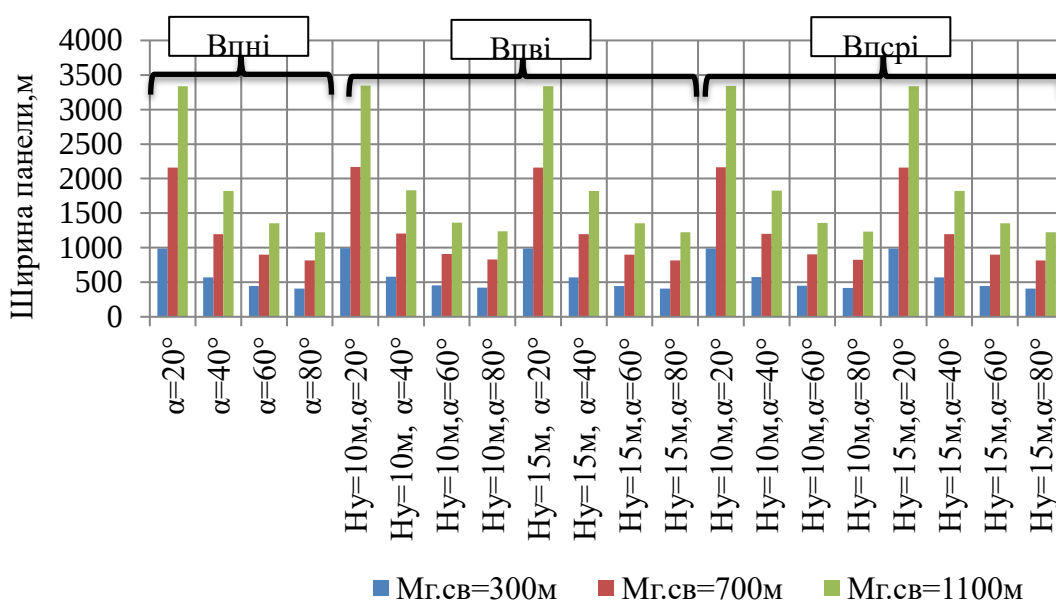


Рисунок 8 – Зависимость ширины панели по нижней площадке уступа (Впні), верхней площадке уступа (Впві), средней ширины панели (Впсрі) от высоты уступа (Ну), угла падения пластов свиты (α) и горизонтальной мощности свиты (Мг.св)

Главным образом на ширину панели с диапазоном $400 \div 3300$ м будет оказывать угол падения свиты пластов, при его увеличении с 20° до 80° ширина снижается в $2,5 \div 3$ раза, а определяющим значением ширины является горизонтальная мощность свиты.

Длина панели установится следующим образом (Рисунок 9), недропользователь задается уровнем производственной мощности, например (горизонтальной стрелкой показано) 200000 т/год, и зная сумму мощности разрабатываемых пластов (вертикальной стрелкой показано) 50 м. необходимо принимать длину панели равной 200 м., тогда получим, что в течении одного года необходимо в карьерном поле отработать не менее пяти панелей, показано наклонной стрелкой на рисунке. В этом случае выбор

развития горных работ не зависит от подвигания или отгона горных работ, из-за того, что параметры производства (панели) будут постоянными.

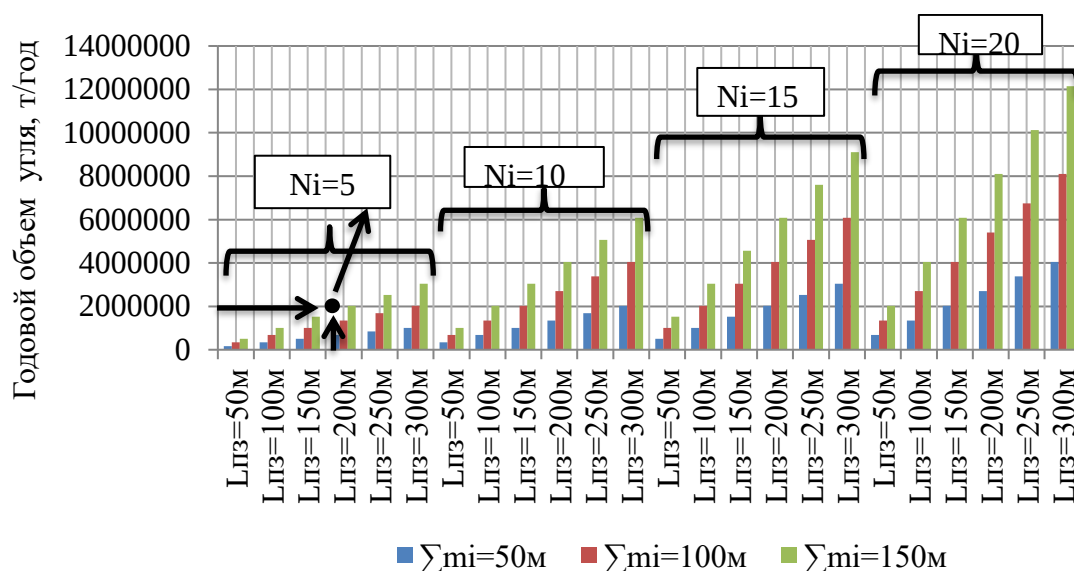


Рисунок 9 – Зависимости годовой производственной мощности от числа одновременно разрабатываемых панелей (N_i), длины панели (Лпз) и суммарной мощности угольных пластов свиты (Σm_i)

Размещение вскрышных пород во внешние отвалы требует отчуждения больших площадей земель и усиливает негативное воздействие на окружающую среду. В предлагаемом решении, как при подвигании фронта работ, так и углублении, всегда рабочая зона равна протяженности одной панели (Рисунок 10).

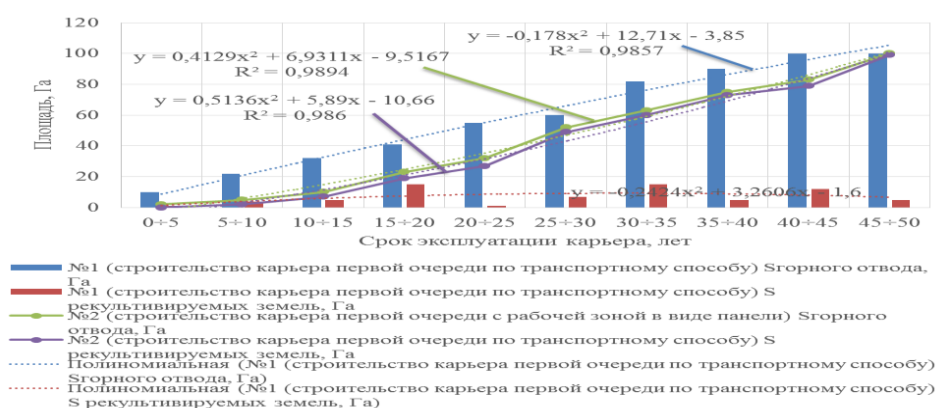
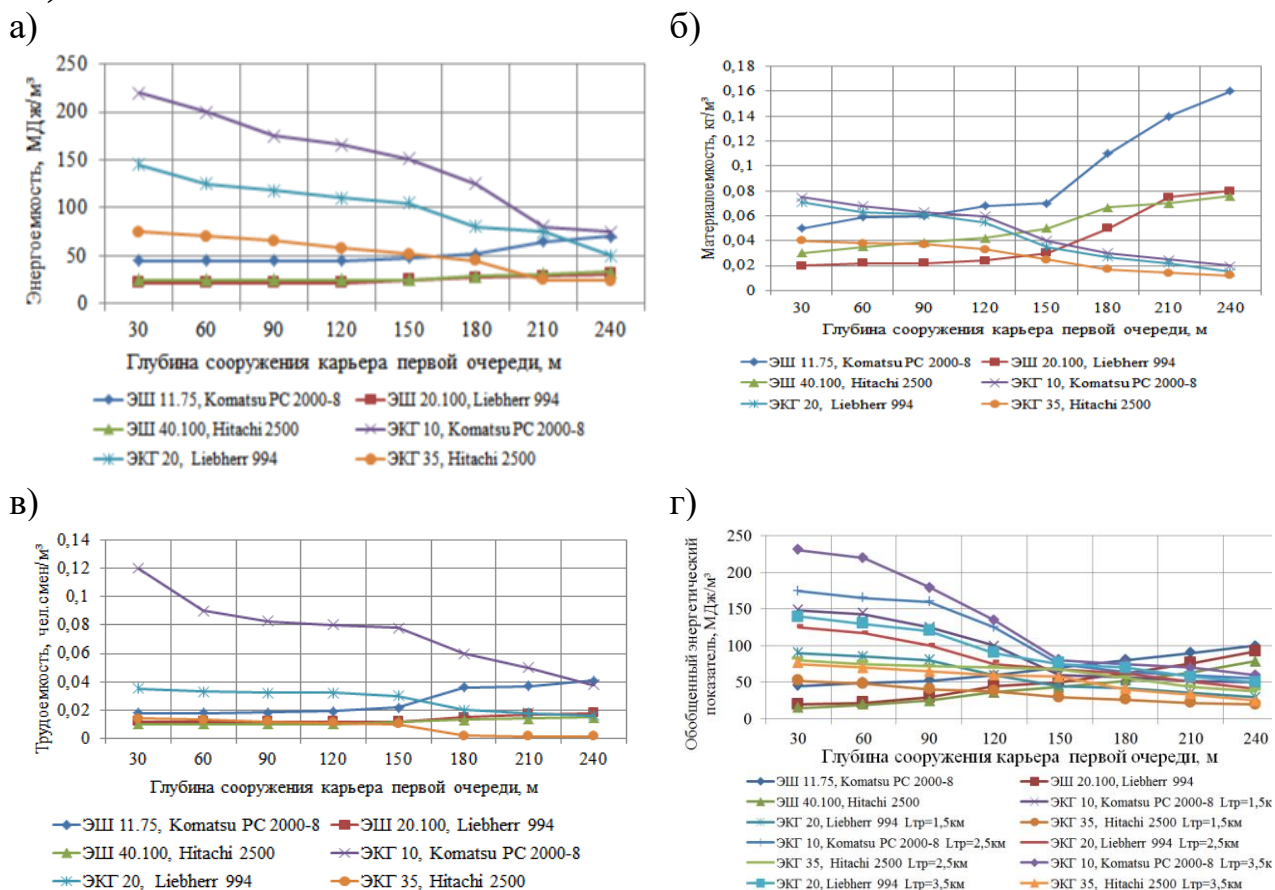


Рисунок 10 – Зависимость отношения изымаемых и рекультивируемых площадей для разновидностей систем разработки используемых при строительстве карьера первой очереди

В целом же для общепринятой оценки эффективности технологии предлагается оценить вышеприведённые положения посредством учета дисконтированного нарастающего эффекта. При эксплуатации и последующей рекультивации карьерного поля, включая строительство

первоначальной выработки под внутренний отвал показывает следующее изменение нарастающего дисконтированного дохода: для транспортного способа от минус 620 до 1910 млн.р, для рабочей зоны состоящей из панелей от -600 до 3370 млн.руб.

Для обоснования параметров бестранспортной или транспортной технологий перемещения вскрышной породы необходимо определить предельную высоту забойной стороны (глубину карьера первой очереди), которая может быть эффективно разрабатываться. За оценочный критерии приняты удельные обобщенные показатели ресурсопотребления (Рисунок 11).



зависимости энергоемкости от модели экскаваторов и глубины карьерного поля (а); зависимости материалоемкости от модели экскаваторов и глубины карьерного поля (б); зависимости трудоемкости от модели экскаваторов и глубины карьерного поля (в); зависимости обобщенного энергетического критерия от модели экскаваторов, глубины карьерного поля и дальности транспортирования вскрыши (г);

Рисунок 11– Зависимости критериев ресурсопотребления

Анализ расчетных значений ресурсозатрат (Рисунок 11) определяет, что бестранспортный способ сооружения карьера первой очереди с конструкцией рабочей зоны в виде панели для условий разработки перспективных участков угольных месторождений при выемке свит наклонных и крутопадающих пластов Кузнецкого бассейна будет эффективен до глубины горных работ 150÷180м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований, разработаны новые научно-технологические основы управления схемой вскрытия и рабочей зоны карьера первой очереди, сформированных как постоянный и единый элемент, с лидирующей ролью ресурсосберегающей бестранспортной перевалкой вскрышных пород и обеспечением равно долевых площадей изымаемых и рекультивируемых земель, что вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса в горнодобывающей промышленности Российской Федерации.

Основные выводы, научные и практические результаты работы, полученные лично автором, заключается в следующем.

1) При освоении открытым способом перспективных участков в Кузнецком угольном бассейне основным направлением остается углубочная система разработки с автотранспортным способом перемещения вскрыши на внешние отвалы, что только усугубляет экологическую обстановку. К недостаткам относится формирование схемы вскрытия скользящими съездами. При создании научных основ ресурсосбережения необходимо предусматривать складирование вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля, за счет углубочно-сплошных систем разработки, предусматривающих строительство карьера первой очереди.

2) Для оценки технологических условий строительства карьера первой очереди методом экспертных оценок схемы вскрытия, процессов ОГР, организации производства и воздействия на окружающую среду отобраны решения конструкции рабочей зоны, представленной в виде панели с обоснованием ее графо-аналитической модели. Для выемки рыхлых отложений и перевалочных работ используется драглайн, для скальных пород, производство вскрышных и добычных работ обратная гидравлическая лопата. Схема вскрытия предназначена только для вывозки угля из забоев, имеется постоянство критериев оценки вскрытия или их рост, а характер взаимосвязи параметров выражен линейными зависимостями.

3) В оценке строения панели введены критерий разграничения между концентрацией пластов в угленасыщенной зоне (Мсб), состоит из четырех подуровней относящихся к процессам ОГР: Мсб1 - подготовка горной массы к выемке – соотношение минимального и максимального радиусов дробления; Мсб2 - врезка в междупластье и выемка пласта без подрезки почвы вышележащего пласта; Мсб3 - создание транспортной площадки для углевоза; Мсб4 - радиусы черпания и разгрузки при закладке выработанного пространства панели. Оценка критерия показывает их следующие значения $Мсб1=1,6\div7,2$ м, $Мсб2=7\div16$ м, $Мсб3=40\div45$ м., $Мсб4=8\div13$ м.

4) В процессе производства работ по перевалке драглайн находится в постоянном контакте со свитой угольных пластов, в процессе работ производит оконтуривание панелей. Оценка объемов породугольных призм волочения, являющихся фактором формирования засорения, показывает, что на параметры

снимаемого слоя оказывает два наиболее характерных участка по длине формирования призмы волочения: зона управляемого копания и черпание с наполнением ковша породой. Например, для ЭШ 10.70 соответственно составляет $0,4 \div 0,46$ м и $0,36 \div 0,34$ м, что определяется единичной длиной призмы волочения от 1 до 3,6 м для пород с углом внутреннего трения $35 \div 41^\circ$. Два диапазона засорения минимальный (0,28) и максимальный (0,72), определяет для выбранных углов падения пласта 40° и 80° и мощности пластов от 2 до 10 м общий коэффициент потерь в n-ной панели $0,8 \div 0,95$.

5) При расчёте параметров организации работы оборудования разработаны типовые формы учета (таблицы), в “шапку” таблицы занесены основные характеристики и исходные данные выполнения комплекса рабочих процессов, необходимые и достаточные для расчёта параметров организации работы оборудования. При разработке участка «Уропско – Караканского», тремя панелями показан расчет организационно-технических данных. Оценка параметров и критериев строения панелей показывает следующее. Предварительное вычисление длины панели основывается на ограничении связанного с размещением скользящего съезда, длина панели (длина скользящего съезда) при принятом уклоне $80 \div 100\%$ составит $100 \div 200$ м. Главным образом на ширину панели с диапазоном $400 \div 3300$ м будет оказывать угол падения свиты пластов, при его увеличении с 20° до 80° ширина снижается в $2,5 \div 3$ раза, а определяющим значением ширины является горизонтальная мощность свиты, устанавливаемая диапазоном $50 \div 300$ м. Ограничительным параметром количества разрабатываемых панелей, является обеспечение расчетного уровня производственной мощности. При разработке одной панели и для изменения угленосности свиты от 10 до 40%, и расчетного значения длины панели на забойной стороне от 50 до 150 м., составит от 60 до 2430 т/год. Например, при расчетном значении производственной мощности 200000 т/год, и зная сумму мощности разрабатываемых пластов 50 м., необходимо принимать длину панели равной 200 м., тогда, получим, что в течение одного года необходимо в карьерном поле отработать не менее пяти панелей.

6) За весь период освоения месторождений Кузбасса было создано карьерных выемок общим объемом, по укрупненным расчетам, порядка $4 \div 5$ млрд. м³. В предлагаемом решении, рабочая зона, при подвигании фронта работ и углублении, всегда равна протяжённости одной панели. Следовательно, размещение вскрышных пород во внутренний отвал и рекультивация осуществляется в пределах одной панели. При эксплуатации и последующей рекультивации карьерного поля, показывает изменение нарастающего дисконтированного дохода от -600 до 3370 млн. руб.

7) Критериями области применения предлагаемой технологии являются показатели ресурсопотребления: энергоёмкость производства, материалоёмкость и трудоёмкость. Анализ расчетных значений ресурсозатрат определяет, что бестранспортный способ сооружения карьера первой очереди для условий разработки свит наклонных и крутопадающих пластов Кузнецкого бассейна будет эффективен до глубины горных работ $150 \div 180$ м.

Дальнейшие исследования планируется вести в следующих направлениях:

- 1) Разработка моделей строительства карьера первой очереди с использованием комбинированной транспортно-бестранспортной технологии;
- 2) Определении параметров внешнего отвалообразования с использованием элементов бестранспортного способа перевалки пород с нижних отвальных ярусов на верхние.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих научных трудах:

Издания, рекомендованные ВАК РФ

1. Селюков А.В., **Терентьев Д. Д.** Обоснование элемента ритмичности при строительстве карьера первой очереди экскаваторами типа обратная гидравлическая лопата и драглайн / Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2025. – № 1. – С. 584-599.
2. Селюков А.В., **Терентьев Д. Д.** К обоснованию режима горных работ углубочно-сплошных систем разработки с экскаваторно-отвальным вскрышным технологическим комплексом // Вестник КузГТУ. – 2025. – №2(168). – С.120-130.
3. Селюков А.В., **Терентьев Д. Д.** Обоснование высоты уступа и шага смещения обратной гидравлической лопаты при закладке выработанного пространства породугольной заходки // Вестник КузГТУ. – 2025. – №4(170). – С.91-102.

Материалы конференции, сборники научных трудов

4. **Терентьев, Д. Д.** К развитию методики нормирования потерь и разубоживания при добыче полезных ископаемых открытым способом с помощью экскаватора типа «драглайн» / Д. Д. Терентьев // Россия молодая : Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 19–21 апреля 2022 года / Редколлегия: К.С. Костиков (отв. ред.) [и др.]. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 10603.1-10603.4.
5. **Терентьев, Д. Д.** Проектирование параметров технологических схем экскаватора драглайна при углубочно-сплошных системах разработки / Д. Д. Терентьев, Д. Д. Есин // Россия молодая : Сборник материалов XVI всеросс., науч.-практ. конф. молодых ученых с международным участием, Кемерово, 16–19 апреля 2024 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2024. – С. 10710.1-10710.8.
6. **Терентьев, Д. Д.** Параметры призм волочения при выемке горной массы драглайнами / Д. Д. Терентьев // Инновации в технологиях и

образовании: Сборник статей XVII Международной научной конференции, Белово, 19 апреля 2024 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2024. – С. 141-144.

7. **Терентьев, Д. Д.** Сравнительная оценка эксплуатационных потерь при разработке сложноструктурных залежей гидравлическим экскаваторами / Д. Д. Терентьев // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: Материалы XIII международной научно-технической конференции, Междуреченск, 24 апреля 2024 года. – Междуреченск: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2024. – С. 1.27-1–1.27-6.

8. **Терентьев, Д. Д.** Анализ производственного опыта выемочно-погрузочных работ с применением драглайнов / Д. Д. Терентьев // Перспективы инновационного развития угольных регионов России : Сборник трудов IX Международной научно-практической конференции, Прокопьевск, 25–26 апреля 2024 года. – Прокопьевск: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2024. – С. 115-118.

9. **Терентьев Д. Д.** Определение параметров уступа при работе обратных гидравлических лопат для условий углубочно-сплошной системы открытой разработки // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2024. – №10. – С. 56-65.

10. **Терентьев, Д. Д.** О соотношении пропорциональности и технологии внешнего, внутреннего отвалообразования на разрезах и степени экологизации горного производства / Д. Д. Терентьев, А. Ф. Латфуллина // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. СИБРЕСУРС 2024: Сборник материалов XX Международной научно-практической конференции, Кемерово, 19–21 ноября 2024 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2025. – С. 113.1-113.6.

11. **Терентьев, Д. Д.** Углубочно-сплошная рабочая зона карьерных полей угольных разрезов как инструмент ресурсо- и экологосбережения / Д. Д. Терентьев, Е. И. Берешова // Материалы VIII Международного молодежного экологического форума : Материалы форума, Кемерово, 13–14 ноября 2024 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2025. – С. 420.1-420.4.

12. **Терентьев, Д. Д.** Техничко-экономическая оценка углубочно-сплошной системы открытой разработки свиты угольных пластов / Д. Д. Терентьев, Е. И. Берешова // Экология и безопасность жизнедеятельности : сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции студентов и школьников, Кемерово, 20 ноября 2024 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2025. – С. 413.1-413.5.

13. **Терентьев, Д. Д.** Обоснование концентрации угольных пластов в панели при строительстве карьера первой очереди / Д. Д. Терентьев // XIII Инновационный конвент "Кузбасс: образование, наука, инновации",

посвященный 80-й годовщине победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 годов : Сборник тезисов докладов. В 2-х частях, Кемерово, 14 февраля 2025 года. Часть 1. Секции 3-11. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2025. – С. 55-59.

14. **Терентьев, Д. Д.** Оценка параметров панелей при строительстве карьера первой очереди вскрышным технологическим комплексом типа "ЭО" / Д. Д. Терентьев, М. Д. Севастьянов // Россия молодая: Сборник материалов XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 22 апреля 2025 года – 25 2024 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2025. – С. 10313.1-10313.7.

Патент на изобретение

15. Патент № 2830622 С1 Российская Федерация, МПК E21C 41/00, E21C 41/28. Способ открытой разработки угольной свиты: № 2024111865: заявл. 02.05.2024: опубл. 25.11.2024 / **Д. Д. Терентьев, А. В. Селюков**; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева".

Учебное издание

16. Селюков А.В., Нечаев А.И., **Терентьев Д. Д.** Ресурсосберегающие технологии: конспект лекций для обучающихся всех форм обучения направления подготовки 21.05.04 Горное дело. Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева. - Кемерово. 2025. 102с.

Подписано в печать 08.07.2026г. Формат 60х84 1/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.

Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 833.

Отпечатано в типографии ООО «ВВС-А»

65000, г. Кемерово, ул. Д.Бедного,1