

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЧАСТЬ II

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
12 – 14 мая 2021 г.*

выпуск 25

Под общей редакцией профессора Н.А. Козырева

**Новокузнецк
2021**

ББК 74.48.288
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.,
д-р геол.- минерал. наук, профессор Гутак Я.М.,
д-р техн. наук, профессор Фрянов В.Н.,
канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.,
канд. техн. наук, доцент Риб С.В.,
д-р техн. наук, доцент Фастыковский А.Р.,
д-р техн. наук, профессор Темлянцев М.В.

Н 340 Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды
Всероссийской научной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых / Министерство науки и выс-
шего образования РФ, Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред.
Н. А. Козырева – Новокузнецк : Издательский центр
СибГИУ, 2021. – Вып. 25. – Ч. II. Технические науки. –
365 с. : ил.

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Первая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых; металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Библиографический список

1. Дроздов А.В. Горно-геологические особенности глубоких горизонтов трубки Удачной // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011.- №3. – С. 153-165.

2. Берлин А.А., Шутов Ф.А. Пенополимеры на основе реакционноспособных олигомеров. М.: Химия, 1978. – 296 с.

Технологические особенности напыления Виларес-РНП-БН // sv-barrisol.ru URL: <http://sv-barrisol.ru/polimernye-kompozicii/1317-tehnologicheskie-osobennosti-napyleniya-vilares-rnp-bn.html>.

УДК 622.235

РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

Пустовит А.В., Фурасов А.Н.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Волошин В.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: antohhha.pustovit@mail.ru*

В данной статье рассматривается роботизация грузоперевозок на открытых горных работах.

Ключевые слова: грузоперевозки, автосамосвал, роботизация, диспетчеризация, открытый способ разработки месторождений, Yandicoogina и Nammuldi.

Преобладающим направлением развития мировой горной промышленности в ближайшей перспективе считается открытый способ разработки месторождений, обеспечивающий наивысшие экономические показатели. Дальнейшее развитие горных работ зависит не только от применения новых разнообразных видов горного и транспортного оборудования, но и от ускоренной разработки и широкого внедрения на карьерах современных автоматизированных систем управления горнотранспортными комплексами с использованием спутниковой навигации.

В последние годы производство робототехники переживает мощный подъем. В 2020 г. объем рынка промышленных роботизированных систем управления составил 16 млрд долларов, а его рост (по прогнозу Международной федерации робототехники) ожидается 10-12 % в год.

Сегодня в горной промышленности имеется ряд острых проблем:

- нестабильность рынка;

- оптимизации работы человека с использованием автоматизированных систем грузоперевозок;
- сложное управление и требование единого контроля;
- оперативное вмешательство.

За рубежом создание роботизированных технологий ведется уже многие годы. Известно, что в эти исследования и разработки вкладываются очень большие деньги, ожидаемые результаты от внедрения достигаются не сразу, например, на первых порах КТГ карьерных самосвалов снижается, производительность падает, но компании настойчиво продолжают двигаться вперед и совершенствуют технологии. Для мировых горных компаний и производителей горной техники, как уже отмечалось выше, цифровая трансформация и роботизация, как ее современный этап, означают, прежде всего, захват новых рынков, в большей степени, чем решение текущих проблем повышения операционной эффективности.

Компания Komatsu использует более 130 роботизированных самосвалов оснащенной автоматической транспортной системой (Autonomous Haulage Systems – AHS) перевозящих разные грузы на шести горных предприятиях в Австралии, Северной и Южной Америке [3].

В 2010 г. компания Rio Tinto создала диспетчерский центр, который контролирует 4 морских порта, 15 рудников и 43 железнодорожных состава. Сегодня компания Rio Tinto использует более сотни роботизированных самосвалов AHS на своих рудниках Yandicoogina и Nammuldi. Управление самосвалами осуществляется операторами из центра в Перте, находящейся в 1200 км от места добычи. В настоящее время – это пример наиболее комплексного применения автономной технологии.

Заслуживает внимания отечественный опыт разреза Черногорский (горнопромышленный холдинг ОАО «СУЭК») в Хакасии по введению в эксплуатацию роботизированных самосвалов.

В настоящее время на разрезе Черногорский работают два роботизированных самосвала БЕЛАЗ – 7513R грузоподъемностью 130 т. Технология внедряется компанией «Вист групп» (входит в ГК «Цифра») (рисунок 1) [1].



Рисунок 1 - Роботизированный самосвал БЕЛАЗ – 7513R
с разреза Черногорский (Хакасия)

Самосвалы БЕЛАЗ работают на угольном разрезе «Черногорский» (УОГР Абаканский, г. Черногорск, Хакасия) в паре с экскаватором ЭКГ-8У.

Беспилотные автомобили двигаются по выделенному участку разреза, протяженностью 1350 метров и перевозят вскрышную породу. В настоящее время идет оптимизация под конкретные геологические условия разреза, чтобы максимизировать эффективность цикла перевозки. В дальнейшем планируется, что эксплуатация роботов перейдет в круглосуточный режим и этот цикл будет повторяться без необходимости непосредственного участия человека в этом процессе.

Одновременное движение сразу двух самосвалов на одном участке - самая технологически сложная часть проекта. Для реализации разъезда двух автомобилей были созданы специальные алгоритмы, позволяющие выбрать оптимальную очередность движения самосвала. Также на участке имеется пересечение с технологической дорогой общего пользования, для переезда которой реализован алгоритм автоматизированного управления шлагбаумами и светофорами на перекрестке.

Ранее были проведены испытания, во время которых самосвал двигался без остановок 24 часа на испытательном полигоне БЕЛАЗ, совершив 500 технологических циклов.

Точность и надежность передвижения самосвалов обеспечивается современным оборудованием. В частности, это лидеры Quaenergy и LeddarTech, радары Delphi, камеры Orlaco, радиооборудование ABB TropOS и высокоточная спутниковая связь навигация Trimble, работающая в паре с инерциальной системой навигации Xsense [2].

В восточной части каменноугольного месторождения «Разведчик» в Кондомском геолого-экономическом районе Кузбасса расположен разрез «Степановский». В административном плане рассматриваемый участок размещается в Новокузнецком муниципальном районе Кемеровской области, на землях Новокузнецкого муниципального района и лесного комплекса Кемеровской области. Ближайшие населенные пункты – поселок Красинск, села Сосновка, Куртуково.

В настоящий момент на разрезе «Степановский» работают автосамосвалы БелАЗ-7555В, БелАЗ-7555Е, БелАЗ-7557, Komatsu HD785-7, Terex TR100, БелАЗ-75131 в количестве 10 – 12 штук ежедневно. Срок службы разреза «Степановский» на первом этапе отработки составляет 17 лет. Проектная мощность 1500 тыс. т/год.

В качестве альтернативного оборудования авторами статьи предлагается использование автосамосвалов Doosan Moxu MT-41, Bell B40D на основе диспетчерского управления техникой.

При внедрении автоматизированного управления транспортом на разрезе предлагается на первом этапе:

- создать постоянно пополняемую базу данных использования Транспортного оборудования с анализом причин простоев

высокопроизводительной техники;

- замерить время на концевые операции, с выходом и посадкой водителя;

- диагностика и своевременная профилактика;

- организация весового контроля – поставить датчик массы.

Таблица 1 – Чек лист простоя самосвалов

<i>Наименование операции</i>	<i>Ожидание погрузки</i>	<i>Маневровые операции на погрузку с выходом и посадкой водителя</i>	<i>Время в пути на пункт весового контроля</i>	<i>Ожидание на пункте весового контроля</i>	<i>Время в пути на разгрузку</i>	<i>Время в пути на погрузку</i>
<i>Максимальное время, мин</i>	25	29	15	26	60	50
<i>Среднее время, мин</i>	15	27	10	15	45	30
<i>Примечание</i>						

На основании фактических данных авторами статьи сделан вывод о целесообразности установки системы ГЛОНАС для определения скрытых резервов производства. Исходя из результатов наблюдений по таблице 1, после исключения части вынужденных простоев рекомендован к применению экспериментальный роботизированный самосвал.

Стабильная работа транспорта позволит экономить ГСМ, снижать аварийность, что позволит внедрить беспилотные самосвалы.

Проверка (мониторинг) работы горнодобывающих предприятий на вскрышных работах позволит определить целесообразность применения методов дистанционного управления и контроля за работой экскаваторов.

Основной ожидаемый эффект от роботизированной техники заключается в снижении затрат на ремонты, а также обеспечение безопасности персонала, оптимизирование параметров ведения добычи (ширина зоны погрузки, дорог, обусловить изменение углов бортов карьера), решение вопросов нехватки квалифицированных кадров.

Библиографический список

1. Клебанов Д.А. Основы создания и научно-технические этапы реализации роботизированной системы грузоперевозок на действующих горных предприятиях /К.Н.Трубецкой, Д.А.Клебанов, С.В.Лсученя // Горный журнал- 2013 -№10 - С. 67-73.

2. Бондаренко А.В., Клебанов Д.А. Диспетчеризация – повышение эффективности горных работ. Глобус. № 2 (15), 2011, с. 68-74.

3. Клебанов Д.А. Применение технологий высокоточной спутниковой навигации в горнодобывающей отрасли / Д.А.Клебанов, М.А.Макеев // Недропользование XXI-2010-№5-С. 34-36.

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ НА ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ ПРИ ВЕДЕНИИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА АО «РАЗРЕЗ «СТЕПАНОВСКИЙ»

Агеев Д.А., Климкин М.А., Пустовит А.В.

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.,
канд. техн. наук, доцент Волошин В.А.**

В данной статье приведен анализ буровзрывных работ на АО «Разрез «Степановский», воздействия массовых взрывов на горные выработки. Приведены также ситуационный план ведения взрывных работ на 2021 год, схема простирания песчаника по кровле, на основании данных буровзрывных работ построен график зависимости удельного расхода ВВ.

Ключевые слова: буровзрывные работы, массовые взрывы, воздействие массовых взрывов, сейсмические колебания, удельный расход ВВ.

Для разрушения горных пород и полезного ископаемого используется буровзрывной способ, являющийся наиболее эффективным в сравнении с другими способами разрушения.

Взрывное дробление пород и полезного ископаемого осуществляется проведением массовых взрывов скважинных зарядов. Количество взрывчатых веществ на массовый взрыв изменяется в пределах от 4 до 200 – 300 тонн и более. Такое количество взрывчатых веществ, применяемых с большой периодичностью, и на протяжении более десятка лет, приводит к негативным проявлениям, к которым относится изменение структуры и механических характеристик пород, в радиусе зоны сейсмического воздействия. Данное проявление требует постоянного внимания и при длительном воздействии может привести к деформации горных выработок, а также сооружений, находящихся в непосредственной близости к предприятию, где осуществляется взрывные работы.

Из анализа литературы следует, что, хотя проблема изучается давно, но актуальности своей не потеряла и на сегодняшний день, т.к. различные научные исследования, как правило, проводились для отдельно взятых месторождений и регионов. Данные, полученные различными исследователями, в большинстве случаев справедливы для конкретных условий, в которых проводились экспериментальные работы, поэтому для условий месторождений в Кузбассе, требуется проведение комплекса исследований с целью изучения постоянного воздействия промышленных взрывов на грунты и горные выработки [1,2].

Сейсмические колебания земной поверхности при проведении промышленных взрывов зависят от многих факторов, и носит чрезвычайно сложный характер. Причинами этого являются как совокупность горно-

геологических условий на пути распространения сейсмовзрывных волн, так и особенности самого промышленного взрыва как источника упругих волн.

Объектом исследования выступило горнодобывающее предприятие АО «Разрез Степановский», находящееся на юге Кузбасса в 20 км от г. Новокузнецка, вблизи пос. Гавриловка. Оработка угольного месторождения «Разведчик» ведется открытым способом.

Добыча угля на разрезе АО «Разрез Степановский» ведется при помощи буровзрывного рыхления вмещающих пород с применением массовых взрывов. Горные работы ведутся на расстоянии от 1200 м до поселка Гавриловка.

Буровзрывные работы на АО «Разрез «Степановский» были сконцентрированы на четырех участках в следующих периодах:

- 2011-2019г. на Южном блоке;
- 2014-2019гг. на Центральном блоке;
- 2017-2020гг. на вост. крыле Красинской антиклинали Северного блока;
- 2019г. - по н.в. на западном крыле Красинской антиклинали Северного блока (рисунок 1).

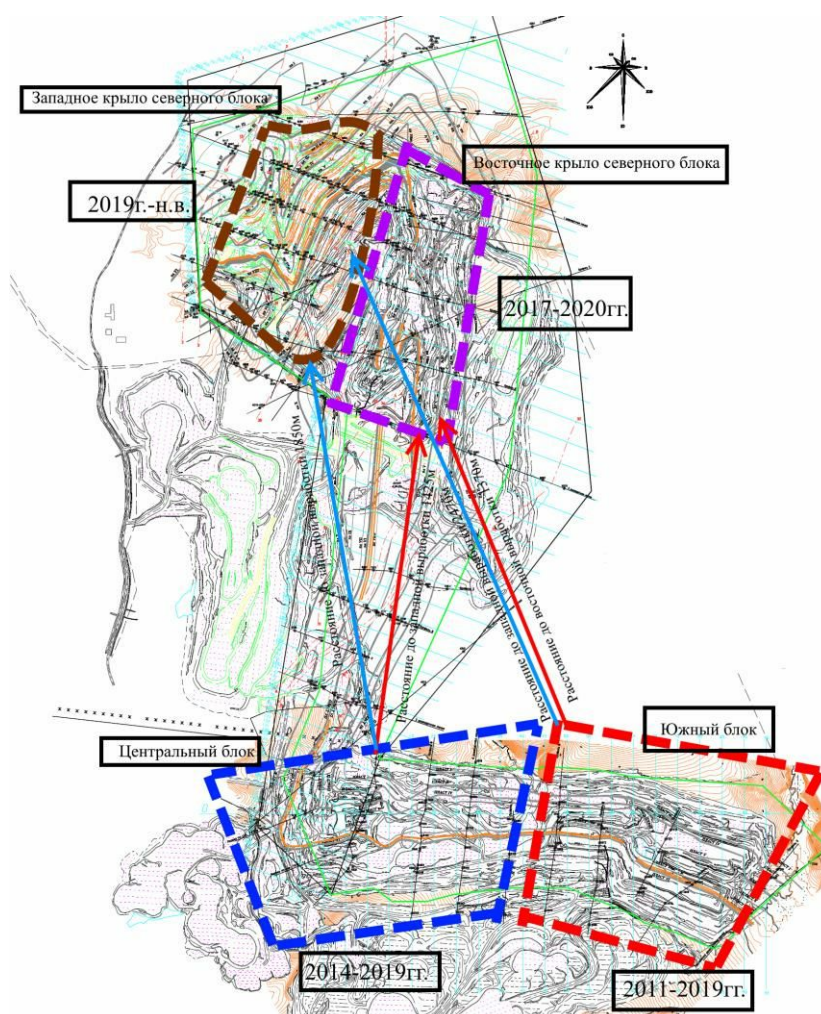


Рисунок 1 – Схема горных работ

Основная часть пород участка представлена переслаиванием алевролитов с песчаником. Алевролиты обычно темно-серые, часто неслоистые, иногда с мелкой неясно выраженной слоистостью. Песчаники чаще светло-серые мелко- и среднезернистые, крепкие, с мелкой неясно выраженной слоистостью [2]. Физико-механические свойства коренных пород представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства коренных пород

Показатели физико-механических свойств	Песчаники м/з	Переслаивание песчаника м/з и к/з	Переслаивание алевролита и песчаника
1	2	3	4
Временное сопротивление сжатию, кг/см ² (по каждой пробе серия определений)	Макс. значения	<u>244-1260</u> 817(15)	<u>648-875</u> 751(1)
	Мин. значения	<u>44 - 982</u> 480(15)	<u>648-875</u> 751(1)
	Ср. значения	<u>105-1127</u> 619(15)	<u>648-875</u> 751(1)
Динамический коэффициент крепости	<u>2,0-6,83</u> 4,31(11)	7,33(1)	<u>2 – 7</u> 4,33
Плотность, г/см ³	<u>2,66-2,77</u>	2,71(1)	<u>2,66-2,73</u>
Объемная масса, г/см ³	<u>2,35-2,63</u> 2,56(15)	2,63(1)	<u>2,25-2,59</u> 2,49(6)
Общая пористость, %	<u>2,27-14,37</u> <u>5,94(15)</u>	2,83(1)	<u>4,95-17,61</u> <u>7,85(6)</u>
Крепость по М.М. Протодьяконову	5	7	5
Трудность экскавации	IV	IV	IV
Категория буримости	V	V	V

В качестве объекта для анализа физико-механических свойств пород, под долгосрочным воздействием массовых взрывов, был определен массив песчаника, проходящий по кровле VI пласта, который на основе данных геологоразведки является наиболее однородным и имеет однотипную структуру на всем простираии [3,4]. На основании вышеуказанных результатов геологоразведочных работ а также данных эксплуатации с 2011г. по 2021г., была построена схема простираия плиты песчаника вдоль кровли VI пласта через границу участка (рисунок 2).

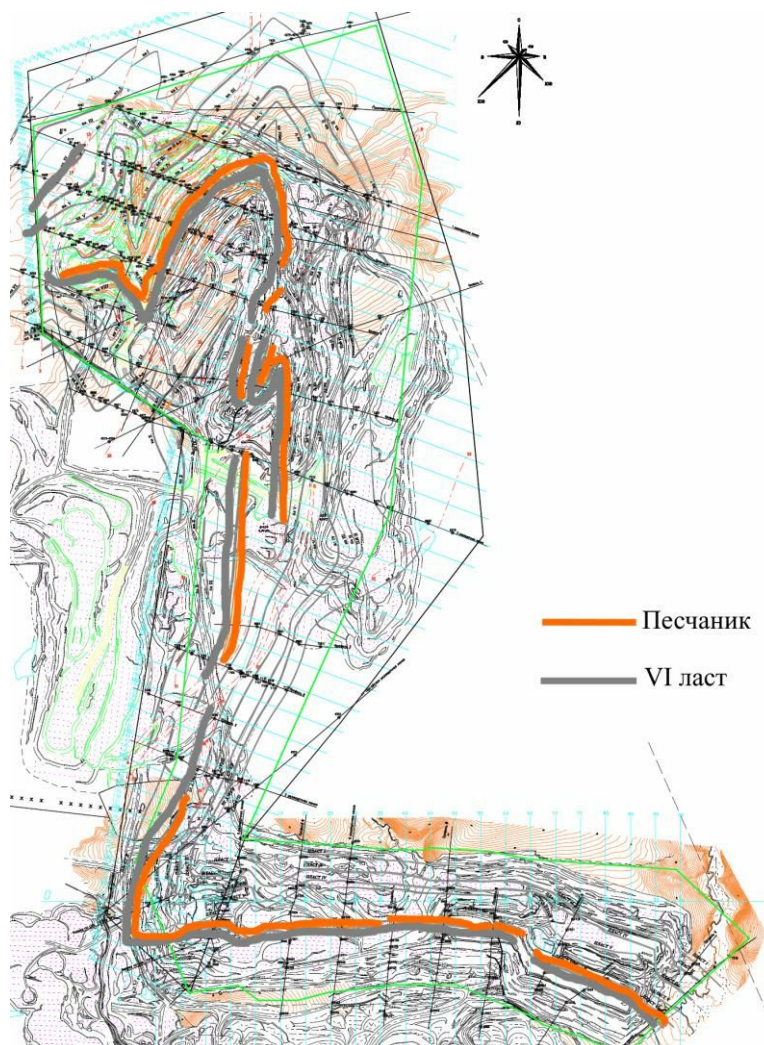


Рисунок 2 – Схема простираия песчаника по кровле VI пласта

На рисунке 3-6 приведены профиля разведочных линий.

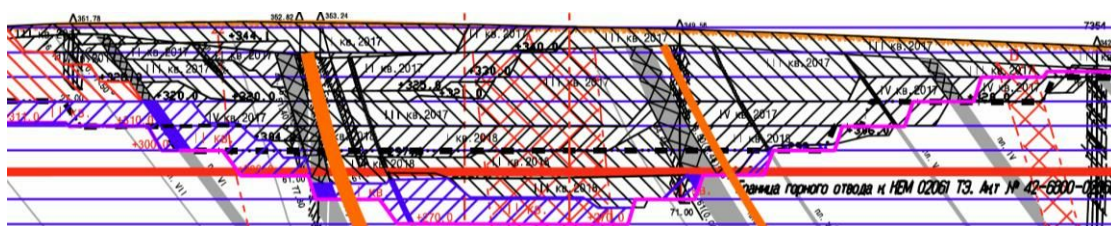


Рисунок 3 – Профиль Д

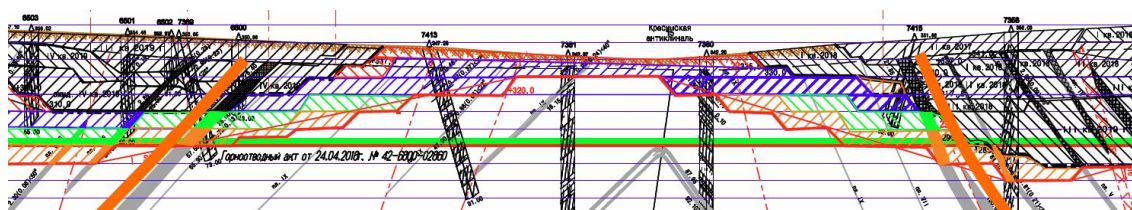


Рисунок 4 – Профиль

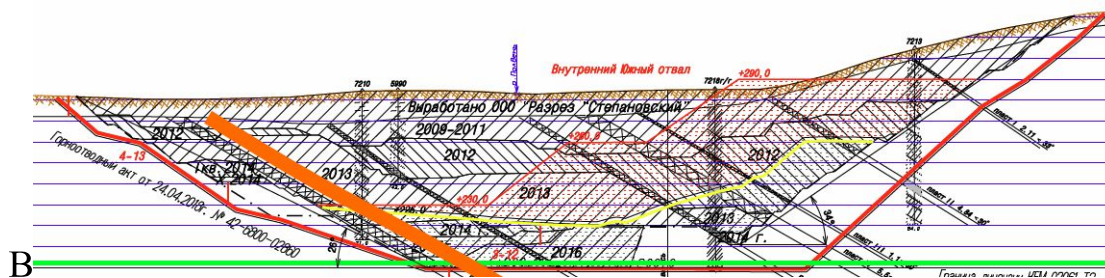


Рисунок 5 – Профиль III

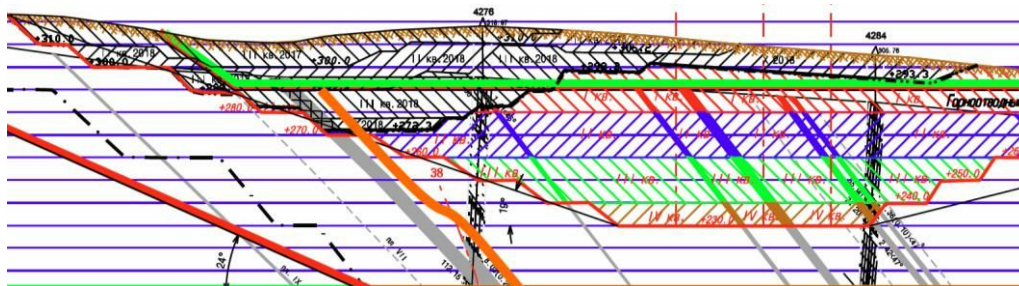


Рисунок 6 – Разрез II

За период 2011-2021 года на предприятии было взорвано 979 блоков. Взрывные работы на Южном блоке велись на протяжении девяти лет, за это время на данном участке было взорвано 293 блока, на Центральном блоке за шесть лет отработки были проведены взрывные работы на 347 блоках. Суммарно на Центральном и Южном блоках, за весь период отработки было взорвано более 18 тыс. тонн взрывчатых веществ.

На основе данных буровзрывных работ за все время разработки, построим график зависимости удельного расхода ВВ на блоках в соответствии с продвижением фронта работ. Для анализа были взяты по 36 блоков на каждом из участков, расположенных на схожих горизонтах и находящиеся в однотипных горно-геологических условиях, по кровле VI пласта пересекающих плиту песчаника на Южном, Центральном и Северном блоках. График представлен на рисунке 7.

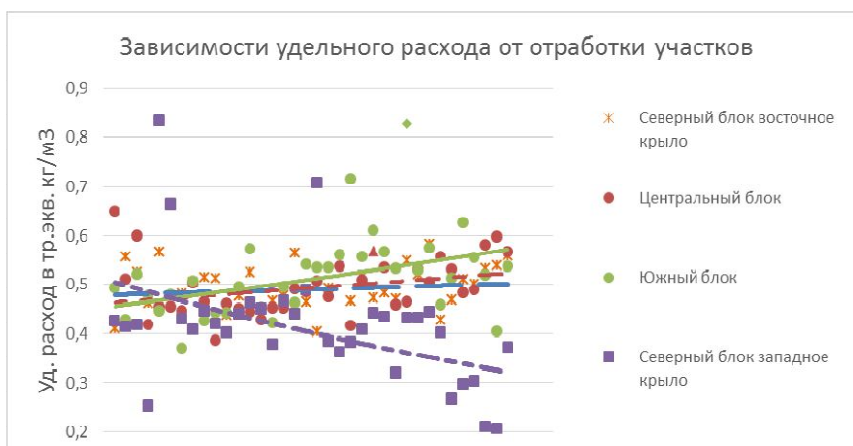


Рисунок 7 – График зависимости удельного расхода ВВ

Анализ полученных зависимостей показал, что в результате периодического проведения взрывных работ на участках, отрабатываемых в более поздние периоды, изменилась структура пород: повысилась трещиноватость массива, снизилась его устойчивость к нагрузкам, что подтверждает снижение удельного расхода взрывчатых веществ на м³. Данное проявление говорит о непосредственном влиянии массовых взрывов на устойчивость горного массива, что может привести к пересчету устойчивости горных выработок и изменению результирующего угла откоса в меньшую сторону, что повлечет за собой увеличение коэффициента вскрыши и корректировку балансовых запасов угля.

На основании полученных данных трудно получить точную корреляцию между степенью влияния периодических массовых взрывов на устойчивость горных выработок, находящихся в непосредственной близости к месту их проведения. Причиной этому является недостаток данных для анализа и погрешность в горно-геологических условиях грунтов, для чего требуется анализ образцов пород, сравнение данных с геологическим отчетом 2011 года и продолжения исследований на данном объекте.

Полученные данные имеют практическое применение и актуальность исследований для оптимального проведения взрывных работ на АО «Разрез «Степановский» и прогнозирования воздействия массовых взрывов на сооружения и горные выработки.

Библиографический список

1. Процессы открытых горных работ: Практикум по дисциплине «Процессы горного производства» для студентов, обучающихся по направлению 550600 «Горное дело» /сост. В.М. Мазаев, С.И. Протасов, П.А. Самусев: Кузбасский Государственный Технический Университет. - Кемерово, 2000. - 109с.
2. Исследование устойчивости подготовительных горных выработок / В.А. Волошин, С.В. Риб, М.А. Денисов, Е.В. Черешнева, В.С. Риб // Вестник СибГИУ. - 2016. - № 4 (18). - С. 27-31.
3. «Дополнение №4 к техническому проекту разработки каменноугольного месторождения «Разведчик». Оработка запасов угля открытым способом на участках недр Степановский и Степановский Глубокий 1 ООО «Разрез «Степановский» ООО «ПГПИ» 2020г.
4. Дополнение №3 разработки месторождения «Разведчик» «Степановский глубокий» АО «Разрез «Степановский». ПГПИ 2019г.

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНДАРТА ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	
Лесных А.С., Моисеев А.К.	109
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ВЫБОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ПО УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И ПОЛНОТОЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ ЗАПАСОВ НЕДР	
Мишин С.А.	114
БЛОЧНОЕ ПРОВЕТРИВАНИЕ РУДНИКА «УДАЧНЫЙ»	
Мысак Е.А., Павздерин К.А., Белкина О.Е., Агеев Д.А.	119
РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЗУПРОЧНЕНИЮ ТРУДНООБРУЩАЮЩЕЙСЯ КРОВЛИ В УСЛОВИЯХ ФИЛИАЛА «ШАХТА «ОСИННИКОВСКАЯ»	
Никитина А.М., Риб С.В., Володина А.В.	122
РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОТРАБОТКИ ОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ В ПРЕДЕЛАХ ГОРНОГО ОТВОДА ШАХТЫ «ЕСАУЛЬСКАЯ»	
Никитина А.М., Риб С.В., Борzych Д.М.	126
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ	
Никитина А.М., Риб С.В., Борzych Д.М.	131
ПРИМЕНЕНИЕ ВСПЕНЕННЫХ ПЛАСТМАСС ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ УТЕЧЕК ВОЗДУХА В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ РУДНЫХ И УГОЛЬНЫХ ШАХТ	
Мысак Е.А., Павздерин К.А., Белкина О.Е., Агеев Д.А.	135
РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК	
Пустовит А.В., Фурасов А.Н.	138
АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ НА ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ ПРИ ВЕДЕНИИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА АО «РАЗРЕЗ «СТЕПАНОВСКИЙ»	
Агеев Д.А., Клишкин М.А., Пустовит А.В.	142
К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА	
Розум И.Г.	148
СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО БУРЕНИЯ «БУРОВАЯ КАРЕТКА»	
Садов Д.В., Дубина Е.М.	150
ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ БУРОВЫМИ РАБОТАМИ НА РУДНИКЕ	
Садов Д.В., Дубина Е.М.	153
РОЛЬ ПЕРСОНАЛА В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	
Фурасов А.Н.	157