

УДК 622.271.3

**ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ НА ОТКРЫТЫХ  
ГОРНЫХ РАБОТАХ**

Уткин В.В., студент гр. ГОс-191, VI курс

Почечуй В.Н., студент гр. ГОс-201, V курс

Монгуш Б.-Б. Е., студент гр. ГОс-201, V курс

Стукан А.В., главный технолог, ООО «Разрез Кийзасский»

Научный руководитель:

Малахов Ю.В., к.т.н.

Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

В практике ведения открытых горных работ большое внимание уделяется вопросам качества подготовки вскрышных пород к выемке, поскольку этот процесс оказывает решающее влияние на большинство показателей технико-экономической эффективности производства. В статье кратко описаны результаты анализа методических подходов к проектированию параметров буровзрывных работ на горных предприятиях, учитывая изученность факторов, влияющих на качество подготовки вскрышных пород, применительно к конструкции скважинных зарядов.

Параметры буровзрывных работ зависят не только от физико-механических свойств пород, но и от конструктивных характеристик применяемого выемочно-погрузочного оборудования и схем экскавации развала взорванной горной массы. На разрезах Кузбасса буровзрывному рыхлению подвергаются коренные вскрышные породы, преимущественно представленные песчаниками, реже алевролитами и аргиллитами [1-7]. Угольные пласты разрабатываются с частичным применением буровзрывных работ. Взрывная подготовка пород к выемке ведется на двух стадиях: первичное и вторичное взрывание. Первичное взрывание выполняется скважинным методом зарядки, который наиболее продуктивно обеспечивает дробление пород и подготовку горной массы к работе высокопроизводительного горнотранспортного оборудования. Вторичное взрывание осуществляется для разрушения негабаритов, выравнивания подошвы уступов, уничтожения навесей и осуществления других задач. Для этих целей используются накладные (наружные) и шпуровые заряды.

Исходя из структурных и прочностных характеристик породного массива [8-9], принятой технологической схемы [10-15], высоты уступа [16-18], вместимости ковша применяемого экскаватора [19-23], на примере одного из горных предприятий приняты следующие основные параметры БВР:

- расчёт произведен на Гранулит УП и Сибирит 1200;
- диаметр скважинного заряда – 216 и 269 мм;
- удельный расход ВВ – 0,77-0,991 кг/м<sup>3</sup> в тротиловом эквиваленте для коренных пород при транспортной технологии.

Рекомендуемые диаметры скважины в зависимости от крепости пород приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Рекомендуемые диаметры скважины

	Предел прочности пород на одноосное сжатие $R_c$ , МПа			
	30-50	50-70	70-90	90-100
Диаметр скважины, мм	269-244	244-216	216-203	203-172

В соответствии с классификацией пород по взрываемости и с учетом рекомендаций институтов НИИОГР, ИГД им. Скопинского, КузПИ-КузГТУ, а также опыта работы на рассматриваемом предприятии, для производства взрывных работ по коренным породам в качестве основных приняты следующие типы ВВ:

- для взрывания сухих скважин: гранулит УП, гранулит НП;
- для взрывания обводненных скважин: Эмульсолит А-20, Эмульсолит П, Сибирит-1200, Сибирит ПСМ 7500.

Возможно применение других типов ВВ, указанных в Типовом проекте производства буровзрывных работ АО «Нитро Сибирь-Кузбасс», «Декларации промышленной безопасности взрывающихся блоков» и допущенных Ростехнадзором для производства взрывных работ на открытых разработках в соответствии с руководствами по применению данных типов ВВ.

Краткая характеристика вышеописанных ВВ приведена в таблице 2.

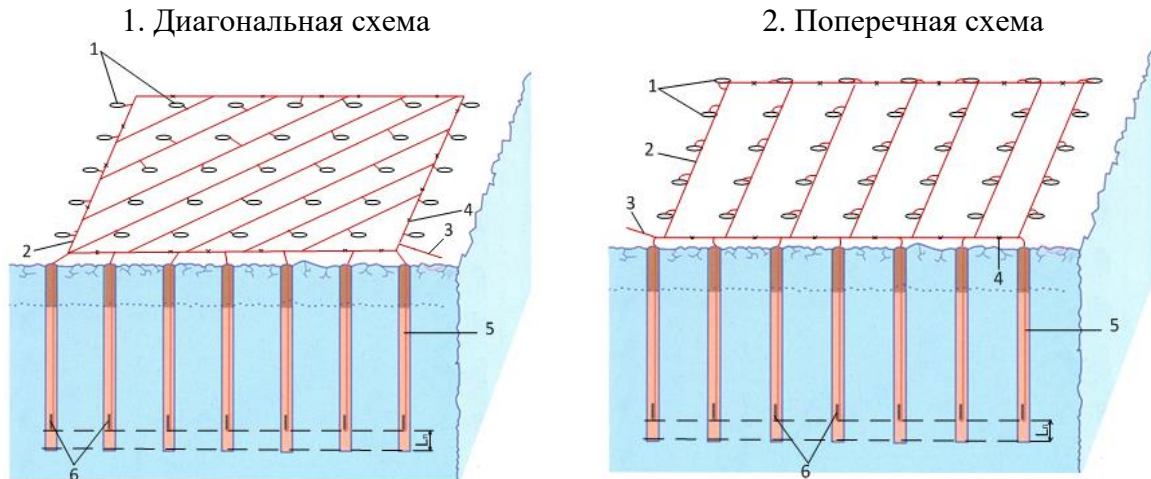
Таблица 2 – Характеристика некоторых промышленных взрывчатых веществ

Наименование ВВ	Теплота взрыва		Плотность ВВ, кг/м <sup>3</sup>	Тротиловый эквивалент*	Переводной коэффициент
	кДж/кг	ккал/кг			
Гранулит УП	3710	880	950	1,02	1,1
Гранулит НП	3787	904	950	1,06	1,15
Эмульсолит А-20, Эмульсолит П	3020	720	1200	0,73	1,3
Сибирит 1200	2585	617	1200	0,63	1,3
Сибирит ПСМ-7500	3100	740	1200	0,74	1,3

\*Тротиловый эквивалент рассчитан по теплоте взрыва по отношению к гранулоту в водонаполненном состоянии.

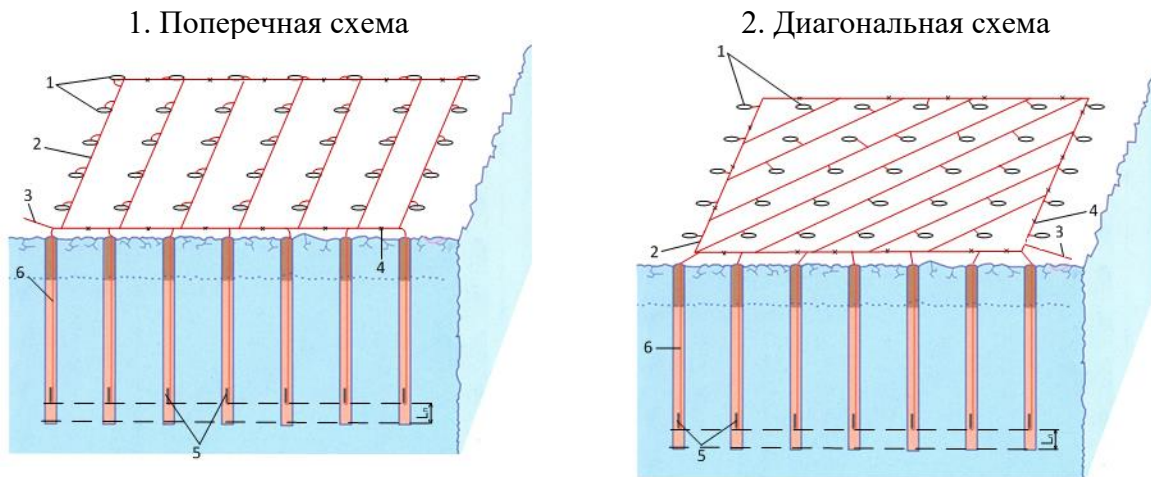
Применяются следующие схемы монтажа поверхностной взрывной сети:

1. При использовании только детонирующего шнура: поперечная и диагональная схемы (рисунок 1).
2. При использовании детонирующего шнура (поверхностная сеть) и неэлектрической системы (скважинная сеть): поперечная и диагональная схемы (рисунок 2).
3. При использовании только неэлектрической системы: диагональная схема, врубовая схема (продольная) и врубовая схема (поперечная) (рисунок 3).



1 – скважина; 2 – участковая сеть; 3 – магистральная сеть; 4 – пиротехническое реле; 5 – скважинная сеть; 6 – боевик;  $L_{\text{п}}$  – длина перебура

Рисунок 1. – Схемы монтажа при использовании детонирующего шнура



1 – скважина; 2 – детонирующий шнур (участковая сеть); 3 – магистральная сеть; 4 – пиротехническое реле; 5 – боевик; 6 – неэлектрическая система (скважинная сеть);  $L_{\text{п}}$  – длина перебура

Рисунок 2. – Схемы монтажа при использовании детонирующего шнура и неэлектрической системы инициирования

Основные параметры расположения скважин на уступе это:  $a$  – расстояние между скважинами в ряду;  $b$  – расстояние между рядами;  $C$  – ширина бермы безопасности;  $W$  – Линия сопротивления по подошве. Такие параметры как  $a$ ,  $b$ ,  $d$ ,  $W$  – расчётные,  $C$  – принятая (рисунок 4).

Анализ расчётов параметров БВР по стандартным методикам позволяет сделать следующие выводы: при увеличении диаметра скважины затраты на буровзрывные работы растут пропорционально из-за увеличения расхода взрывчатых веществ. При этом качество буровзрывной подготовки остаётся неизменным.

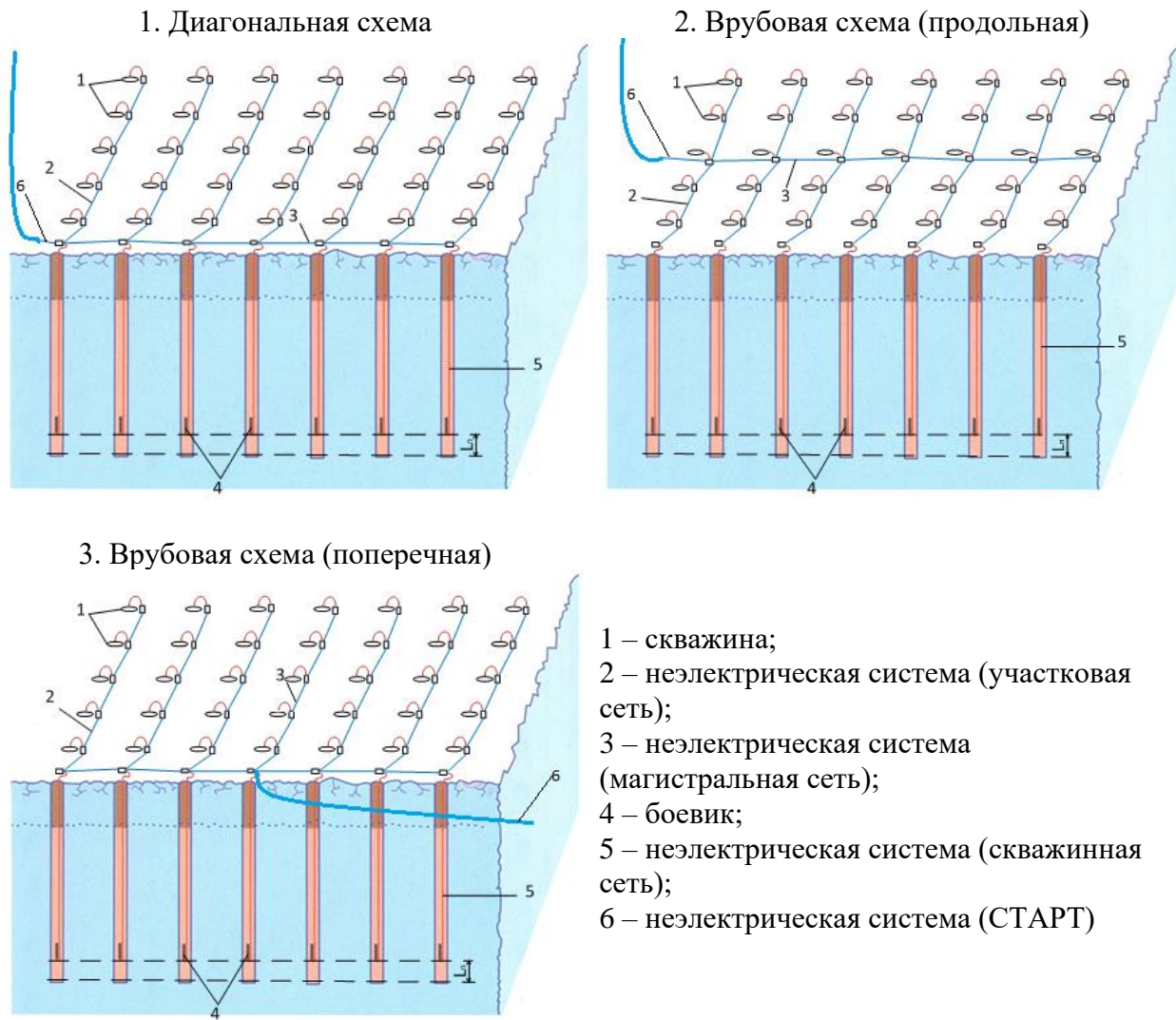
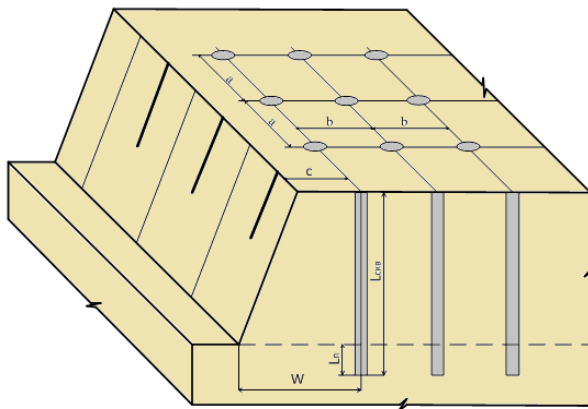


Рисунок 3. – Схемы монтажа при использовании неэлектрической системы иницирования

При бурении вертикальными скважинами



При бурении наклонными скважинами

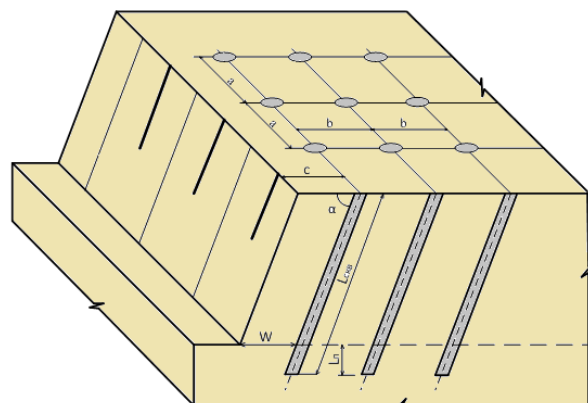


Рисунок 4. – Схемы расположения скважин на уступе при бурении вертикальными и наклонными скважинами

В связи с этим перед началом работ возникает вопрос о выборе диаметра скважины. Он должен определяться не только прочностью пород, составляющих блок, но и зависеть от скорости продвижения фронта работ. Чем меньше диаметр скважины, тем больше времени требуется на подготовку блока. Таким образом, затраты будут наименьшими при максимальных временных интервалах для проведения самого бурения. Чтобы оптимизировать БВР, предлагается рассмотреть вариант изменения параметров расположения скважин при сохранении удельного расхода взрывчатых веществ на том же уровне:

$$S > S_p, \quad q_{пр.р} = q_{пр}, \quad (1)$$

то достигается улучшение качества дробления пород, которое определяется из выражений

$$d_{ср.р} = \frac{5 \times d \times d_e}{(5 + q \times d_e) \times \left(1 - \frac{\sum l_p}{l_{скв}}\right)} \quad \text{либо} \quad Z_{р.р} = \frac{1 + d_e \times (5 \times d + q_{пр} \times d_e)}{5 \times d \times d_e \times \left(1 - \frac{\sum l_p}{l_{скв}}\right)}. \quad (2)$$

Изменение параметров сетки скважин в большую сторону, что позволяет увеличить выход горной массы в погонном метре скважины при неизменном качестве проведения массового взрыва, требует более детального изучения подготавливаемого блока геологической службой на простирание и интенсивность системы трещин.

Снизить расходы на взрывное дробление породного массива можно, изменив конструкцию скважинного заряда, но при этом сохранив его разрушающую энергию. Этого можно добиться с помощью технологий рассредоточения скважинного заряда: универсальных запирающих устройств, придонных компенсаторов и утяжелённых подвесных скважинных затворов. Установка УЗУ (рисунок 5), придонных компенсаторов (рисунок 6) и утяжеленных подвесных скважинных затворов производится согласно регламентам на установку.

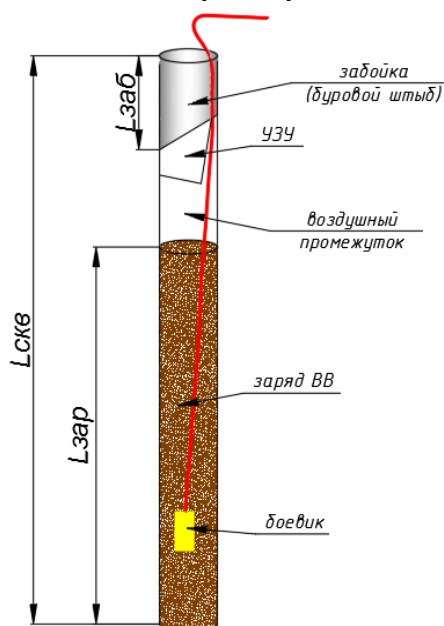


Рисунок 5. – Забойка скважин с применением УЗУ

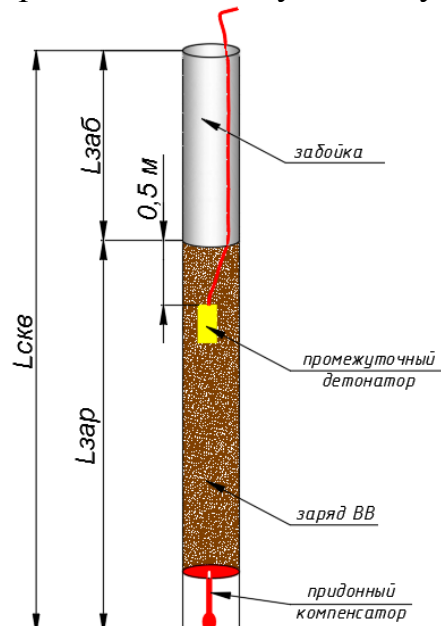


Рисунок 6. – Схема установки придонного компенсатора.

Универсальные запирающие устройства (УЗУ) предназначены для запираания газообразных продуктов взрыва в зарядной полости во взрывных скважинах диаметром 140÷270 мм с целью интенсификации процесса дробления горных пород, снижения удельного расхода взрывчатых веществ, повышения качества дробления горной массы и снижения затрат на буровзрывные работы.

Придонные компенсаторы (ПК) – это устройства, которые создают воздушный промежуток в нижней части скважинного заряда, что позволяет сократить рабочую длину скважины, уменьшив её на длину придонного компенсатора.

Утяжеленный подвесной скважинный затвор (УПдСЗ) представляет собой универсальное оборудование, которое может использоваться как затвор для рассредоточения скважинных зарядов эмульсионных и гранулированных ВВ, так и в роли придонного компенсатора в вертикальных и наклонных скважинах любой глубины и степени обводненности.

#### Вывод.

Применение устройств рассредоточения скважинных зарядов и устройств по созданию воздушных полостей в верхней и нижней части заряда является перспективным направлением совершенствования процесса взрывной подготовки горных пород на разрезах и позволяет снижать удельный расход в следующих диапазонах:

- разделение скважинного заряда взрывчатого вещества на несколько частей воздушным промежуток – до 30%;
- применение зарядов с воздушной подушкой в перебуре – на 10-20%.
- применение зарядов с использованием универсальных запирающих устройств (УЗУ) – на 9,5-12,3%;
- рассредоточение скважинного заряда в донной части с использованием придонного компенсатора (ПК) – от 5 до 20%.

#### Литература

1. Самусев, П. А. Исследование влияния технологических процессов добычи угля на его грансостав / П. А. Самусев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 1999. – № 2(9). – С. 50-51. – EDN WPUIDV.
2. Бирюков, А. В. Прогнозирование гранулометрического состава угля / А. В. Бирюков, С. И. Протасов, П. А. Самусев // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири, Кемерово, 11–14 ноября 1997 года. Том Часть 1. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 1997. – С. 165-166. – EDN WXYVTF.
3. Determination of Seismic Safe Distances During Mining Blasts with Consideration of a Dominant Vibration Frequency / A. G. Novinkov, A. S. Tashkinov, S. I. Protasov, P. A. Samusev // Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety, Kemerovo, Russia, 10–12 октября 2016 года. – Kemerovo, Russia: ATLANTIS PRESS, 2016. – P. 202-205. – EDN WNWLZV.



4. Новиньков, А. Г. Практический метод учета преобладающей частоты колебаний при определении сейсмо-безопасных расстояний при ведении взрывных работ на карьерах / А. Г. Новиньков, С. И. Протасов, П. А. Самусев // Взрывное дело. – 2016. – № 115-72. – С. 214-225. – EDN WCLGIZ.
5. Сейсмическая безопасность подземного газопровода при массовых промышленных взрывах на угольном карьере / А. Г. Новиньков, С. И. Протасов, П. А. Самусев, А. С. Гукин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – № 6(100). – С. 51-55. – EDN RUDWTX.
6. Сравнительная оценка сейсмического действия массовых взрывов при применении различных систем инициирования / П. А. Самусев, А. Г. Новиньков, С. И. Протасов, А. Н. Завьялов // Взрывное дело. – 2023. – № 141-98. – С. 107-133. – EDN INJKJF.
7. Самусев, П. А. Определение дальности разлета отдельных кусков породы при взрывании скважинных зарядов рыхления / П. А. Самусев, А. Г. Новиньков, С. И. Протасов // Техника и технология горного дела. – 2023. – № 4(23). – С. 4-25. – DOI 10.26730/2618-7434-2023-4-4-25. – EDN EMPGJG.
8. Мартьянов, В.Л. Оценка сложности отработки карьерных полей угольных месторождений Кузбасса / В.Л. Мартьянов // Техника и технология горного дела. – 2018. – № 1(1). – С. 35-42. – DOI 10.26730/2618-7434-2018-1-35-41. – EDN XUFBJJ.
9. Марков, С. О. Гранулометрический состав отвальных массивов разрезов Кузбасса / С. О. Марков, Е. В. Мурко, Ф. С. Непша // Горные науки и технологии. – 2021. – Т. 6, № 4. – С. 259-266. – DOI 10.17073/2500-0632-2021-4-259-266. – EDN EBGHLA.
10. Modeling of Three Flat Coal Seams Strata Developing at Open Pit Miming / T. Gvozdkova, S. Markov, N. Demirel, S. Anyona // E3S Web of Conferences : The Second International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 20–22 ноября 2017 года. Vol. 21. – Kemerovo: EDP Sciences, 2017. – DOI 10.1051/e3sconf/20172101024. – EDN ZRNESR.
11. Об определении параметров забойных блоков при ведении горных работ обратными гидравлическими лопатами / О.И. Литвин, Я.О. Литвин, М.А. Тюленев, С.О. Марков // Горная промышленность. – 2021. – № 6. – С. 76-81. – DOI 10.30686/1609-9192-2021-6-76-81. – EDN MBXAOF.
12. Технология опережающей выемки наклонных и крутых угольных пластов обратными гидравлическими лопатами / А.В. Кацубин, А.А. Хорешок, М.А. Тюленев, С.О. Марков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020. – № 11. – С. 27-36. – DOI 10.25018/0236-1493-2020-11-0-27-36. – EDN ILJQPF.
13. Обоснование рациональной технологии и области применения на карьерах гидравлических экскаваторов типа обратная лопата / В.А. Хакулов, В.А. Шаповалов, В.Н. Игнатов [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2023. – № 8. – С. 112-127. – DOI 10.25018/0236\_1493\_2023\_8\_0\_112. – EDN PBQDHM.

14. Тюленев, М.А. Разработка схем забоев для послойной проходки траншей и отработки заходов обратными гидравлическими лопатами / М.А. Тюленев, В.Г. Проноза, А.В. Стрельников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № S10. – С. 23-33. – EDN QITCOP.
15. Тюленев, М.А. Матричный метод идентификации схем забоев обратных гидравлических лопат / М.А. Тюленев, В.Г. Проноза, А.В. Стрельников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № S10. – С. 34-41. – EDN QITCOZ.
16. Опыт применения гидравлических экскаваторов в сложных горно-геологических и климатических условиях / А.М. Бураков, С.В. Панишев, Е.Л. Алькова, Д.В. Хосоев // Горная промышленность. – 2022. – № 2. – С. 90-96. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-2-90-96. – EDN FENSLZ.
17. Логинов, Е.В. Управление параметрами карьера в целях повышения эффективности использования гидравлических экскаваторов типа обратная лопата / Е.В. Логинов, Т.А. Тюленева // Уголь. – 2021. – № 12(1149). – С. 6-10. – DOI 10.18796/0041-5790-2021-12-6-10. – EDN QIGUUA.
18. Формирование выемочно-погрузочных комплексов и технологических схем ведения горных работ в угленасыщенных зонах разрезов / В.Ф. Колесников, А.И. Корякин, В.А. Ермолаев, В.Ф. Воронков // Техника и технология горного дела. – 2023. – № 2(21). – С. 26-58. – DOI 10.26730/2618-7434-2023-2-26-58. – EDN LCAFPL.
19. Стрельников, А.В. Опыт применения обратных гидравлических лопат на разрезах ОАО "УК "Кузбассразрезуголь" / А.В. Стрельников, М.А. Тюленев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2011. – № 2(85). – С. 8-12. – EDN MNLZVO.
20. Анализ методик расчета производительности карьерных гидравлических экскаваторов / О.И. Литвин, А.А. Хорешок, Д.М. Дубинкин [и др.] // Горная промышленность. – 2022. – № 5. – С. 112-120. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-5-112-120. – EDN UQIXQR.
21. Логинов, Е.В. Исследование технических характеристик серийно выпускаемых моделей выемочно-погрузочного оборудования разных типов / Е.В. Логинов, С.С. Масальский // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2023. – Т. 21, № 1. – С. 15-23. – DOI 10.18503/1995-2732-2023-21-1-15-23. – EDN BDVIEZ.
22. Цифровая модель процесса экскавации горных пород рабочим оборудованием карьерного экскаватора / А.П. Комиссаров, Ю.А. Лагунова, Р.Ш. Набиуллин, С.А. Хорошавин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. – № 4. – С. 156-168. – DOI 10.25018/0236\_1493\_2022\_4\_0\_156. – EDN BLPOYX.
23. Снижение потерь угля при работе карьерных мехлопат / А.А. Хорешок, Д.М. Дубинкин, С.О. Марков [и др.] // Горная промышленность. – 2022. – № 6. – С. 88-94. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-6-88-94. – EDN JOFQLY.