

ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.271.322.452

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕСТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ МАССИВОВ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЗРЫВОВ НА СБРОС

В. И. Ческидов, Т. А. Цымбалюк, А. В. Резник

*Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН,
E-mail: cheskid@misd.ru, Красный проспект, 54, 630091, г. Новосибирск, Россия*

Представлены результаты исследований по моделированию бестранспортных технологических схем отработки массивов вскрышных пород с использованием взрывов на сброс. Установлены зависимости изменения коэффициента сброса от условий залегания пластов и параметров взрывааемых блоков. Приведены пути совершенствования взрывного перемещения вскрыши в выработанное карьерное пространство. Отмечены основные направления повышения эффективности бестранспортной технологии в составе комбинированной транспортно-бестранспортной системы разработки пологопадающих угольных месторождений Кузбасса.

Вскрыша, бестранспортная технология, взрыв на сброс, технологические схемы, взрывааемый блок, коэффициент сброса, внутренний отвал

DOI: 10.15372/FTPRI20200211

В практике открытых горных работ широко распространена бестранспортная технология разработки горизонтальных и пологопадающих месторождений твердых полезных ископаемых с перевалкой вскрышных пород в выработанное карьерное пространство экскаваторами-драглайнами. Как показывает опыт работы разрезов Кузнецкого угольного бассейна, ее применение обеспечивает наилучшие показатели горного производства: устойчивый режим ведения и высокую производительность на вскрышных работах; наиболее низкую себестоимость выемки и перемещения горной массы; возможность отработки массивов горных пород в сложных горнотехнических условиях и др. Ее трудоемкость в 3–3,5 раза, а себестоимость вскрыши в 2–2,5 раза ниже соответствующих показателей транспортной системы [1, 2]. Бестранспортная система обеспечивает наилучшие экологические результаты горных работ благодаря наиболее полному использованию техногенного ресурса выработанных карьерных пространств, исключению автомобильного транспорта из технологического процесса перемещения вскрышных пород в отвал и сокращению вредных выбросов в атмосферу.

Основная область применения бестранспортной системы — отработка массивов вскрышных пород на месторождениях с углами падения пластов 12–15° (по условиям устойчивости внутренних породных отвалов). Получившая максимальное развитие в начальные периоды эксплуатации разрезов, в настоящее время доля этой системы в бассейне не превышает 9–10 %

в общем объеме вскрышных работ, что обусловлено, прежде всего, отработкой участков месторождений с наиболее благоприятными горно-геологическими условиями и ограниченными параметрами действующего парка драглайнов. Вместе с тем потенциальные возможности рассматриваемой системы на разрезах Кузбасса полностью не исчерпаны. В настоящей работе рассматриваются вопросы взрывного перемещения вскрышных пород в выработанное карьерное пространство в составе бестранспортной технологии отработки нижних горизонтов свит пологопадающих угольных пластов на разрезах Кузбасса.

Способ перемещения породных масс с помощью направленных взрывов на сброс и выброс достаточно хорошо изучен и освоен как отечественными, так и зарубежными горнодобывающими предприятиями. Многие реализованные в СССР взрывы по масштабу взрываемых зарядов, объему перемещаемых породных масс и полученным результатам существенно превосходят взрывы, когда-либо произведенные за рубежом в мирных целях. В отечественной практике открытых горных работ взрывы на сброс наиболее часто практиковались в 60–80-е гг. прошлого столетия на разрезах Кузнецкого и Черемховского угольных бассейнов, обеспечивая доставку в отвалы 15–20 % объемов вскрышных пород, обрабатываемых по бестранспортной технологии [3, 4]. За рубежом рассматриваемая технология применяется на разрезах США (Sabine Mine, Usibelli Coal Mine) [5, 6], Австралии (Wilkie Creek Isaac Plains Mine) [7, 8], КНР (Heidai Gou Coal Mine). Достигнутые объемы взрывной доставки вскрышных пород на указанных разрезах, как правило, составляют 10–28 %, максимальные (до 42 %) — на разрезе КНР [9].

Одновременно со сбросом достигается более интенсивное дробление пород, вследствие чего повышается производительность шагающих экскаваторов при перевалке остального объема взорванной горной массы. Все это в совокупности позволяет на 25–30 % снизить затраты на вскрышные работы на уступах, разрабатываемых по бестранспортной технологии с частичной взрывной перевалкой [10].

Как показывает многолетний опыт, потенциальные возможности направленных взрывов при соответствующем научном и технико-экономическом обосновании могут быть использованы в качестве одного из эффективных средств повышения производительности на открытых горных работах. На основе совершенствования схем и средств взрывания, а также оптимизации состава ВВ взрывы на сброс, в определенных горно-геологических и горнотехнических условиях, позволяют улучшить показатели бестранспортной технологии отработки массивов вскрышных пород в составе комбинированных систем разработки пологопадающих угольных месторождений, увеличить долю вскрышных пород, укладываемых во внутренние отвалы и сократить площади земель, изымаемых для нужд производства.

Эффективность взрывного перемещения вскрышных пород при проведении многорядного взрывания скважинных зарядов ВВ характеризуется коэффициентом сброса, используемым в качестве основного критерия для оценки взрывов на сброс в горных породах [11]: $K_{\text{сбр}} = V_{\text{общ}} / V_{\text{сбр}}$, где $V_{\text{общ}}$ — общий объем пород во взрываемом блоке, м³; $V_{\text{сбр}}$ — объем пород, перемещенных во внутренний отвал, м³.

Практикой открытых горных работ, экспериментальными и графоаналитическими исследованиями выявлены основные факторы, оказывающие влияние на коэффициент сброса. В их числе как горно-геологические условия месторождения (мощность и углы падения пластов свиты), так и технологические параметры (удельный расход взрывчатых веществ, угол наклона скважин, высота вскрышного уступа, ширина заходки и т. д.). Установлено, что традиционные схемы взрывания, используемые для дробления вскрышных пород, не могут обеспечить увеличение коэффициента сброса без существенного роста удельного расхода взрывчатого вещества. Даже наиболее эффективные схемы взрывания, при удельном расходе более 1 кг/м³, позволяют добиться коэффициента сброса не более 15–20 % [12, 13].

Для условий пологопадающих месторождений разрезов Кузбасса выполнено графическое моделирование бестранспортных технологических схем отработки массивов вскрышных пород с целью установления зависимости коэффициента сброса от основных технологических параметров: удельного расхода взрывчатого вещества, угла падения и мощности угольного пласта, ширины заходки, высоты вскрышного уступа. На рис. 1 представлен вариант технологической схемы усложненной бестранспортной отработки драглайном ЭШ-15/90 породных междупластий суммарной мощностью 50 м. Результаты моделирования приведены в таблице и на рис. 2.

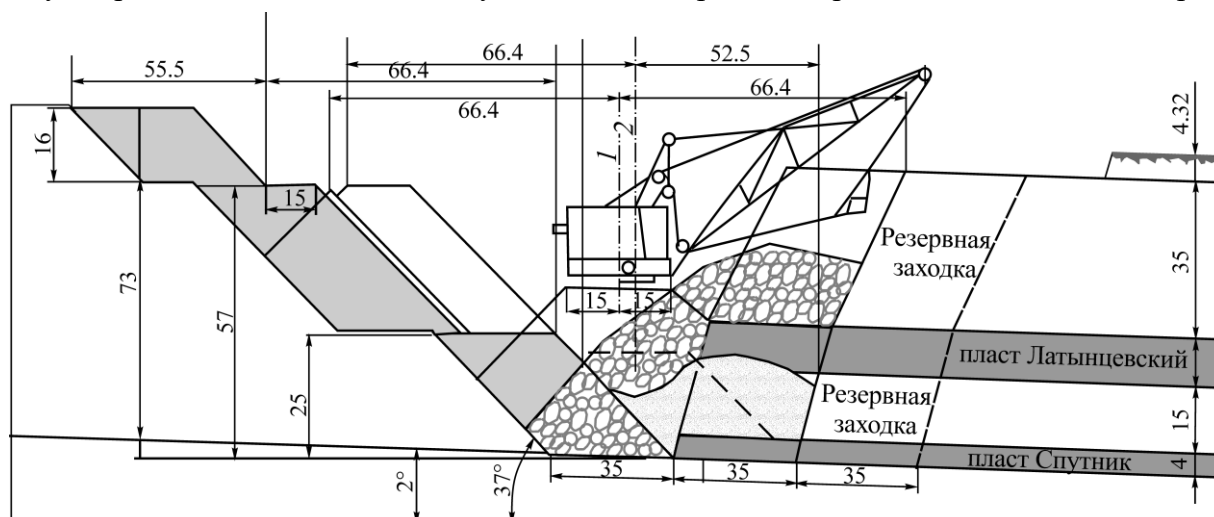


Рис. 1. Технологическая схема усложненной бестранспортной отработки междупластий свиты угольных пластов: 1 — ось I хода ЭШ-15/90; 2 — ось II хода ЭШ-15/90; (размеры на рисунке указаны в метрах)

На разрезах бассейна коэффициент сброса вскрышных пород в бестранспортной технологии изменяется в пределах 0.12–0.4, его расчетные значения в рассмотренных технологических схемах колеблются от 0.07 до 0.46 (в зависимости от удельного расхода взрывчатых веществ и параметров взрываемого блока).

Анализ результатов проведенных исследований выявил следующие зависимости изменения коэффициента сброса от условий залегания и мощности угольных пластов, от параметров взрываемых блоков, схем и средств взрывания, удельного расхода применяемых взрывчатых веществ (таблица, рис. 2):

- коэффициент сброса растет при увеличении мощности угольных пластов и снижается при увеличении угла их падения;
- при изменении высоты вскрышного уступа от 0 до 25 м коэффициент сброса падает и остается практически постоянным при дальнейшем увеличении высоты (25–65 м);
- увеличение ширины вскрышной заходки при прочих равных условиях ведет к снижению коэффициента сброса;
- наибольшее влияние на коэффициент сброса оказывает удельный расход взрывчатых веществ, значения которого прямо пропорциональны значению последнего.

Использование на практике полученных результатов исследований при рациональном сочетании принимаемых параметров взрываемого блока и удельного расхода взрывчатых веществ в конкретных горно-геологических условиях дает возможность наиболее эффективно использовать энергию массового взрыва для перемещения вскрышных пород непосредственно во внутренний отвал.

Результаты моделирования технологических бестранспортных схем отработки массивов вскрышных пород

Номер схемы	Изменение коэффициента сброса $k_{сбр}$ в зависимости от													$q / Ш_p$
	α	q	h_y / α							m	$Ш_3$, м при α , град			
			0	2	5	7	10	12	15		5	10	13	
1	1/ 0.21	0.40/ 0.07	10/ 0.53	10/ 0.46	10/ 0.42	10/ 0.39	10/ 0.37	10/ 0.34	10/ 0.28	2.0/ 0.13	20/ 0.240	20/ 0.220	20/ 0.190	0.40/ 71.69
2	2/ 0.20	0.45/ 0.09	15/ 0.46	15/ 0.40	15/ 0.38	15/ 0.34	15/ 0.31	15/ 0.28	15/ 0.25	3.0/ 0.15	25/ 0.230	25/ 0.210	25/ 0.180	0.45/ 75.01
3	3/ 0.19	0.50/ 0.11	20/ 0.30	20/ 0.28	20/ 0.26	20/ 0.24	20/ 0.21	20/ 0.19	20/ 0.17	4.0/ 0.16	30/ 0.225	30/ 0.205	30/ 0.175	0.50/ 78.28
4	4/ 0.18	0.60/ 0.14	25/ 0.23	25/ 0.21	25/ 0.18	25/ 0.17	25/ 0.15	25/ 0.14	25/ 0.13	5.0/ 0.17	35/ 0.220	35/ 0.200	35/ 0.170	0.60/ 84.71
5	5/ 0.17	0.70/ 0.17	30/ 0.23	30/ 0.21	30/ 0.19	30/ 0.17	30/ 0.15	30/ 0.14	30/ 0.13	7.0/ 0.18	40/ 0.210	40/ 0.190	40/ 0.160	0.70/ 91.04
6	7/ 0.16	0.76/ 0.19	35/ 0.23	35/ 0.21	35/ 0.19	35/ 0.17	35/ 0.15	35/ 0.14	35/ 0.13	9.0/ 0.19	—	—	—	0.76/ 94.66
7	9/ 0.15	0.80/ 0.21	40/ 0.24	40/ 0.21	40/ 0.19	40/ 0.17	40/ 0.15	40/ 0.14	40/ 0.13	11.0/ 0.20	—	—	—	0.80/ 97.03
8	12/ 0.14	0.90/ 0.26	45/ 0.25	45/ 0.21	45/ 0.19	45/ 0.17	45/ 0.15	45/ 0.14	45/ 0.13	13.0/ 0.21	—	—	—	0.90/ 103.52
9	15/ 0.12	1.0/ 0.30	50/ 0.25	50/ 0.22	50/ 0.18	50/ 0.17	50/ 0.15	50/ 0.14	50/ 0.13	—	—	—	—	1.00/ 109.72
10	—	1.10/ 0.35	55/ 0.26	55/ 0.22	55/ 0.18	55/ 0.17	55/ 0.15	55/ 0.14	55/ 0.13	—	—	—	—	1.10/ 115.90
11	—	1.20/ 0.39	60/ 0.26	60/ 0.23	60/ 0.19	60/ 0.17	60/ 0.15	60/ 0.14	60/ 0.13	—	—	—	—	1.20/ 122.08
12	—	1.40/ 0.43	65/ 0.25	65/ 0.23	65/ 0.19	65/ 0.17	65/ 0.15	65/ 0.14	65/ 0.13	—	—	—	—	1.40/ 130.11
13	—	1.60/ 0.46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.60/ 132.00

Примечание. α — угол падения пласта; h_y — высота вскрышного уступа; m — мощность угольного пласта; Ш_з — ширина заходки; Ш_р — ширина развала; q — удельный расход ВВ.

Опыт эксплуатации разрезов Южного Кузбасса показал, что при благоприятном сочетании приведенных факторов взрывное перемещение вскрышных пород в выработанное пространство позволит значительно уменьшить объемы переэкскавации горной массы и на 25–30 % снизить затраты на вскрышные работы в зоне бестранспортной технологии.

Повышение эффективности взрывов на сброс возможно на основе: применения новых методов направленного взрывания, позволяющих увеличить коэффициент сброса породы без существенного роста удельного расхода взрывчатых веществ; оптимизации технологических па-

раметров буровзрывных работ; совершенствования схем взрывания; использования дешевых взрывчатых веществ с повышенными метательными свойствами и современных средств взрывания. Большое значение имеют также природные факторы, определяющие характер залегания отрабатываемой залежи, и условия формирования внутренних отвалов вскрышных пород, в том числе приемную способность и устойчивость последних [15].

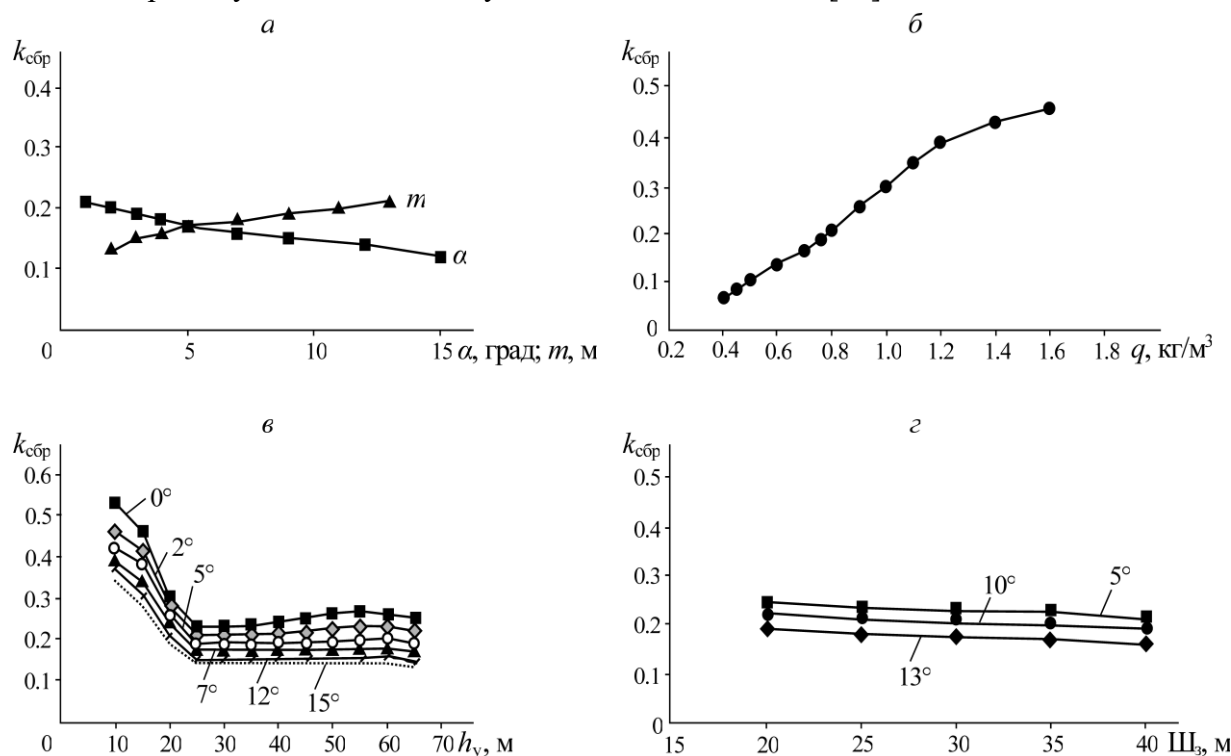


Рис. 2. Зависимость коэффициента сброса: *а* — от мощности угольного пласта m и угла его падения α ; *б* — от удельного расхода взрывчатого вещества; *в* — от высоты вскрышного уступа h_y при различных значениях угла падения пласта α (при постоянной ширине заходки и мощности угольного пласта); *з* — от ширины вскрышной заходки при различных значениях углов наклона угольного пласта

Кроме взрывного перемещения вскрышных пород, следует отметить и другие приоритетные направления повышения эффективности бестранспортной технологии на разрезах. Это увеличение мощности вскрышной толщи месторождений, отрабатываемой по бестранспортной технологии, за счет: технического оснащения разрезов экскаваторами-драглайнами с удлиненными стрелами (например, драглайны из линейки ПАО «Уралмашзавод» с длиной стрелы 90–130 м и вместимостью ковша 20–100 $м^3$); совершенствования схем экскавации и переэкскавации вскрышных пород с использованием моделей драглайнов, адаптированных под горно-геологические и горнотехнические условия разрабатываемых залежей; увеличения высоты и углов откосов вскрышных уступов в бестранспортной зоне; совершенствования способов повышения устойчивости и приемной способности внутренних отвалов вскрышных пород [16].

Хорошие результаты в повышении эффективности применения бестранспортной системы разработки позволяет получить использование комплектов экскаваторов–драглайнов. Формирование комплектов должно осуществляться на основании разработки вариантов технологиче-

ских схем и соответствующих им графиков организации работы оборудования в каждом конкретном горно-геологических и горнотехнических условиях. Результаты исследований позволяют объективно оценивать возможности бестранспортной технологии при отработке массивов вскрышных пород на пологопадающих месторождениях, а также проводить обоснованный выбор экскаваторов-драглайнов и оптимизацию параметров вскрышных уступов в бестранспортной зоне разрезов.

ВЫВОДЫ

Увеличение долевого участия и повышение эффективности бестранспортной технологии отработки массивов вскрышных пород экскаваторами-драглайнами — одно из приоритетных направлений совершенствования комбинированной системы разработки пологопадающих угольных месторождений. Использование взрывного перемещения в выработанное карьерное пространство части объемов вскрыши повысит продуктивность работы драглайнов и снизит эксплуатационные расходы на выемку и переэкскавацию горной массы.

Установлены зависимости коэффициента сброса от условий залегания полезного ископаемого и параметров взрываемого блока. Выявлено, что в наибольшей степени на него оказывает влияние удельный расход взрывчатых веществ и высота взрываемого вскрышного уступа. В меньшей степени на коэффициент сброса оказывают влияние мощность угольных пластов, углы их падения и ширина экскаваторной заходки.

Приведены возможные направления совершенствования взрывов на сброс и повышения эффективности бестранспортной технологии на пологопадающих месторождениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кортелев О. Б., Ческидов В. И., Молотилев С. Г., Норри В. К. Открытая разработка угольных пластов с перемещением горной массы экскаваторами-драглайнами. — Новосибирск: ИП “Илюшин”, 2010. — С. 215.
2. Ческидов В. И., Акишев А. Н., Саканцев Г. Г. К вопросу применения драглайнов на алмазорудных месторождениях Якутии // ФТПРПИ. — 2018. — № 4. — С. 111–123.
3. Покровский Г. И., Федоров И. С. Возведение гидротехнических земляных сооружений направленным взрывом. — М.: Стройиздат, 1971. — 212 с.
4. Красногоров В. М. Подражающие молниям. — М.: Знание, 1977. — С. 192.
5. Lee Buchsbaum. Four draglines and seven splitting seams, Coal Age, June, 2010. — P. 21–24.
6. Usibelli Coal Mine / <http://www.usibelli.com/mine-process.php>, 2017.
7. Case Study: Cast Blasting at Wilkie Creek Coal Mine / <http://www.oricaminingservice.com/Uploads/Collateral>, 2017.
8. Isaac Plains Coal Mine / <http://www.isaacplains.com.au/information>, 2012.
9. Case Study: Improved Dragline Productivity through maximizing Cast / www.oricaminingservices.com / Document reference: 100063, 2017.
10. Ле Конг Кыонг, Кузнецов В. А. Экспериментальные исследования и аналитическая оценка коэффициента сброса вскрышных пород при их взрывной перевалке // ГИАБ. — 2013. — № S210. — С. 3–8.
11. Кириллов М. А. Повышение эффективности взрывного перемещения вскрышных пород в выработанное пространство при бестранспортной системе разработки угольных месторождений: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Иркутск, 1999. — С. 192.

12. **Ивановский Д. С.** Результаты опытных работ по взрывному перемещению разнопрочных горных пород // Горн. вестн. Узбекистана. — 2009. — № 1. — С. 73–75.
13. **Бибик И. П., Ивановский Д. С.** Исследование технологии массовых взрывов на сброс вскрышных пород в отработанное пространство карьера “Ташкура” // Горн. журн. — 2010. — № 2. — С. 36–40.
14. **Цымбалюк Т. А., Немова Н. А.** Мероприятия по повышению устойчивости внутренних бестранспортных отвалов на слабом основании в условиях разреза “Моховский” ХК “Кузбассразрезуголь” // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. — 2018. — Т. 5. — № 2. — С. 173–177.
15. **Ческидов В. И., Бобыльский А. С., Резник А. В.** Методические основы расчета параметров бестранспортных технологических схем открытой разработки свиты пологопадающих угольных пластов // ФТПРПИ. — 2017. — № 2. — С. 95–101.
16. **Резник А. В.** Оптимизация параметров бестранспортной технологии при открытой разработке пологопадающих угольных месторождений Кузбасса // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. — 2018. — Т. 5. — № 2. — С. 160–167.

Поступила в редакцию 27/II 2020

После доработки 10/III 2020

Принята к публикации 10/IV 2020