УДК 622.684

И.А. Паначев, И.В. Кузнецов

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЕМКОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГОРНОЙ МАССЫ БОЛЬШЕГРУЗНЫМИ АВТОМОБИЛЯМИ НА РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА

Эффективность разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом существенно зависит от вида транспорта, применяемого для перевозки горной массы (автомобильного, железнодорожного, конвейерного, гидравлического и др.), выбор которого определяется горно-геологическими условиями месторождений.

Из всех процессов открытой разработки транспортирование горной массы является наиболее трудоемким. Доля транспортных работ в общей себестоимости добычи составляет 50% и более. Поэтому снижение затрат на транспортирование является одной из важных задач повышения технико-экономических показателей открытого способа разработки.

В последние годы на разрезах Кузбасса все более широкое применение находит автомобильный транспорт, представляемый рядом большегрузных автомобилей марки БелАЗ с грузоподъемностью от 55т до 320 тонн. На разрезах Кузбасса на долю автотранспорта приходится от 80 до 100% перевозимой горной массы (рис.1).

Поэтому оценка энергоемкости транспортирования горной массы автомобильным транспортом на разрезах Кузбасса представляет, как практический, так и научный интерес.

Производительность автомобиля оценивается либо объемом перевезенной горной массы (в $м^3$ или тоннах), либо величиной грузооборота (тонно-километрах). Однако эти показатели не учитывают горно-геологических и технологических условий разрабатываемого месторождения (глубина разреза, подъемы, спуски и др.).

Поэтому для оценки эффективности работы автотранспорта целесообразно использовать универсальный показатель – энергоемкость процесса транспортирования, характеризующий расход энергии, учитывающий техническое состояние, как автомобиля, так и технологических дорог.

За критерий оценки энергетической эффективности транспортных систем глубоких карьеров была принята величина удельных затрат энергии на подъем 1 т горной массы из карьера, которая может быть определена по формуле [1]

$$P_ф = g/i \cdot k_{пер} \cdot k_{ут} \cdot k_д \ , \qquad (1)$$

где $P_ф$ – удельные затраты энергии на подъем 1 т горной массы на 1 м, г у. т./т·м (грамм условного топлива/т·м); g – удельный расход дизтоплива автосамосвалами, г/т·м; i – уклон трассы, ‰; $k_{пер}$ – коэффициент переработки, учитывающий затраты энергии на получение дизтоплива из нефти ($k_{пер}$=1,18÷1,20) [3]; $k_д$ – коэффициент, учитывающий затраты энергии на добычу и транспортирование топлива ($k_д$=1,04÷1,10) [4]; $k_{уТ}$ – коэффициент, учитывающий разницу удельной теплоты сгорания дизельного и условного топлива ($k_{ут}$=1,5).

Тогда коэффициент полезного использования энергии (η) определится из выражения [1]

$$\eta = P_T / P_ф Q_{у.т} \qquad (2)$$

где P_T – теоретически необходимая величина расхода энергии на подъем 1 т горной массы на высоту 1 м (P_T=9,81 кДж/т·м); $Q_{у.Т.}$ – удельная теплота сгорания условного топлива, кДж/г ($Q_{у.т}$ = 29,3 кДж/г).

Для оценки энергоемкости карьерного автотранспорта удельная работа по подъему горной массы определялась по формуле

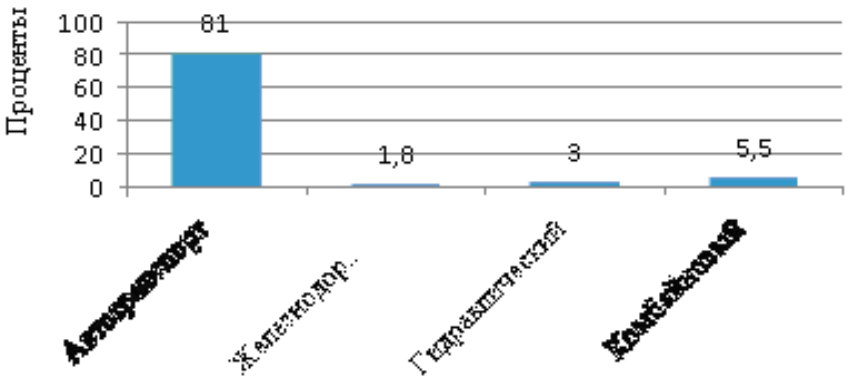


Рис. 1. Доля автотранспорта в процессе транспортирования горной массы

$$A = P_{\Phi}(k_T+1)(\omega_0/i+1) \quad (3)$$

где A – удельная работа по подъему горной массы, кДж/т·м; k_T – коэффициент тары автосамосвала; ω_o – коэффициент сопротивления движению груженого автосамосвала; i – уклон трассы, %. Такие составляющие, как коэффициент сопротивления движению груженого автосамосвала (ω_0), уклон трассы (i), удельные затраты условного топлива на подъем горной массы (P_ϕ) влияют, как на удельную работу по подъему горной массы, характеризующую энергоемкость, так и на долговечность автосамосвала.

Для определения расхода топлива на разрезах Кузбасса был проведен мониторинг работы автосамосвалов БелАЗ-75131 в течение одного месяца в различных горно-геологических и технологических условиях. Угол наклона при подъемах на борт изменялся от 20 до 60‰. Этот диапазон был разбит на участки с шагом 10‰.

Анализ показал, что автосамосвалы большую часть времени работали на участках с углом подъема трассы 50-60‰.

Для обследования было принято два автосамосвала с разным сроком эксплуатации, пробег которых сначала эксплуатации составлял: БелАЗ-75131 №1207 – 200000 км, БелАЗ-75131 №1345 – 80000 км.

Полученные данные по удельному расходу топлива и уклонам были подставлены в расчетные формулы. В результате проведенных расчетов были построены графики (рис. 2, 3).

Из области распределения точек видно (см. рис.2, 3), что данный процесс транспортирования горной массы, который характеризуется удельными затратами энергии, является нестационарным. Это говорит о том, что очень сложно описать данный процесс аналитическим путем.

Такая задача может быть решена только экспериментально в производственных условиях. При этом необходимо оценить влияние различных факторов на удельные затраты энергии автосамосвалов, а также проанализировать зависимость между такими показателями, как удельная работа по подъему горной массы и коэффициент полезного использования энергии, которые напрямую зависят от удельных затрат энергии.

Для учета влияния расстояния перевозки на удельные затраты энергии была построена пузырьковая диаграмма (рис. 4, 5). Пузырьки разных размеров позволяют визуально выделить конкретные значения, характеризующие расстояние перевозок. Этому соответствует область распределения точек, по которой можно сделать следующие выводы: маленькие пузырьки могут находиться очень высоко, что характеризует высокие удельные затраты при небольших расстояниях пере-



Рис. 2. График удельных затрат энергии автосамосвала БелАЗ-75131 №1207 при уклоне 50-60‰



Рис. 3. График удельных затрат энергии автосамосвала БелАЗ-75131 №1345 при уклоне 50-60‰

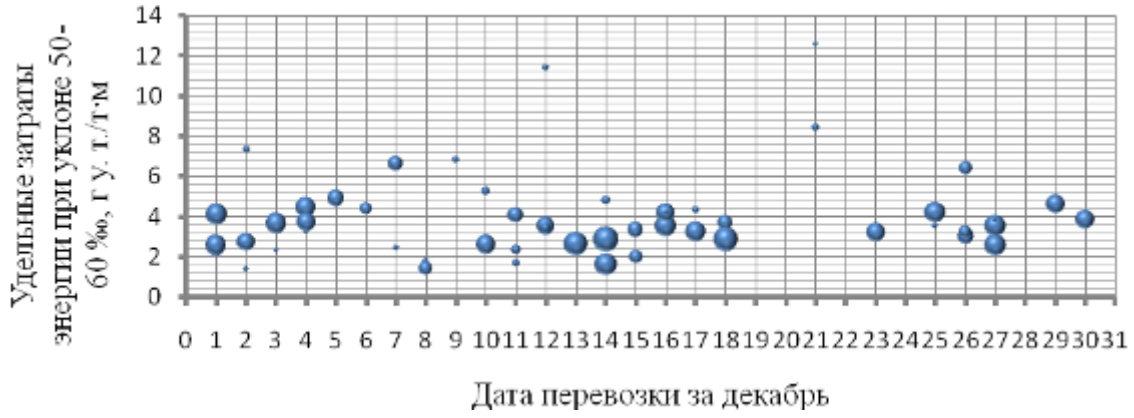


Рис. 4. Влияние расстояния перевозок на удельные затраты энергии автосамосвала БелАЗ-75131 №1207

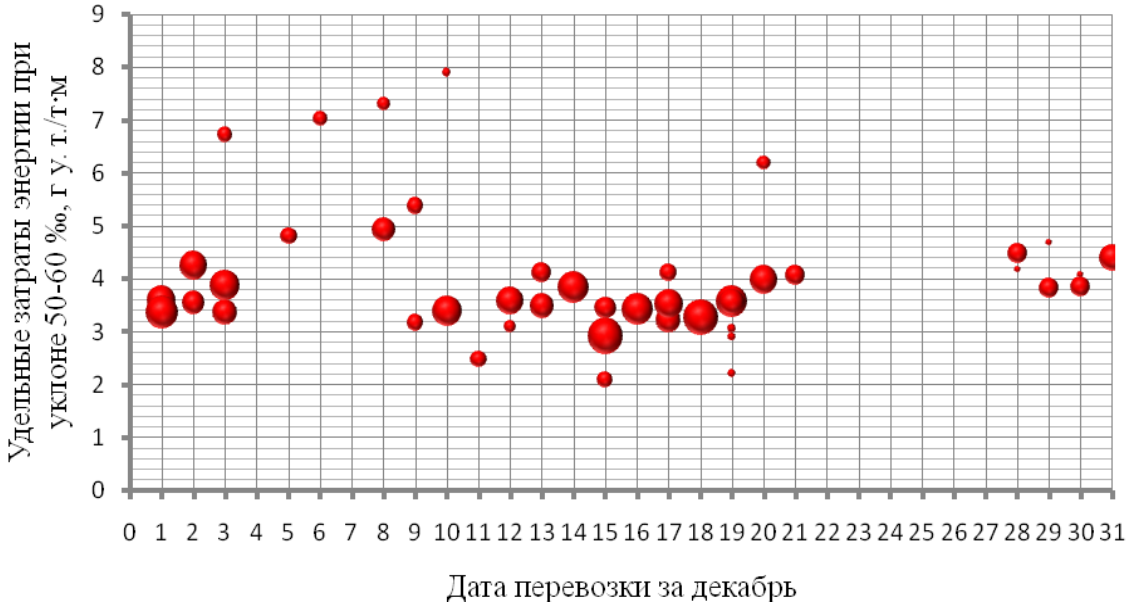


Рис. 5. Влияние расстояния перевозок на удельные затраты энергии автосамосвала БелАЗ-75131 №1345

возки горной массы, а большие пузырьки, наоборот, располагаются в нижней части диаграммы, что характеризует малые удельные затраты при больших расстояниях перевозки горной массы. Диаграмма отчетливо показывает степень совместного влияния расстояния транспортирования и объема перевозимой горной массы, так как большие расстояния не всегда соответствуют большим удельным затратам энергии. Это свидетельствует о существенном влиянии таких факторов, как перегруз автомобиля, квалификация машиниста экскаватора.

Полученные результаты наблюдений за процессом транспортирования горной массы автосамосвалами позволили произвести расчет удельной работы. Коэффициент сопротивления движению груженого самосвала ω_0 принимался равным 0.1; 0.2; 0.3, что соответствует уклонам подъема трассы i равным 50-60‰.

По полученным данным построены графики зависимости коэффициента полезного использования энергии от удельной работы автосамосвала по подъему горной массы при ω_0 равном 0.1 (рис.6, 7).

Результаты подбора математической модели для описания экспериментальной зависимости приведены в табл. 1.

Из анализа полученных математических моделей следует, что зависимость коэффициента полезного использования энергии от удельной работы по подъему горной массы для автосамосвала БелАЗ-75131 различного пробега описывается общей эмпирической зависимостью

$$\eta = 163A^{-0,98}.$$

На рис. 8 показана область оптимальных значений удельной работы по подъему горной массы и коэффициента полезного использования энер-

гии. Удельная работа по подъему горной массы (A) автосамосвала должна находиться в пределах 12-23 кДж/т·м, а коэффициент полезного использования энергии (η) в пределах 6-11%, что соответствует эффективной работе автосамосвала и увеличению энергоемкости процесса транспортирования горной массы. А так как на удельную работу по подъему горной массы и на коэффициент полезного использования энергии влияют такие факторы, как расстояние транспортирования, объем перевозимой горной массы, уклон трассы и т. д., соответствие рекомендуемым интервалам значений удельной работы и коэффициента полезного использования энергии позволит увеличить ресурс и долговечность автосамосвала. Следовательно, энергоемкость процесса транспортирования горной массы, как универсальный показатель, характеризует не только удельный расход энергии, но и долговечность транспортирующего средства.

Для анализа энергоемкости автосамосвалов БелАЗ-75131 полученные результаты представлены в табл. 2.

Из табл. 2 следует:

1) энергоемкость транспортирования горной массы автомобильным транспортом зависит от совместного влияния таких факторов, как расстояние перевозки и объем перевозимой массы, так как большее расстояние перевозки не всегда соответствует большим удельным затратам дизтоплива;

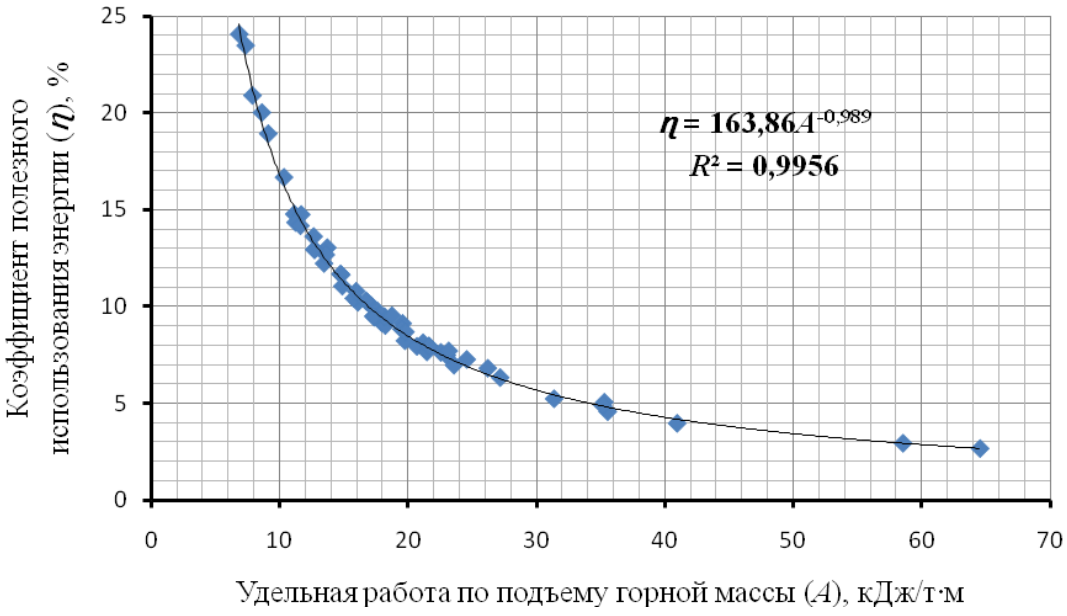


Рис. 6. Зависимость коэффициента полезного использования энергии (η) от удельной работы по подъему горной массы (A) автосамосвала БелАЗ-75131 №1207

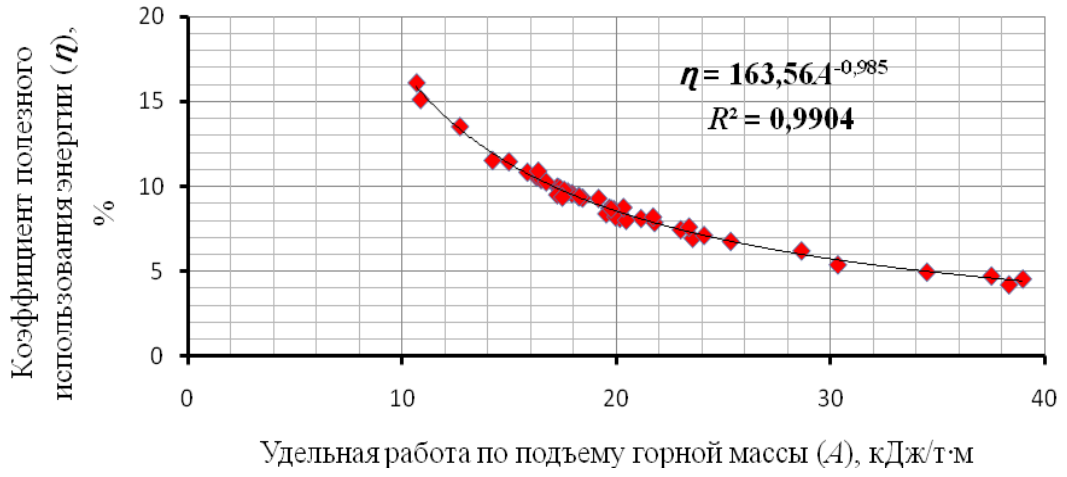


Рис. 7. Зависимость коэффициента полезного использования энергии (η) от удельной работы по подъему горной массы (A) автосамосвала БелАЗ-75131 №1345

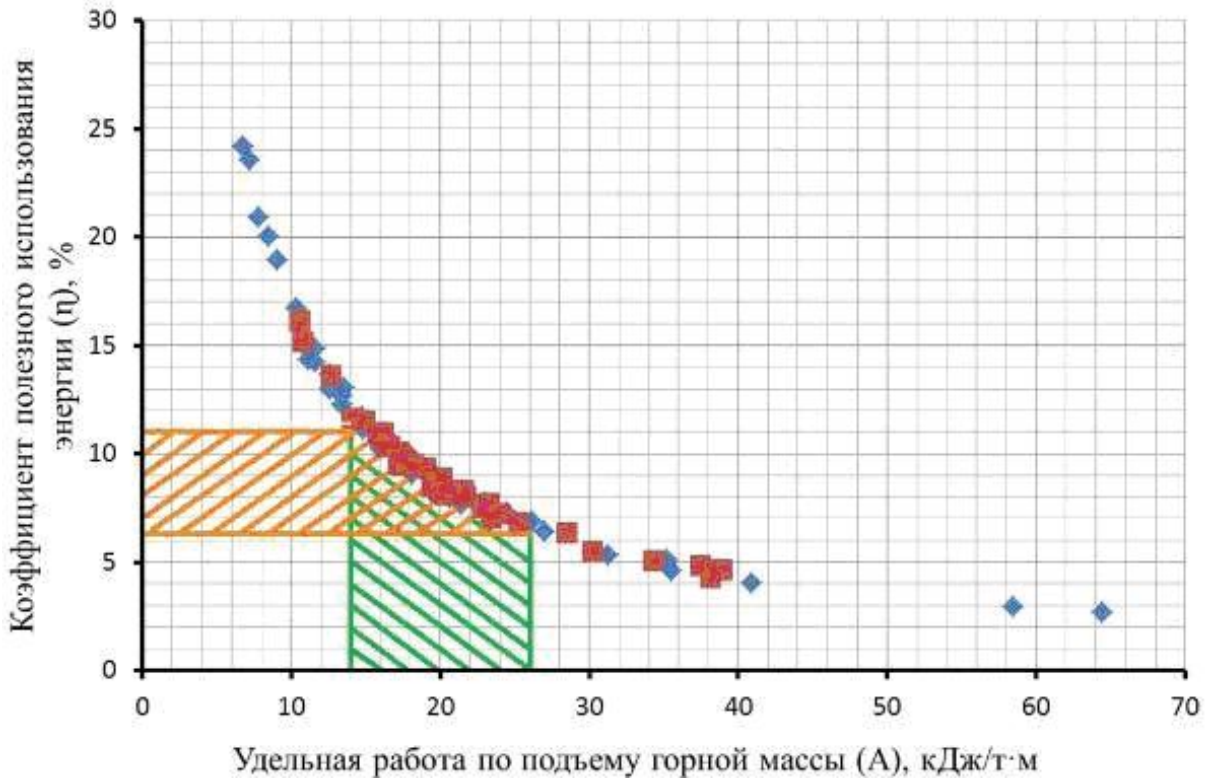


Рис. 8. Зависимость коэффициента полезного использования энергии (η) от удельной работы по подъему горной массы (А) автосамосвалов БелАЗ-75131 №1345 и БелАЗ-75131 №1207

Таблица 2. Показатели энергоемкости автосамосвалов БелАЗ 75131 №1207 и №1345 за декабрь

Уклоны, ‰	Расстояние перевозки, км	Удельные затраты, г у. т./т·м	Коэффициент полезного использования энергии, %	Значение удельной работы по подъему горной массы		
				при ω_o=0,1	при ω_o=0,2	при ω_o=0,3
51	1,1 – 2,9 1,1 – 2,8	2,6 – 6,6 3,1 – 7,3	5,1 – 13,1 4,6 – 10,9	13,7 – 35,2 16,3 – 38,9	22,7 – 58,6 27,2 – 64,8	43,5 – 81,9 38,0 – 90,6
54	1,2 – 5,0 1,75 – 4,65	2,0 – 12,6 2,1 – 6,7	2,7 – 20 4,9 – 16	7,3 – 64,5 10,7 – 34,5	12,1 – 106,4 17,6 – 56,9	16,8 – 148,3 24,6 – 79,3
58	1,0 – 3,5 1,7 – 3,7	1,4 – 6,4 2,2 – 6,1	5,2 – 24 5,4 – 15,1	6,8 – 31,3 10,9 – 30,3	11,1 – 51,2 17,7 – 49,5	15,4 – 71 24,6 – 68,7
59	0,8 – 1,5 1,15	4,1 – 8,4 7,9	3,9 – 8,2 4,2	19,7 – 40,9 38,3	32,1 – 66,6 62,4	44,5 – 92,4 86,5

Примечание: БелАЗ – 75131 №1207 / БелАЗ – 75131 №1345

2) полученная математическая модель зависимости коэффициента полезного использования энергии (η) от удельной работы по подъему горной массы (A) при непрерывном мониторинге удельных затрат дизтоплива, что осуществляется на каждом разрезе, снижает определенные, как временные, так и материальные затраты на анализ технического состояния автосамосвала и состояния технологических дорог и способствует рационально распределить автосамосвалы для работы в забоях в зависимости от названных факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тангаев И. А*. Энергоемкость процессов добычи и переработки полезных ископаемых. – М.: Недра, 1986. – 231 с.

2. *Сисин А. Г., Лукин Ю. Г.* Основные резервы экономии дизельного топлива на карьерном транспорте//Разработка рациональных технологий добычи руд цветных металлов: Сб. научн. тр./Ин-т Унипромедь. – Свердловск, 1988. – С. 39–45.

3. *Ставров О. А*. Перспективы создания эффективного электромобиля. – М.: Наука, 1984. – 88 с.

4. *Бесчинский А. А., Коган Ю. М.* Экономические проблемы электрификации. – М.: Энергия, 1976. – 424 с.

Авторы статьи:

Паначев
Иван Андреевич,
докт. техн. наук, профессор каф.
сопротивления материалов КузГТУ,
тел. 8-(384-2)-396326

Кузнецов
Илья Витальевич,
аспирант КузГТУ,
тел. 8-(384-2)-396327

УДК 622.831.22

А. В. Ремезов, В. В. Климов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ОТ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ И ЗОН ПГД НА ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ

Своевременное воссоздание очистного фронта во все времена работы угольной отрасли являлось актуальной задачей и требовало разработки специальных мер по их решению. При высоких скоростях отработки выемочных столбов для обеспечения высокой нагрузки на очистные забои и высокой производительности труда (доказано мировой практикой угольной промышленности) доказано, что высоких результатов можно добиться только при охране выработок, прилегающих к очистному забою оставленными целиками угля, параметры которых в зависимости от горно-геологических условий рассчитываются по определенным нормативным документам [1, 2, 3], а затем корректируются в ходе отработки запасов в границах шахтного поля. Требование одновременного проведения нескольких параллельных выработок, разделенных целиками угля, не только является технологией, обеспечивающей своевременное оконтуривание выемочных столбов, но и диктуется требованиями безопасности, обеспечивающими запасной выход на параллельную выработку при подготовке выемочных столбов большой протяженности. Но оставление целиков угля для охраны выработок на вышележащих пластах, в свою очередь, создает отрицательное влияние на нижележащие пласты угля в виде зон повышенного горного давления (ЗПГД).

Горное давление, формируемое оставленными целиками угля на выше отрабатываемых пластах, накладывается на горное давление, формирующееся опорным давлением от очистного забоя на нижележащем угольном пласте, резко влияет на ширину угольных целиков угля на отрабатываемом угольном пласте, что в свою очередь влияет на качество состояния поддерживаемых выработок и требует, или изменения вида выбранного крепления охраняемых выработок, или увеличения плотности его установки, или одновременного того и другого, что резко влияет на стоимость подготовки запасов, а затем, в последствии, и на снижение темпов отработки выемочных столбов. Тщательное изучение всех причин, влияющих на состояние охраняемых горных выработок, является актуальной задачей, связанной со снижением затрат на подготовку промышленных запасов, своевременную их подготовку, повышению нагрузки на очистные забои, снижения себестоимости добытого угля.

При отработке выемочных столбов пласта Толмачевского в левой части уклонного поля № 18-2 подобные исследования проводились в достаточном объеме. Было выявлено, что при нисходящей отработке выемочных столбов №№ 18-25, 18-27, 18-29, 18-31, горно-геологические условия их отработки с увеличением глубины разработки значительно изменялись в сторону ухудшения и требовали применения дополнительных решений по управлению горным давлением, создаваемым опорным давлением от очистного забоя на охранные целики, охраны ниже проведенных горных выработок в связи с изменением мощности и прочности основной кровли, наличия достаточной мощности непосредственной кровли, изменения шага обрушения основной кровли [4], ее зависа-