

УДК:622.68: [622.83:550.8]

DOI: 10.25635/2313-1586.2019.03.130

Котяшев Альберт Александрович
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
лаборатории разрушения горных пород,
Институт горного дела УрО РАН,
620075 г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58

Kotyashev Albert A.
Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher,
Laboratory of Rock Destruction,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,
620075, Ekaterinburg,
58 Mamina-Sibiryaka Str.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ
ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ
КОМПЛЕКСОВ***

**ASSESSMENT OF THE IMPACT
OF TECHNOLOGY FACTORS
ON PERFORMANCE INDICATORS
OF LOADING TRANSPORT COMPLEXES**

Аннотация:

Проанализированы условия эксплуатации и технологические показатели работы горно-транспортного оборудования в динамике разработки месторождения по добыче хризотил-асбеста. Выявлены основные особенности и закономерности изменения параметров и показателей эксплуатации погрузочно-транспортных комплексов с ростом глубины карьеров, пространственных размеров и качества подготовки горной массы к выемке и доставке в пункты приема внутри карьера и на земной поверхности.

Ключевые слова: условия, горная масса, погрузочно-транспортные комплексы, показатели работы, закономерности.

Abstract:

The paper analyzes the conditions of exploitation and the technological indicators of mining-and-transport equipment work over time of development of the field of chrysotile asbestos mining. The main features and regularities of changes in parameters and indicators while handling the loading transport complexes with increasing depth of quarries, spatial dimensions and preparation quality of the rock mass for excavation and delivering to the reception center inside the quarry and on the earth's surface have been revealed.

Key words: conditions, rock mass, loading transport complexes, performance indicators, regularities

Введение

Буровзрывной способ разрушения локальных массивов при открытой разработке месторождений минерального сырья для подготовки горной массы к выемке и доставке в пункты приема пород и руд остается преобладающим и наиболее экономичным на ближайшую перспективу. Целью данной работы является статистическая оценка горнотехнических условий и влияния технологических факторов на показатели эксплуатации погрузочно-транспортных комплексов в динамике разработки асбестовых месторождений. При проведении исследований использованы методы системного анализа факторов, характеризующих условия эксплуатации буровзрывного комплекса, технологических и технико-экономических показателей, корреляционно-регрессионного анализа, моделирования и натуральных наблюдений.

В процессе исследований выявлены тенденции изменения технологических факторов, характеризующих условия разработки месторождений, а именно: глубины карьеров, крепости взорванных горных пород, выхода негабаритных фракций во взорванной горной массе, установлены закономерности и дана оценка изменения показателей — удельного расхода ВВ, выхода горной массы с 1 п. м. скважин.

Результаты исследований целесообразно использовать при проектировании и подготовке технологических взрывов на горных предприятиях при отработке глубоких горизонтов. С использованием установленных закономерностей и дальнейшего совершенствования технологии буровзрывной подготовки горной массы к выемке возможно

* Исследования проведены в рамках выполнения Государственного задания 007-00293-19-00, тема № 0405-2016-0001.

на определенный период времени обеспечить рост производительности и стабилизацию технико-экономических показателей работы погрузочно-транспортных комплексов при разработке асбестовых месторождений. Одной из проблем при добыче минерального сырья открытым способом является преодоление отрицательного влияния комплекса технологических факторов, определяющих уровень производительности и эффективности работы погрузочно-транспортных комплексов. С ростом глубины и размеров горных разработок в пространстве изменяется соотношение вмещающих пород в сторону увеличения плотности и крепости в среднем на 0,4 – 0,6 единиц на каждые 100 м понижения рабочей зоны на железорудных месторождениях. При этом наблюдается снижение выхода горной массы с 1 п. м. взрываемых скважин, ухудшение гранулометрического состава за счет увеличения доли некондиционных фракций во взорванной горной массе. В подобных случаях для качественной подготовки горной массы к выемке и дальнейшему транспортированию возникает необходимость увеличения удельного расхода дорогостоящих взрывчатых материалов и, соответственно, себестоимости добычи минерального сырья [1]. Одним из главных требований ко взорванной горной массе на горных предприятиях является минимальный выход негабаритных фракций для повышения эффективности работы выемочно-погрузочного оборудования. Поэтому в данном направлении проводится значительное количество теоретических и практических исследований и изысканий [2, 3, 4, 5]. В отличие от железорудных, месторождения по добыче хризотил-асбеста на Урале характеризуются значительным разнообразием как по структуре залегания руд и пород в локальных массивах, так и по крепости и прочности. Так, Баженовское месторождение представлено преимущественно перидотитами, серпентинитами, габбро, диоритами и тальк-карбонатными породами III-V категорий взрываемости по местной классификации с крепостью от 4 до 15 единиц по шкале проф. М.М. Протодяконова (рис. 1). В табл. 1 приведена краткая характеристика физико-механических свойств скальных пустых и скальных рудоносных пород. Из данных табл. 1 видно, что объемная масса пород варьируется в пределах от $2,47 \cdot 10^3$ кг/м³ до $3,1 \cdot 10^3$ кг/м³, при средней величине от $2,66 \cdot 10^3$ кг/м³ до $3,02 \cdot 10^3$ кг/м³, предел прочности пород на растяжение изменяется от 5,5 до 42,8 Мпа при средней величине от 12,6 до 23,3 Мпа, а на сжатие, соответственно, от 32,4 до 235,5 Мпа при средней величине от 93,1 до 144,7 Мпа. Скорость продольных волн варьируется в пределах от 4280 до 7562 м/с при средней величине от 5644 до 6364 м/с, а поперечных, соответственно, от 2253 до 4100 м/с при средней величине от 2945 до 3715 м/с.

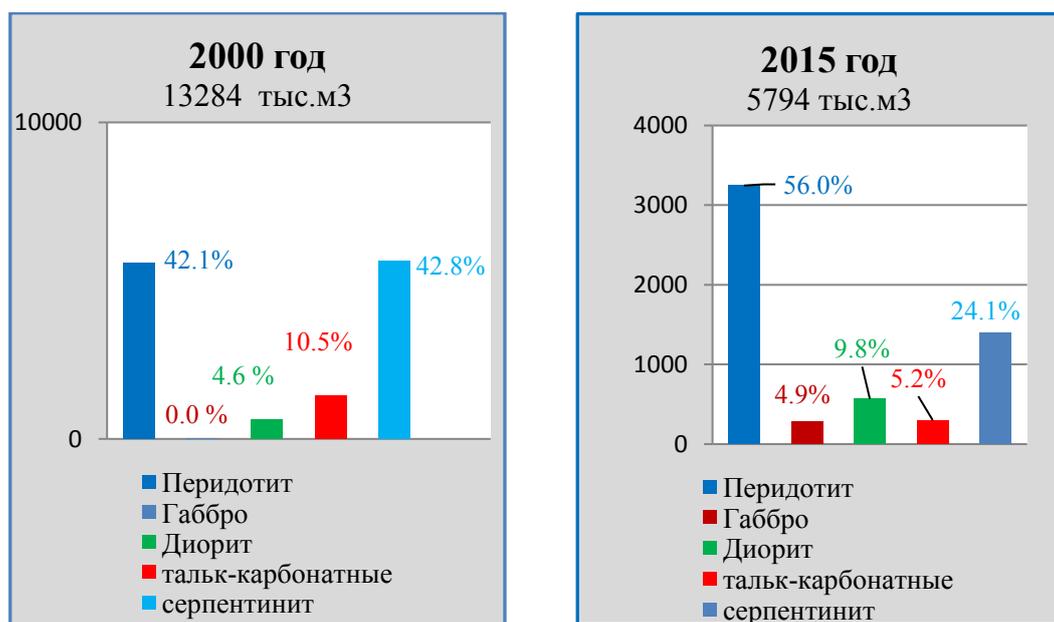


Рис. 1 – Динамика структуры и объемов выемки скальных пород

Таблица 1

Краткая характеристика физико-механических свойств пород

Наименование пород	Объемная масса γ_o , кг/м ³ 10 ³	Коэффициент динамической крепости, $f_{кр}$	Предел прочности пород на		Скорость волн		Модуль Юнга (динам) E , МПа10 ²
			растяжение σ_p , МПа	сжатие $\sigma_{сж}$, МПа	продольной V_p , м/сек	поперечной V_s , м/сек	
1	2	3	4	5	6	7	8
Скальные пустые породы							
Габбро	<u>2,86 - 3,1</u>	<u>7,9 - 28,6</u>	<u>12,6- 32,9</u>	<u>55,1- 216,5</u>	<u>5368- 6900</u>	<u>3166- 4100</u>	<u>777,9- 1240,3</u>
	<i>Ср.3,02</i>	<i>Ср.15,2</i>	<i>Ср.23,3</i>	<i>Ср.144,7</i>	<i>Ср.6364</i>	<i>Ср.3715</i>	<i>Ср.1037</i>
Диорит	<u>2,74 - 2,94</u>	<u>6,6 - 30,0</u>	<u>12,5- 29,4</u>	<u>71,8- 209,5</u>	<u>4890- 6288</u>	<u>3106- 3589</u>	<u>696,0- 937,0</u>
	<i>Ср.2,83</i>	<i>Ср.17,3</i>	<i>Ср.21,6</i>	<i>Ср.135</i>	<i>Ср.5824</i>	<i>Ср.3412</i>	<i>Ср.823,0</i>
Перидотит	<u>2,64 - 3,03</u>	<u>7,0 - 25,0</u>	<u>8,7- 42,8</u>	<u>94,5- 235,5</u>	<u>4997- 7562</u>	<u>2445- 3753</u>	<u>446,8- 1113,0</u>
	<i>Ср.2,82</i>	<i>Ср.14,7</i>	<i>Ср.20</i>	<i>Ср.138,8</i>	<i>Ср.6267</i>	<i>Ср.3257</i>	<i>Ср.782,1</i>
Скальные рудоносные породы							
Перидотит	<u>2,64 - 3,03</u>	<u>7,0 - 25,0</u>	<u>8,7- 42,8</u>	<u>94,5- 235,5</u>	<u>4997- 7562</u>	<u>2445- 3753</u>	<u>446,8- 1113,0</u>
	<i>Ср.2,82</i>	<i>Ср.14,7</i>	<i>Ср.20</i>	<i>Ср.138,8</i>	<i>Ср.6267</i>	<i>Ср.3257</i>	<i>Ср.782,1</i>
Серпентинит	<u>2,47 - 3,00</u>	<u>3,3 - 21,5</u>	<u>5,5 - 26,3</u>	<u>32,4- 188,0</u>	<u>4280- 6690</u>	<u>2546- 3731</u>	<u>451,6- 872,5</u>
	<i>Ср.2,67</i>	<i>Ср.9,3</i>	<i>Ср.13,4</i>	<i>Ср. 94,5</i>	<i>Ср. 5644</i>	<i>Ср. 2997</i>	<i>Ср.627,1</i>
Серпентинит смешанного состава	<u>2,55 - 2,76</u>	<u>4,5 - 18,5</u>	<u>5,5 - 19,8</u>	<u>33,1- 163,7</u>	<u>4911- 6300</u>	<u>2253- 3294</u>	<u>492,4- 665,1</u>
	<i>Ср.2,66</i>	<i>Ср.8,6</i>	<i>Ср.12,6</i>	<i>Ср. 93,1</i>	<i>Ср. 5757</i>	<i>Ср.2945</i>	<i>Ср.598,9</i>

Анализ показателей, представленных на диаграммах (рис.1), свидетельствует, что взрывные работы по крепким рудоносным породам IV и V категорий взрываемости составляют 62,8 % от общего объема добычи, а по крепким и особо крепким скальным пустым породам IV и V категорий, соответственно, 57 % от общего объема выемки.

Ниже рассмотрено влияние комплекса технологических факторов на качество взрывного разрушения массивов и эффективность работы горнотранспортных комплексов с помощью системного анализа динамических рядов.

На рис. 2 приведены тренды изменения глубины Центрального и Южного карьеров ОАО «Ураласбест» в динамике разработки Баженовского месторождения. Анализ статистических показателей свидетельствует, что с ростом глубины карьеров

с 200 до 350 м, то есть на 150 м, средняя крепость взорванной и отгруженной скальной горной массы по шкале проф. М.М. Протоdjeяконова увеличилась на 0,3 ед.

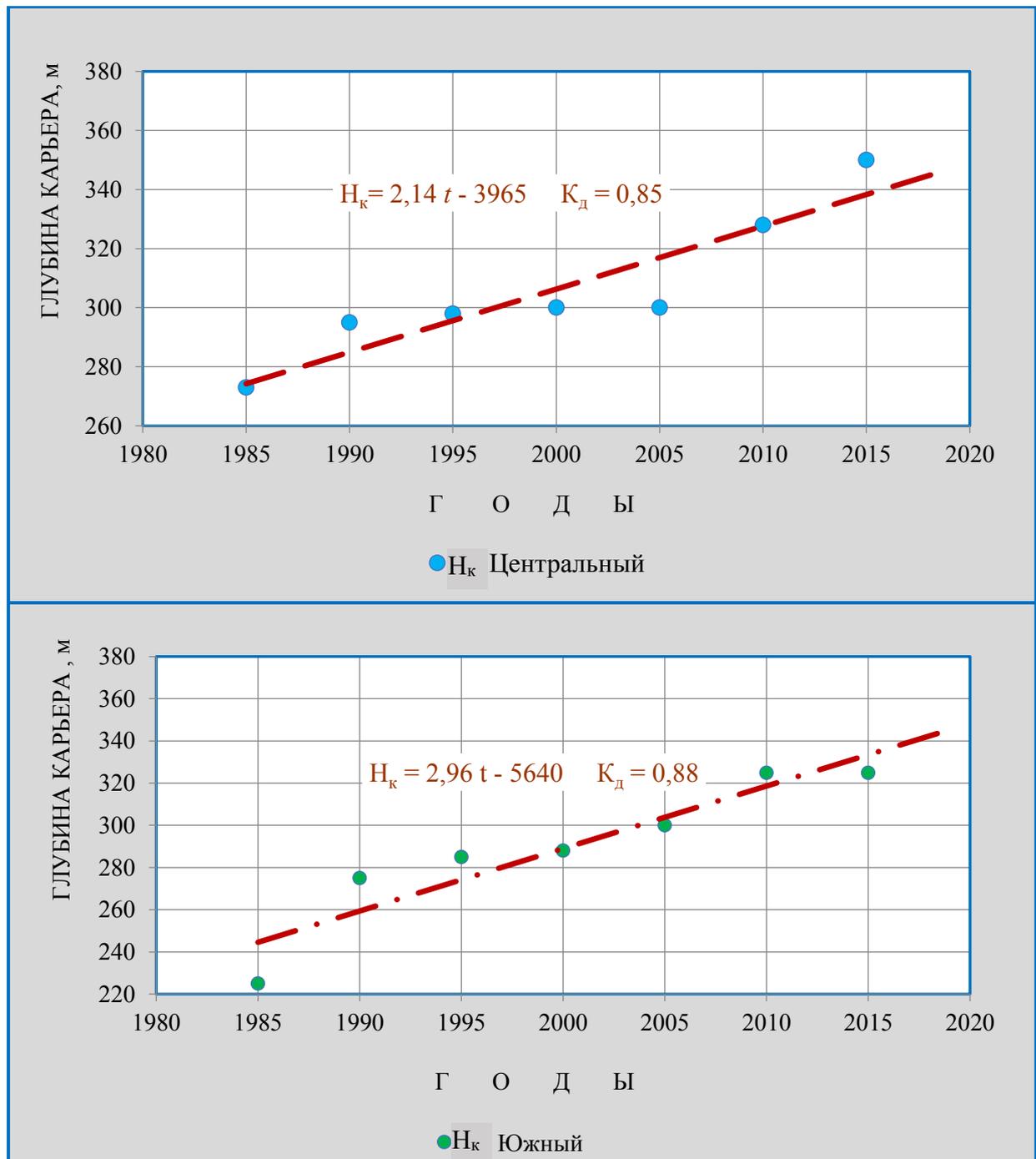


Рис. 2 – Тренды изменения глубины Центрального и Южного карьеров

На рис. 3 показано варьирование выхода негабаритных фракций в горной массе в динамике разработки месторождения. Начиная с 2009 г. объем выхода негабаритных фракций во взорванной горной массе составляет 0,62 – 0,65 %.

На рис. 4 и 5 приведены закономерности изменения удельного расхода ЭВВ и изменения выхода горной массы с 1 п.м. скважин с ростом глубины разработки Баженовского месторождения.

Анализ показателей и закономерностей свидетельствует, что с ростом глубины разработки месторождения с 200 до 350 м удельный расход взрывчатых веществ увеличился в 2,23 раза, а выход горной массы с 1 п.м. взорванных скважин снизился в 1,43 раза.

Установлено, что с увеличением доли негабаритных фракций на 0,1 % среднегодовая производительность карьерного экскаватора снижается на 0,45 млн т. На рис. 6 и 7 показаны тренды изменения производительности комплексов: «экскаватор – железнодорожный состав» и «экскаватор – автосамосвал» в динамике разработки месторождения с учетом изменения выхода негабаритных фракций во взорванной горной массе.

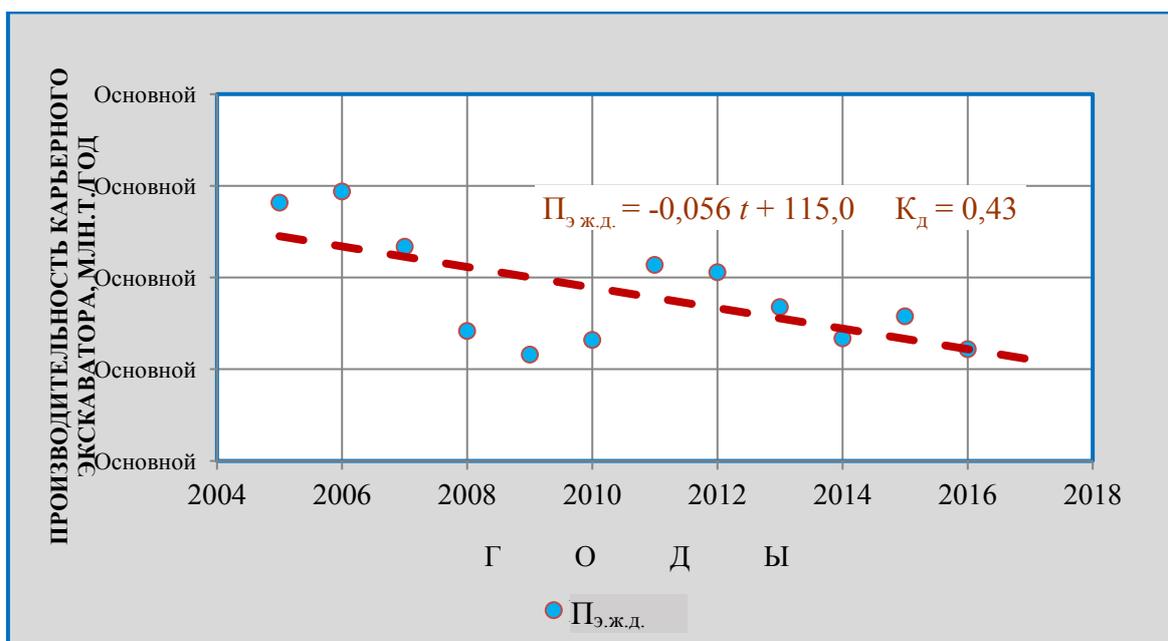


Рис. 6 – Изменение производительности комплекса «экскаватор – железнодорожный транспорт» в динамике развития карьеров

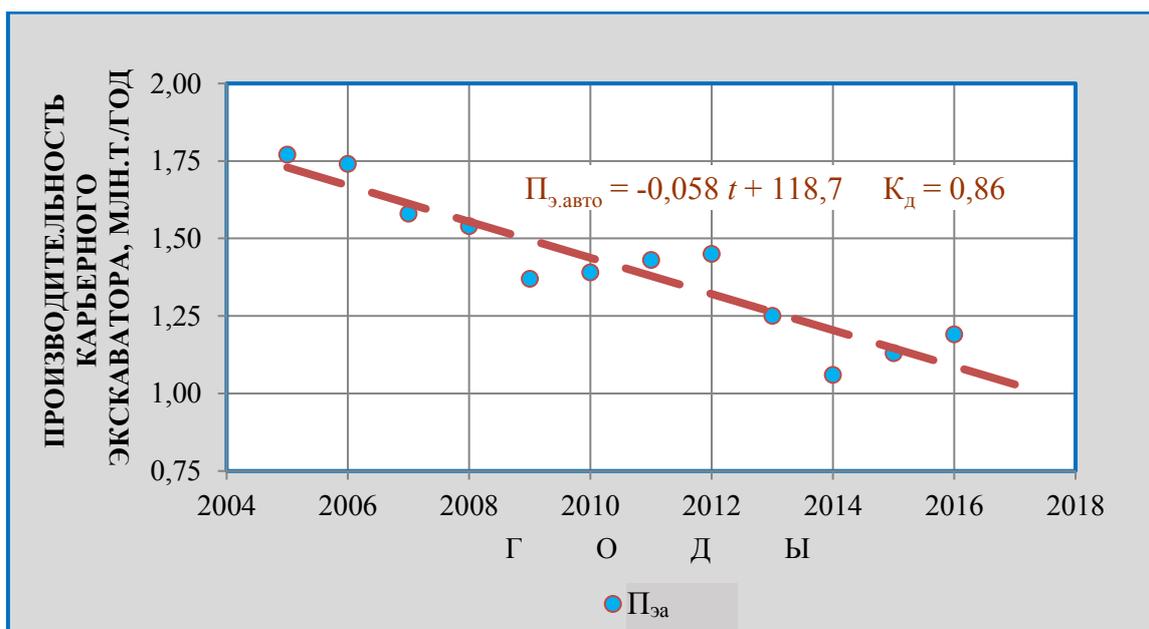


Рис. 7 – Изменение производительности комплекса «экскаватор – автомобильный транспорт» в динамике развития карьеров

Анализ и оценка статистических показателей свидетельствует, что за десятилетний период (2005 – 2015 гг.) при понижении рабочей зоны на 50 м и незначительном изменении структуры добытой горной массы производительность комплексов «экскаватор – железнодорожный транспорт» снизилась с 2,91 млн т до 2,11 млн т, т.е. на 27,5 %, а комплексов «экскаватор – автосамосвал», соответственно, с 1,77 млн т до 1,13 млн т или на 36,2 %.

Выводы

В процессе выполненных исследований впервые установлены:

- закономерности изменения параметров карьеров в динамике разработки месторождения по добыче хризотил-асбеста и выхода негабаритных фракций во взорванной горной массе за десятилетний период с 2005 по 2015 г.;
- закономерности изменения основных показателей взрывного разрушения локальных массивов, а именно: удельного расхода ВВ и выхода горной массы с 1 п.м. скважин с ростом глубины асбестовых карьеров;
- тенденции изменения и определены показатели среднегодовой производительности комплексов «экскаватор – железнодорожный транспорт» и «экскаватор – автомобильный транспорт» в процессе углубления карьеров;
- корреляционно-регрессионные модели трендов изменения условий и показателей эксплуатации погрузочно-транспортных комплексов с ростом глубины и пространственных параметров карьеров.

Литература

1. Васильев М.В. Влияние возрастающей глубины карьеров на эффективность горного производства / М. В. Васильев // Горный журнал. - 1983. - № 2. – С. 29 – 33.
2. Кутузов Б.Н. Разрушение горных пород взрывом / Б. Н. Кутузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГИ, 1992. - 516 с.
3. Мосинец В.Н. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах / В.Н. Мосинец. – М.: Недра, 1976. – 271 с.
4. Котяшев А.А. Динамика условий и показателей эксплуатации взрывного комплекса / А.А. Котяшев, А.П. Русских // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. трудов XIII Междунар. науч.-техн. конф. Чтения памяти В.Р. Кубачека / УГГУ. – Екатеринбург, 2015. - С. 412 - 417.
5. Техничко-экономические показатели горных предприятий за 1990 - 2015 гг. – Екатеринбург: ИГД Ур О РАН, 2015. - 361 с.