

**А.И. Косолапов, Д.Е. Малофеев, Д.В. Кузнецов**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В СУРОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Приведены результаты исследований влияния супрового северного климата на производительность технологических комплексов горнотранспортного оборудования.

**Ключевые слова:** технологические комплексы горнотранспортного оборудования, суровые климатические условия, уровень снижения производительности оборудования.

---

**П**о данным ЦНИГРИ, более 3/4 минеральных объектов в России, переданных для дальнейшего геологического изучения и лицензирования, расположены восточнее Уральского хребта; в Уральском, Сибирском и Дальневосточном федеральном округах (соответственно 12,4; 45,0 и 18,4% всех объектов) [1, 2]. Ведение открытых горных работ в этих районах будет основано на преимущественном применении цикличной технологии, и комплексах оборудования, соответствующих новому этапу технического перевооружения карьеров. Анализ рынка карьерной техники свидетельствует о расширении типоразмеров оборудования, как по мощности, так и по типам [2]. В этой связи изучение вопроса влияния климата на технико-экономические показатели работы карьерного оборудования является актуальной задачей, имеющей практическое и научное значение. Причем, значимость ее будет возрастать в связи с планируемым ростом объемов открытых горных работ к 2030 г. в 1,5–1,6 раза при непрерывном вводе в эксплуатацию усовершенствованной карьерной техники [3].

Поэтому авторами настоящей работы проведены исследования с

целью получения закономерностей влияния климата на показатели временной динамики работы горнотранспортного оборудования.

В качестве показателя, оценивавшего влияние климатических факторов на эффективность работы технологических комплексов горнотранспортного оборудования, в настоящих исследованиях было предложено использовать уровень снижения производительности:

- в оцениваемый месяц года ( $Y_1$ );
- за оцениваемый год использования оборудования с начала его эксплуатации ( $Y_2$ ).

При этом:

$$Y_1 = Q_1 \cdot 100 / Q_{1\max}, \%, \quad (1)$$

$$Y_2 = Q_2 \cdot 100 / Q_{2\max}, \%, \quad (2)$$

где  $Q_1$  – производительность оборудования за оцениваемый месяц года;  $Q_{1\max}$  – максимальная месячная производительность оборудования;  $Q_2$  – годовая производительность оборудования за оцениваемый год его эксплуатации;  $Q_{2\max}$  – максимальная годовая производительность оборудования.

С учетом этого эксплуатационную производительность для любого оцениваемого периода времени следует рассчитывать по формуле:

$$Q_s = Q_t \cdot (1 - Y_1/100) \cdot (1 - Y_2/100) \quad (3)$$

где  $Q_t$  – теоретическая (максимально-возможная) производительность.

Данные показатели призваны учитывать взаимное влияние объективных условий на результирующее значение производительности оборудования, а сам принцип должен упростить ее прогнозирование. Ученые таким образом особенности эксплуатации комплексов оборудования с течением времени позволят оптимизировать технологию открытых горных работ для разработки месторождений в суровых климатических условиях.

С учетом этого, на примере северных карьеров Красноярского края исследованы среднемесячные изменения производительности электрических и дизельных буровых станков, экскаваторов, а также автосамосвалов в течение года и в зависимости от срока эксплуатации. Их результаты представлены на рис. 1 и 2.

Таким образом, выполненный анализ показал, что производительность характеризуется сезонной динамикой. Причем, минимум производительности в суровых климатических условиях соответствует наиболее холодным

месяцам – декабрю, январю и февралю, а максимум наиболее теплым – периоду с апреля по октябрь. При этом для бурового и выемочно-погрузочного оборудования с электрическим приводом характерно снижение уровня производительности ( $Y_1$ ) в декабре, январе и феврале, порядка 15–20% по отношению к периоду с мая по сентябрь. Для гидравлических же экскаваторов в это время изменение составляет порядка 30–40%. Оценка сезонной изменчивости производительности автосамосвалов показала, что его максимум соответствует августу и сентябрю (увеличение порядка 20%), а снижение производительности в относительно теплый весенний период и в октябре обусловлено ухудшением дорожных условий.

Полученные результаты подтверждают ранее сделанные выводы Д.Е. Махно [4] и других ученых о том, что температура воздуха – это основной климатический фактор, оказывающий влияние на работу карьерного оборудования.

Результаты исследований по оценке снижения производительности карьерных машин по мере увеличения срока их службы приведено на рис. 3 и в та-

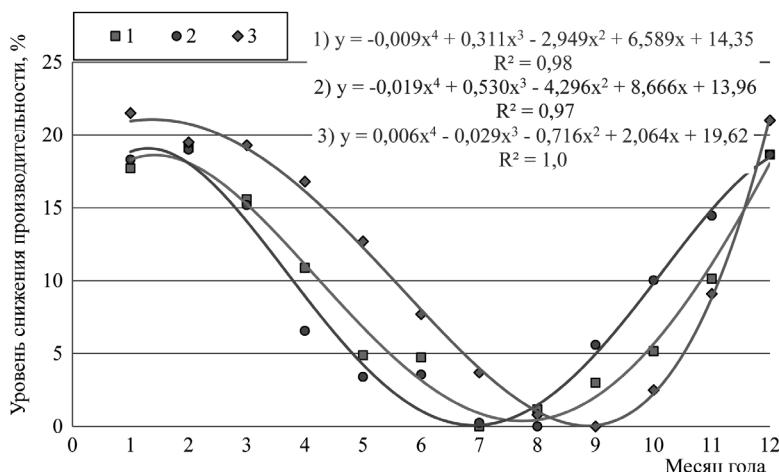
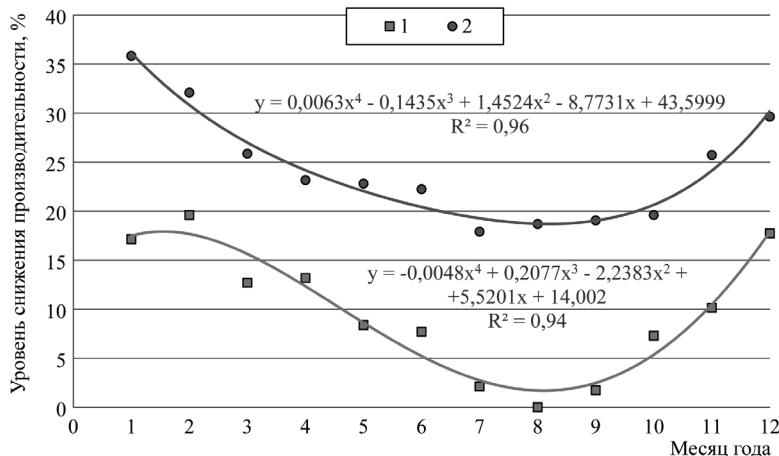


Рис. 1. Средняя динамика уровня снижения производительности горнотранспортного оборудования в течение 3-го года его эксплуатации в условиях Олимпиадинского ГОКа: 1 – буровые станки; 2 – экскаваторы; 3 – автосамосвалы



**Рис. 2. Динамика уровня снижения производительности экскаватора ЭКГ-10 по группе карьеров Олимпиадинского ГОКа в течение года и в зависимости от срока эксплуатации (T): 1 – при T = 3 года, 2 – при T = 13 лет**

блице. Здесь, фактические результаты практики по группе северных карьеров (рис. 1, 2), и нормативные данные [5, 6] были распространены на множество современного оборудования.

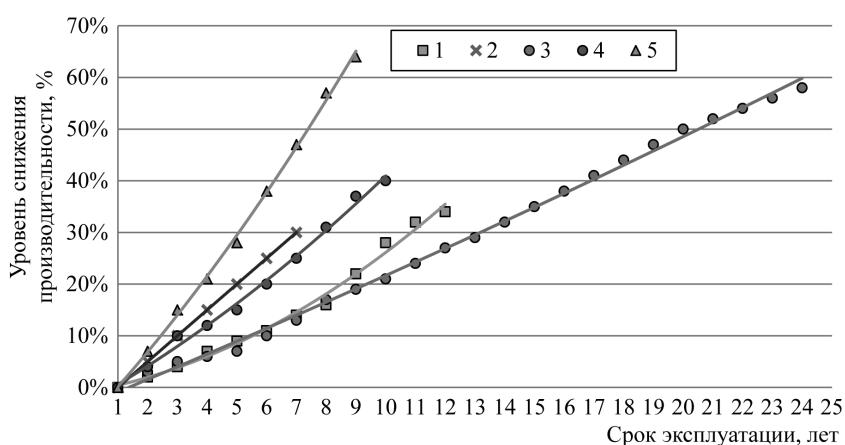
Анализ имеющихся данных показал, что для прогнозирования производительности оборудования в различные годы можно использовать уравнение следующего вида:

$$Q = a^2 \cdot T - b \cdot T + c, \quad (4)$$

где  $T$  – год использования оборудования с начала его эксплуатации;  $a, b, c$  – эмпирические коэффициенты (таблица).

Следует отметить, что данные таблицы справедливы для пород IV категории по трудности экскавации в суровых климатических условиях.

Выполненный регрессионный анализ позволяет учесть влияние природных обстоятельств на работу карьерной техники и, как следствие, мини-



**Рис. 3. Динамика уровня снижения производительности горнотранспортного оборудования в течение срока его эксплуатации:** 1 – буровые станки электрические; 2 – буровые станки гидравлические; 3 – экскаваторы электрические; 4 – экскаваторы гидравлические; 5 – автосамосвалы

**Коэффициенты для расчета среднемесячной производительности буровых станков (тыс. п.м), экскаваторов (тыс. м<sup>3</sup>), автосамосвалов (тыс. ткм)**

Оборудование	Май – сентябрь, июль – октябрь			Декабрь – февраль		
	a	b	c	a	b	c
<b>Буровые станки</b>						
гидравлические производства*	0	0,416	8,729	0	-0,327	6,861
электрические производства РФ	-0,008	0,088	6,545	-0,006	-0,071	5,311
электрические производства*	-0,011	0,073	7,005	-0,009	-0,057	5,477
<b>Экскаваторы гидравлические импортного производства**, с вместимостью ковша</b>						
5–6,5 м <sup>3</sup>	0,18	6,84	151,11	0,12	4,69	103,60
7 м <sup>3</sup>	-0,04	6,28	170,57	-0,03	4,36	118,40
10–18 м <sup>3</sup>	-0,38	9,39	310,37	-0,27	6,64	219,60
20–30 м <sup>3</sup>	-0,79	12,84	476,15	-0,61	9,80	363,41
30–42 м <sup>3</sup>	-0,82	23,48	745,83	-0,63	18,00	571,81
<b>Экскаваторы электрические производства РФ***, с вместимостью ковша</b>						
5 м <sup>3</sup>	-0,05	1,96	112,79	-0,02	1,64	94,13
8–10 м <sup>3</sup>	-0,07	3,38	182,01	-0,06	2,82	151,98
12 м <sup>3</sup>	-0,08	4,56	239,21	-0,07	3,89	204,32
15–20 м <sup>3</sup>	-0,11	7,11	360,57	-0,09	6,01	304,88
30–32 м <sup>3</sup>	-0,15	11,96	585,51	-0,13	10,29	504,04
50 м <sup>3</sup>	-0,15	16,47	772,12	-0,14	14,50	679,62
<b>Экскаваторы электрические импортного производства ****, с вместимостью ковша</b>						
10 м <sup>3</sup>	-0,07	3,80	199,39	-0,06	3,17	166,50
20–25,5 м <sup>3</sup>	-0,10	8,46	414,05	-0,09	7,58	371,08
33,6–45,9 м <sup>3</sup>	-0,10	15,45	693,01	-0,09	13,44	603,11
58,6–61,2 м <sup>3</sup>	-0,10	23,67	1019,81	-0,09	21,21	913,74
<b>Карьерные автосамосвалы БелАЗ, грузоподъемностью</b>						
30–45 т	-0,30	9,27	162,99	-0,24	7,46	131,16
55–130 т	-1,11	23,88	448,02	-0,90	19,33	362,59
160–220 т	-2,03	37,58	730,40	-1,65	30,54	593,65
320–450 т	-2,36	74,17	1279,35	-1,95	61,41	1059,20
<b>Карьерные автосамосвалы импортного производства *****, грузоподъемностью</b>						
32–36 т	-0,35	7,51	141	-0,29	6,16	115,56
41–136 т	-1,42	26,29	511	-1,17	21,62	420,16
168–363 т	-2,22	69,64	1201,26	-1,85	58,11	1002,31
Название фирмы, выпускающей оборудование: * Atlas Copco, Caterpillar, P&H, Sandvik; ** Komatsu, Hitachi, Liebherr, Caterpillar, O&K; *** ИЗКАРТЭКС, УЗТМ; **** Caterpillar, P&H; ***** Caterpillar, Komatsu, Terex, Hitachi, Liebherr.						

мизировать прогнозируемые риски технологически. Зависимость технико-экономических показателей работы карьера от цикличности производительности оборудования, в этом слу-

чае, можно уменьшить рядом организационно-технологических мероприятий, в основе которых предложено регулирование интенсивности горных работ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин С.А., Коваленко В.С., Пастикhin Д.В. Повышение экономической эффективности открытых горных работ // Горный журнал. – 2012. – № 6. – С. 56–65.
2. Кузнецов Д.В., Малофеев Д.Е., Косолапов А.И. Особенности обоснования технологических комплексов горно-транспортного оборудования для глубоких карьеров Севера // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 12. – С. 124–130.
3. Косолапов А.И., Малофеев Д.Е., Кузнецов Д.В. К вопросу оценки интенсивности горных работ при разработке месторождений в суровых климатических условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 2. – С. 35–41.
4. Махно Д.Е. Эксплуатация и ремонт карьерных экскаваторов в условиях Севера. – М.: Недра, 1984. – 133 с.
5. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. – М.: Госстрой, 2003.
6. ВНТП 35-86. Нормы технологического проектирования горнорудных предприятий цветной металлургии с открытым способом отработки. – М.: Минцветмет СССР, 1986. ГИАБ

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Косолапов Александр Иннокентьевич – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой СФУ, действительный член академии горных наук, член-корреспондент САН ВШ, e-mail: kosolapov1953@mail.ru,  
Малофеев Дмитрий Евгеньевич – кандидат технических наук, директор по производству ООО «Полюс Проект», e-mail: MalofeevDE@polyusgold.com,  
Кузнецов Дмитрий Владимирович – аспирант СФУ, ведущий инженер горно-геологического отдела ООО «Полюс Проект», e-mail: KuznetsovDmV@polyusgold.com.

UDC 622.232.8; 622.013.3

## THE RESEARCH OF SEASONAL DYNAMICS OF MINING TRANSPORT EQUIPMENT CAPACITY IN HARSH WEATHER CONDITIONS WORKING PITS

Kosolapov A.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Chair, Siberian Federal University, Full Member of the Academy of Mining Sciences, Corresponding Member of the Siberian Higher Education Academy of Sciences, e-mail: kosolapov1953@mail.ru,  
Malofeev D.E., Candidate of Technical Sciences, Production Director, Polyus Project, e-mail: MalofeevDE@polyusgold.com,  
Kuznetsov D.V., Graduate Student, Siberian Federal University, Leading Engineer of Mining and Geology Department, Polyus Project, e-mail: KuznetsovDmV@polyusgold.com.

The article analyzes how the rigorous climate of the north affects productivity of mining and haulage equipment sets. As a criterion of the climatic influence on the mining-and-haulage equipment set efficiency, it is suggested to use the level of decline in the output,  $Y_1$ , per month and per year of the equipment operation starting from the beginning of its service. The coefficients for calculating monthly mean productivity of rock drills, shovels and dump trucks are proposed. The performance degradation dynamics in the course of the useful life is presented for the following mining and haulage equipment: electric rock drills, hydraulic rock drills, electric shovels, hydraulic shovels, dump trucks.

**Key words:** mining transport equipment technological complexes, harsh weather conditions, reduction level of machine capacity.

## REFERENCES

1. Il'in S.A., Kovalenko V.S., Pastikhin D.V. Gornyi zhurnal. 2012, no 6, pp. 56–65.
2. Kuznetsov D.V., Malofeev D.E., Kosolapov A.I. Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'. 2013, no 12, pp. 124–130.
3. Kosolapov A.I., Malofeev D.E., Kuznetsov D.V. Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'. 2013, no 2, pp. 35–41.
4. Makhno D.E. Ekspluatatsiya i remont kar'ernykh ekskavatorov v usloviyakh Sever (Operation and maintenance of open pit mine shovels under conditions of the north), Moscow, Nedra, 1984, 133 p.
5. SNiP 23-01-99. Stroitel'naya klimatologiya (Construction Norms and Regulations SNiP 23-01-99. Construction climatology), Moscow, Gosstroy, 2003.
6. VNTP 35-86. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya gornorudnykh predpriyatiy tsvetnoi metallurgii s otkrytym sposobom otrabotki (Departmental Production Design Standards VNTP 35-86. Production design standards for open pit mines of nonferrous metals industry), Moscow, Mintsvetmet SSSR, 1986.