

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭКСКАВАТОРОВ В ГЛУБИННОЙ ЗОНЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ

Запропоновано і описана нова технологія відпрацьовування крутопадаючих глибоких родовищ. Визначено закони розподілу продуктивності екскаваторів працюючих у глибоких залізородних кар'єрах. Отримано залежність продуктивності екскаваторів ЕКГ-8І від відстані транспортування гірничої маси.

RESEARCH OF PRODUCTIVITY OF EXCAVATORS IN A DEEP ZONE IRON-ORE OPENCASTS

The new technology of improvement of abruptly falling deep deposits is offered and described. Laws of distribution of productivity of excavators working in deep iron-ore opencasts are determined. Dependence of productivity of excavators EKG-8E on distance of transportation of mined rock is received

Украина является богатой страной по запасам минерального сырья. Украинский кристаллический щит содержит большое количество месторождений железных руд. Разработка месторождений ведется открытым, подземным способом. Проектные контуры карьеров Украины имеют глубину 500...705 м и протяженность по простиранию до 4...6 км.

С глубиной карьеров усложняется горно-геологические и горнотехнические условия разработки, это отрицательно сказывается на показателях работы оборудования. На рис.1 показано процентное соотношение потери рабочего времени экскаваторами на ПГОКе в 2003г. за три месяца.

В глубинной зоне длина экскаваторных блоков значительно снижена до 100 м, что приводит к отсутствию фронта горных работ, простои оборудования при этом составили 21,39% от общих потерь времени. Одной из причин невыполнения проектных объемов вскрыши и добычи является несвоевременная реконструкция транспортной схемы карьера. По мере роста глубины и размеров карьера в плане увеличивается общая протяженность вскрышного фронта. Это в свою очередь, усложняет организацию работ по перемещению буровых станков, экскаваторов и их электроснабжению. Простои в связи с отсутствием у выемочного оборудования электроэнергии составили 1,94%.

Строительство дорог вызвало потери времени работы экскаваторов порядка 2,19%. Изношенность выемочного оборудования, их физическое и моральное старение вызывают потери рабочего времени связанного с ремонтом механической части 7,82% и аварийные простои вследствие поломок электрической части – 7,32% от общих потерь. Большое количество устаревшего оборудования привело к тому, что плановый (капитальный) и планово-предупредительные ремонты не соответствуют графику ремонта экскаваторов, а простои в ожидании ремонта составили – 26,1%. Оставшиеся потери рабочего времени выемочно-погрузочного оборудования приходятся на: отсутствие экипажа, климатические условия, неисправность транспортных средств, неприемка горной массы на ДОФ, ПП.

- аварийные простои мех части
- аварийные простои эл. части
- ожидание ремонта
- отсутствие фронта работ
- отсутствие электроэнергии
- отсутствие экипажа
- климатические условия
- неисправность дорог
- отсутствие транспортных средств
- неисправность транспортных средств
- неприемка горной массы на ДОФ
- неприемка горной массы ПП
- неприемка горной массы ж/д отвалами

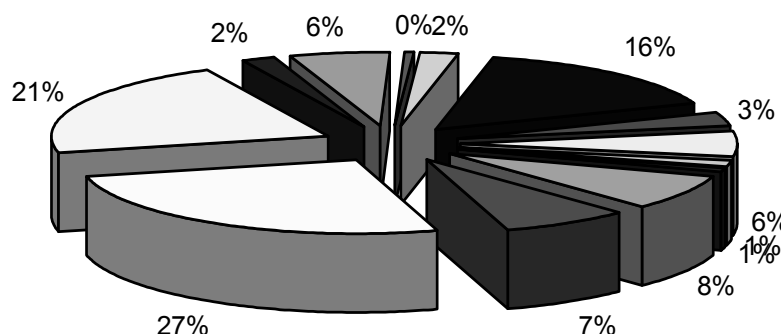


Рис. 1 – Простои экскаваторов по различным причинам за три месяца работы карьера ГОКа

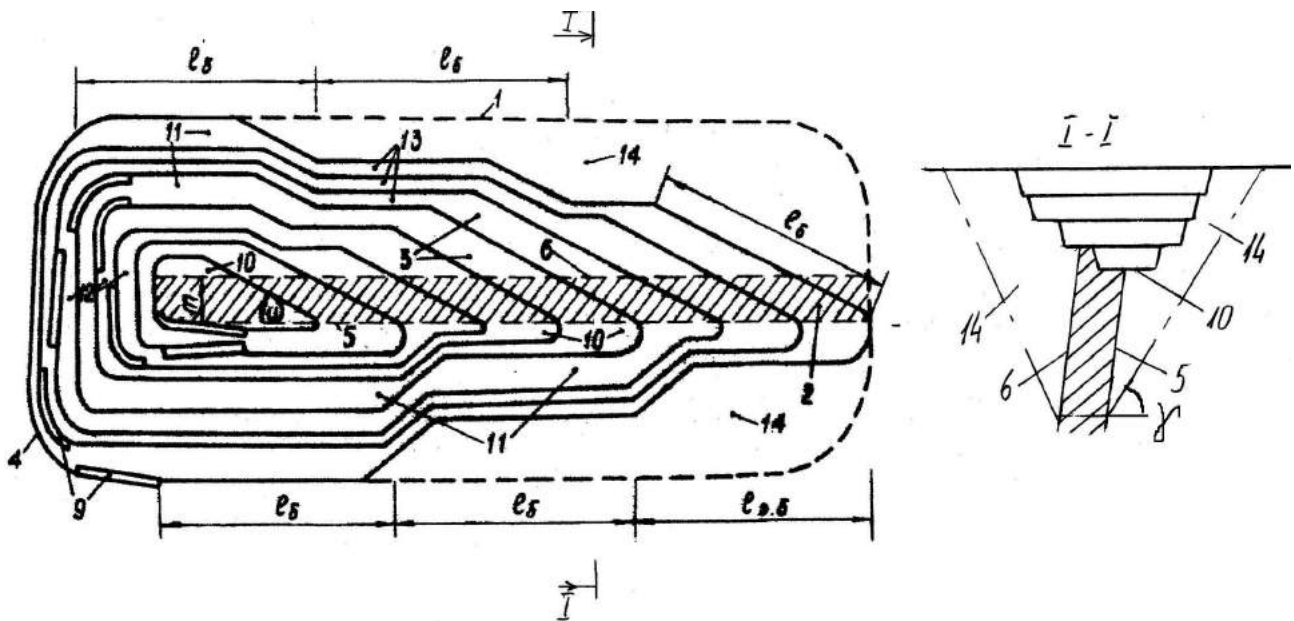
Формирование технологических схем развития карьерного поля влияет на производительность оборудования. Часть железорудных месторождений Украины представлены плитообразными крутопадающими пластами. Для экономичной разработки карьерных полей предлагается проводить горные работы с минимальным постоянно возрастающим значением текущего коэффициента вскрыши на уровне контурного. Предложено использование новой технологической схемы размещения необходимого числа экскаваторных блоков нормативной длины по всей площади, обеспечивается непрерывный процесс с значительными углами откоса рабочих бортов [1].

Диагональные выемочные блоки по полезному ископаемому и вскрыше формируют в направлении от лежачего бока месторождения к висячему ориентируя под углом ω (градусы) к линии простирания

$$\omega = \arcsin \frac{h \operatorname{ctg} \gamma + m + 2v_p}{l_\delta},$$

где h – высота уступа, м; γ – угол падения пласта, градусы; m – горизонтальная мощность месторождения, м; v_p – ширина площадки, м; l_δ – длина выемочного блока, м;

Вышележащие продольные блоки формируют вдоль по простиранию месторождения и углубляют вниз с перемещением в горизонтальном направлении (рис.2). Месторождение разбивается на участки экскаваторных блоков l_δ , которые по лежащему боку месторождения перемещаются вдоль простирания от одного из торцов к другому относительно участков по висячему боку.



1 – контуры карьерного поля; 2 – плитообразное крутопадающее месторождение; 3 – диагональный экскаваторный блок; 4 – отработанный торец карьера с постоянными транспортными коммуникациями; 5,6 – лежащий и висячий бока месторождения; 9 – автосъезды; 10 – резервная полоса; 11 – продольный выемочный экскаваторный блок; 12 – временные транспортные площадки; 13 – площадки безопасности; 14 – объемы пород вскрыши, которые обрабатывают в последнюю очередь

Рис.2 – Схема отработки месторождения диагональными блоками

Отработка карьерного поля осуществляется отечественным оборудованием. В качестве выемочно-погрузочного оборудования в глубинной зоне железорудных карьеров в основном используются механические лопаты типа ЭКГ-5А, ЭКГ-6,3, ЭКГ-8И, ЭКГ-10, с различной мощностью ковша. На показатели работы экскаваторов влияют различные факторы: условия размещения оборудования на рабочей площадке (сквозной проезд, тупиковый), сформированный развал (его форма, фракционный состав), транспорт (состояние дорог, расстояние, климат, количество подъемов, спусков, поворотов, количество машин в работе с экскаватором), наличие фронта горных работ.

Для исследования работы карьерных экскаваторов типа механическая лопата были выбраны два предприятия НКГОК и ПГОК. Учитывая глубину отработки железорудных карьеров, для оценки эффективности погрузочно-транспортных работ была принята транспортная система разработки с использованием автосамосвалов. В карьерах экскаваторные забои сформированы с тупиковым типом проезда. Основным погрузочным средством на большинстве ГОКов Украины является карьерный экскаватор ЭКГ-8И и поэтому он и был более исследован. Вследствие того, что процесс погрузки подвержен различным переменным факторам возможных простоев описанных выше, его можно описать как случайное явление. Установление закономерностей, которым подчинены случайные явления, основано на изучении статистических данных.

Изучение этих явлений методами математической статистики служит средством решения многих вопросов выдвигаемых наукой и практикой (правильная организация технологического процесса, наиболее целесообразное планирование и др.).

Систематизировав по типу вместимости ковша выемочно-погрузочное оборудование при помощи статистических зависимостей, применяя компьютерную программу STATISTICA, были определены наиболее вероятные законы распределения производительности данных экскаваторов. В качестве основных использовались законы непрерывного распределения: нормальный, экспоненциальный, гамма распределения. Проверка гипотезы о предполагаемом законе распределения производилась при помощи критерия согласия. Последние условно можно разделить на две группы, первая из которых использует статистики представляющие функционалы от разности функций эмпирического и теоретического распределения (критерии: уточненный Колмогорова, Смирнова, Реньи, Андерсена-Дарлингга). Вторая группа критериев использует разности между эмпирическими и теоретическими частотами и включает, помимо χ^2 ("хи квадрат") К.Пирсона, его различные модификации (критерий Бернштейна, Романовского, Ямстревского). Критерием выбора закона, которому соответствует распределение служил показатель χ^2 , как наиболее универсальный (табл. 1).

Таблица 1 – Показатели критериев согласия для различных законов распределения для экскаваторов ЭКГ

Вместимость ковша, м ³	Тип транспорта	Период	Кол-во замеров	Закон			Табличный критерий $\chi^2_{\text{табл}}$ при различных знач. <i>p</i> -уровень		
				Нормальный закон	Экспоненциальный	Гамма распределение			
				χ^2_p	χ^2_p	χ^2_p	0,05	0,1	0,5
НКГОК									
5	Авто	Сут	47	1,27	10,503	1,66	47	63,71	53,23
5	Ж/д	Сут	55	3,07	37,06	21,11	76,88	73,03	61,77
6,3	Авто	Сут	277	8,79	324,69	53,12	324,51	316,53	292,5
8	Авто	См	2321	147,83	690,18	96,08	2455,95	2433,9	2366,6
8	Авто	Сут	3220	363,39	591,532	661,32	3378,69	3352,85	3273,85
8	Ж/д	Сут	153	0,507	313,57	11,328	188,65	182,57	164,5
10	Авто	См	205	4,778	152,69	30,38	246,06	239,11	218,3
10	Авто	Сут	523	0,47	265,22	52,83	587,78	577,02	544,53
ПГОК									
8	Авто	См	681	40,51	322,64	40,51	754,72	742,53	705,61
8	Авто	Сут	360	15,43	238,21	34,3	413,97	404,95	377,81
10	Авто	См	134	10,05	68,21	6,2	167,44	161,73	144,74
10	Авто	сут	71	9,01	74,88	22,29	95,69	91,38	78,73

Статистические законы распределения несут в себе элементы случайности, связанные с тем, что число наблюдений ограничено и произведены именно те, а не другие замеры, давшие нужные, правильные результаты. Поэтому при обработке статистического материала решается вопрос о том, как подобрать для

данного статистического ряда теоретическую кривую распределения, выражающую лишь существенные черты статистического материала, а не случайности. Такая задача подбора теоретической кривой распределения выполняет функцию выравнивания статистических рядов. Выравнивание статистического ряда переходит в задачу рационального выбора тех значений параметров, при которых соответствие между статистическим и теоретическим распределением наилучшее. Сравнивая показатели критерия полученные и табличные определяется наилучший закон распределения для производительности экскаваторов. При этом должно соблюдаться следующее условие

$$\chi_p^2 \leq \chi_{табл}^2$$

где χ_p^2 – расчетный критерий К.Пирсона; $\chi_{табл}^2$ – табличное значение критерия.

Если условие соблюдается, данный закон распределения принимается. Наиболее надежным для всех выборок является нормальный закон распределения (рис. 3).

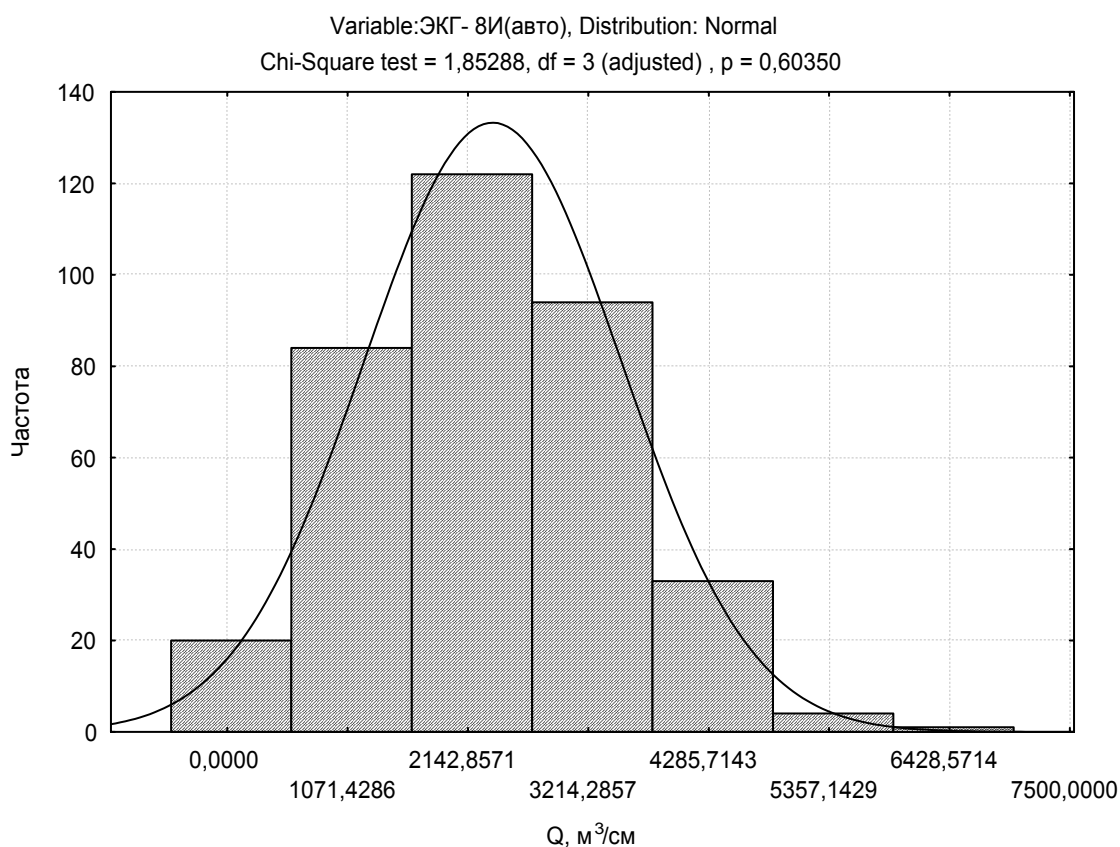


Рис.3 – Кривая закона нормального распределения производительности экскаватора ЭКГ–8И

Решая задачу методом наименьших квадратов для данной выборки распределенной по нормальному закону были получены зависимости производительности от расстояния транспортирования $Q=f(L)$. Для экскаваторов ЭКГ-8И на

ПГОКе была получена линейная зависимость производительности карьерной механической лопаты от расстояния транспортирования горной массы: $Q=3303,382-0,2291 \cdot L$ (м³/сут). Длина транспортирования в глубинной зоне определенная по нормальному закону составляет от 2009 м до 6792 м.

Большую роль играет цикл работы экскаватора в тупиковом забое (табл.2).

Таблица 2 – Время цикла работы экскаватора ЭКГ-8И, сек

Статистические показатели	ПГОК (карьер)	НКГОК (карьер)	НКГОК (внутр. отвал)
Среднее	40,75	44,2	35,1
Стандартная ошибка	2,52	2,54	0,89
Медиана	35	42	35
Мода	31	34	36
Стандартное отклонение	11,29	12,42	9,14
Дисперсия выборки	127,6	154,2	83,5
Эксцесс	-0,40	0,08	15,89
Асимметричность	0,88	0,53	2,86
Минимум	29	20	18
Максимум	65	71	93
Счет	20	24	105

Как видно из табл.2 среднее время цикла экскаватора при погрузке в автотранспорт, в тупиковом забое составляет 42 сек. Нормы выработки экскаваторной бригады при погрузке в автосамосвалы рассчитывается по известной формуле

$$H_v = \frac{T_{см} - T_{пз} - T_{лн}}{T_{на} + T_{уп}} Q_k n_k, \text{ м}^3$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, мин; $T_{пз}$ – время на выполнение подготовительно-заключительной работы, мин; $T_{лн}$ – время на личные надобности, мин; $T_{на}$ – время погрузки одного автосамосвала, мин; Q_k – объем горной массы в целике в одном ковше, м³; $T_{уп}$ – время установки автосамосвала под погрузку, мин; n_k – число ковшей в одном автосамосвале, ед.

При погрузке в автосамосвалы Каматсу HD 1200, нормы выработки экскаватора, при 8-ми часовой смене составляет – 4552 м³. Простои ведут к изменению коэффициента использования экскаваторов, он составляет 0,62. Для выявления влияния коэффициента использования на производительность берется известная формула

$$Q_{см} = \frac{3600 \cdot E \cdot K_n}{t_y \cdot K_p} K_u, \text{ м}^3/\text{см}$$

где E – вместимость ковша, м³; K_n – коэффициент наполнения ковша; K_p – ко-

коэффициент разрыхления ковша; $t_{ц}$ – рабочий цикл экскаватора, сек; $K_{и}$ – коэффициент использования экскаватора.

Производительность, рассчитанная по данной формуле составила для ЭКГ-8И – 2040 м³. Следовательно нормы выработки и действительная работа экскаватора не соответствуют друг другу.

Подходя комплексно к решению вопроса производительности, было также методом наименьших квадратов получена зависимость расстояния транспортирования от глубины рабочих забоев на ПГОКе:

$$L=1051,8+21,6 \cdot H, \text{ м}$$

где H – глубина размещения забоя.

Минимальный подъем горной массы из глубинной зоны на карьере ПГОКа составляет 75 м, максимальный – 234 м.

Рассмотрев состояние работы выемочно-погрузочного оборудования можно сделать выводы, что на работу экскаваторов оказывают большое влияние организация технологии выемки. Основными источниками простоев выемочно-погрузочного оборудования являются: ожидание ремонта, отсутствие фронта горных работ, отсутствие транспортных средств. Используя новые технологические схемы отработки карьерного поля можно снизить текущий коэффициент вскрыши и обеспечить фронтом работ экскаваторы, за счет чего значительно повысить производительность, уменьшить расстояние перемещения горной массы. Замена оборудования более новым, совершенным, своевременная профилактика и ремонт ведут к улучшению работы и повышению производительности выемочно-погрузочного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сокурченко А.В., Шеремет В.О., Анисимов О.О. та ін. А.с. №67386 (Україна) Спосіб відкритої розробки крутоспадних плитоподібних родовищ корисних копалин. Бюл.№6, 2004 р.