

УДК 622.271.322.452

**МЕТОДИКА ВЫБОРА МОДЕЛИ ДРАГЛАЙНА  
ДЛЯ ОТРАБОТКИ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД НА РАЗРЕЗАХ**

**Т. А. Цымбалюк, В. И. Ческидов**

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

Разработана методика выбора модели драглайнов и определения их количества для отработки массивов вскрышных пород по бестранспортной технологии в составе комбинированной системы разработки пологопадающих угольных месторождений. Приведен алгоритм расчета возможной производственной мощности разреза по факторам обеспеченности промышленными запасами, срокам амортизации основных фондов и горнотехническим условиям разреза. Показан порядок определения эксплуатационной производительности и количества драглайнов, необходимых для выполнения требуемых объемов бестранспортной вскрыши в конкретных горнотехнических условиях разреза со свитовым залеганием пластов.

*Комбинированная система разработки, производственная мощность, вскрышные породы, драглайн, бестранспортная технология, экскавация, коэффициент переэкскавации, внутренний отвал*

DOI: 10.15372/FTPRPI20200407

Многолетний опыт открытой разработки угольных месторождений с пологим залеганием пластов, наиболее распространенных в Кузнецком бассейне, свидетельствует об эффективности применения в составе комбинированных систем разработки бестранспортной технологии перевалки вскрышных пород экскаваторами-драглайнами [1]. Одним из важнейших условий ее использования является обоснованный выбор модели экскаватора-драглайна для экскавации и переэкскавации вскрышных пород, в наибольшей степени соответствующей по своим параметрам горно-геологическим и горнотехническим условиям обрабатываемого поля разреза или его участка.

Решение задачи предполагает учет ряда факторов, оказывающих влияние на выбор модели и потребное количество драглайнов [2, 3]:

- горно-геологических и горнотехнических условий участков (блоков), обрабатываемых по бестранспортной технологии (количество угольных пластов, их мощность и угол падения; физико-механические свойства экскавируемых вскрышных пород, а также породного массива, подстилающего почву самого нижнего в свите пласта, которая будет служить основанием для внутреннего бестранспортного отвала; мощность междупластий и общая мощность углевмещающей толщи);

- технологических параметров (схема вскрытия; технологическая схема отработки массивов вскрышных пород и график организации работы горного оборудования в зоне бестранспортной технологии; темпы подвигания фронта горных работ в рабочей зоне; элементы системы разработки и т. д.).

Выбор модели драглайна рассмотрим на примере Уропского угольного месторождения Кузбасса, представленного свитой из трех пологопадающих пластов мощностью 2,8, 1,7 и 12,0 м (нижнего). Мощность междупластья между верхними пластами свиты составляет в среднем от 1–4 до 8–12 м, над нижним пластом — от 78 до 110 м. Углевмещающие породы перекрыты сплошным чехлом четвертичных отложений, представленных суглинками и глинами мощностью 5–68 м. Общая мощность вскрышных пород достигает 176 м. Углы падения пластов практически на всей площади поля изменяются от 5 до 13° с предельным значением до 22° на отдельных его участках, средневзвешенное (по объему запасов) — 9°.

Отличительные особенности объекта исследований:

- отсутствие площадей под внешнее отвалообразование на прилегающей территории;
- наличие выработанного пространства в границах отработанного смежного “Участка по пласту 9”;
- сосредоточение балансовых запасов угля преимущественно в нижнем пласте свиты, имеющего повсеместное распространение (86,7 % общего объема запасов в границах поля разреза);
- благоприятные условия для применения бестранспортной технологии (с углами падения нижнего пласта до 13°) на более 98 % общей площади поля разреза.

В соответствии с проектными решениями, отработка поля разреза предусматривается по комбинированной системе разработки: транспортной (с использованием карьерных экскаваторов и технологических автосамосвалов) по верхним горизонтам свиты; бестранспортной (с перевалкой вскрышных пород экскаваторами-драглайнами) — по междупластью нижнего пласта, удаление четвертичных отложений — средствами гидромеханизации.

Складирование вскрышных пород, извлекаемых по транспортной технологии и средствами гидромеханизации, на первом этапе эксплуатации разреза намечается в смежном, отработанном “Участке по пласту 9” (рис. 1), в последующем вскрышные породы предусматривается размещать в собственном выработанном пространстве разреза. Длина фронта горных работ в бестранспортной зоне по почве нижнего пласта составит порядка 1500 м.

Большое значение при выборе модели драглайнов и их количества имеет величина производственной мощности разреза, определяющая технико-экономические показатели и параметры горных работ, в частности объемы вскрышных пород, обрабатываемых по бестранспортной технологии. Расчет производственной мощности выполняется с учетом трех основных факторов: обеспеченности предприятия промышленными запасами угля; сроков амортизации основных фондов и горнотехнических условий в границах поля разреза. По каждому из указанных факторов проводится расчет возможных значений мощности, на основании которых принимается наиболее объективный ее показатель.

При освоении продуктивной толщи разреза предусматриваются следующие технологические решения:

- поле разреза по геологическому нарушению разделяется на Южный блок I и Северный блок II, с последовательной их отработкой, начиная с Южного, расположенного рядом с отработанным горным “Участком по пласту 9” (рис. 1);
- вскрытие поля разреза осуществляется с южного и северного его флангов;
- на вскрышных работах в зоне транспортной технологии предполагается применение отечественных карьерных экскаваторов, в зоне бестранспортной — экскаваторов-драглайнов, нормативный срок эксплуатации которых составляет 18 и 25 лет соответственно [4].

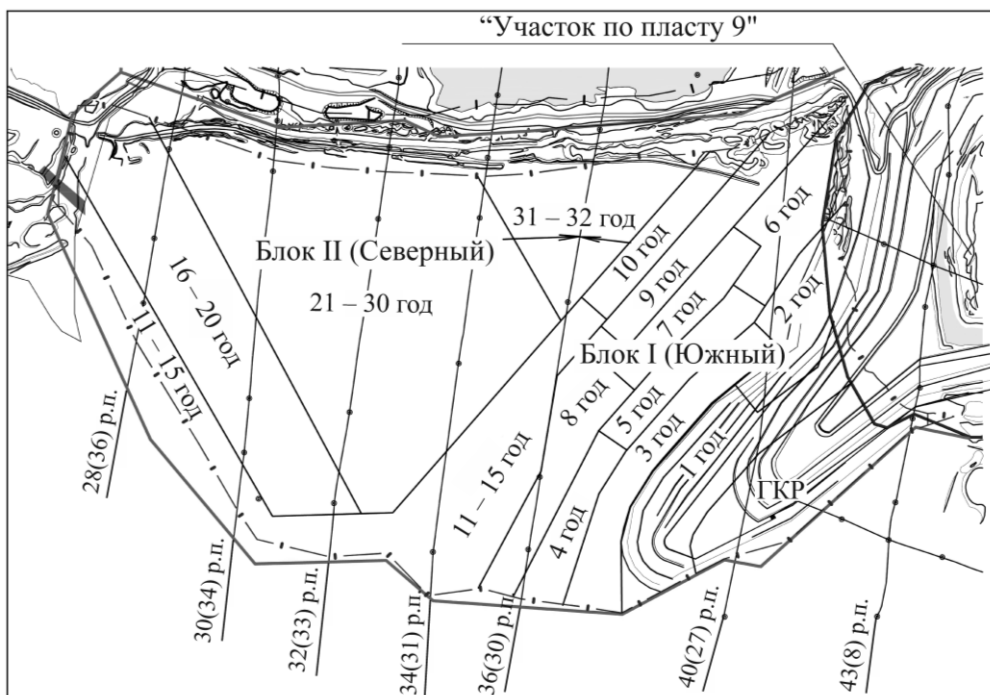


Рис. 1. Схема расположения эксплуатационных блоков разреза в границах Урупского месторождения

Производственная мощность разреза по факторам обеспеченности промышленными запасами и срокам амортизации основных фондов определяется как

$$M_p = \frac{Q_{пз}}{kT}, \quad (1)$$

где  $Q_{пз}$  — промышленные запасы угля, тыс. т;  $k$  — коэффициент, учитывающий снижение годовой добычи в начале и конце эксплуатации разреза (для угольных и сланцевых месторождений, разрабатываемых открытым способом 0.92–0.96);  $T$  — срок амортизации основного горного оборудования, лет [5].

При блочном порядке обработки поля разреза производственная мощность определяется исходя из горно-геологических условий каждого из них. При комбинированной системе разработки расчет мощности разреза  $M_p$  должен выполняться с учетом производительности каждого эксплуатационного блока в зоне бестранспортной  $M_p^{бр}$  и транспортной технологий  $M_p^т$ :

$$M_p = M_p^т + M_p^{бр}. \quad (2)$$

В этом случае формула (1) примет вид:

$$M_p = \frac{C_{пз}^т}{kT_1} + \frac{C_{пз}^б}{kT_2},$$

где  $C_{пз}^т$ ,  $C_{пз}^б$  — промышленные запасы угля, извлекаемые в зоне транспортной и бестранспортной технологий, тыс. т;  $T_1$ ,  $T_2$  — срок амортизации карьерных экскаваторов и драглайнов, лет.

По результатам расчетов, выполненных по выражению (2), установлено, что производственная мощность эксплуатационных блоков I и II по обеспеченности запасами и срокам амортизации составит соответственно 1503 и 1578 тыс. т/год. Оба эксплуатационных блока оказались практически равнозначны по своей производительности, поэтому при последовательной их отработке представляется возможность обеспечить стабильную работу разреза с производственной мощностью на уровне 1500 тыс. т в течение всего срока его эксплуатации, что удовлетворяет заявленной потребности недропользователя и экономической эффективности горного производства.

Проверим реальность полученных значений производственной мощности по технологическим возможностям участка, исходя из его горнотехнических условий, критериями для оценки которых приняты скорость подвигания фронта горных работ и темп углубки.

Развитие горных работ в границах поля рассматриваемого разреза планируется по продольно-углубочной однобортовой системе разработки с постоянным понижением горных работ до конечной глубины. Результаты горно-геометрического анализа показали, что для обеспечения добычи 1500 тыс. т угля при среднем коэффициенте вскрыши  $8 \text{ м}^3/\text{т}$  ежегодно потребуются удаление 12 000 тыс.  $\text{м}^3$  вскрышных пород, в том числе по бестранспортной технологии — до 3 тыс.  $\text{м}^3$ , транспортной — до 7 тыс.  $\text{м}^3$  и гидроспособом — до 3 тыс.  $\text{м}^3$  (табл. 1). При этом промышленные запасы угля в технических границах разреза, числящиеся на балансе недропользователя, обеспечат его стабильную эксплуатацию в течение 35 лет [6].

ТАБЛИЦА 1. Результаты горно-геометрического анализа отработки поля разреза

Показатель	Год эксплуатации							
	1	2	3	4	5	6–15	16–25	26–35
Добыча всего, тыс. т	1000	1500	1500	1500	1500	15000	15000	14035
в том числе в зоне:								
бестранспортной технологии	317	1236	1259	1408	1252	13222	12958	12132
транспортной технологии	683	264	241	92	248	1778	2042	1903
Вскрыша всего, тыс. $\text{м}^3$	10690	12010	12010	12010	12010	12010	12010	10285
в том числе:								
бестранспортная	790	2590	2640	2960	2630	27770	27210	25475
транспортная	6900	6420	6370	6050	6380	62330	62890	57377
гидросмыв	3000	3000	3000	3000	3000	30000	30000	20000
перезакавка	158	518	528	592	526	5554	5442	5095
Коэффициент вскрыши, $\text{м}^3/\text{т}$	10.7	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.3
Прочие работы, тыс. $\text{м}^3$	1069	1201	1201	1201	1201	12010	12010	10285

Как показано, подвигание фронта горных работ зависит от горно-геологических и горнотехнических условий в границах поля разреза, схемы вскрытия, длины фронта горных работ, принятого типа и количества горнотранспортного оборудования [6, 7].

Для оценки оборудования, намечаемого к использованию в зоне экскавации вскрышных пород с применением бестранспортной технологии, технические характеристики которого наиболее соответствуют приведенным факторам, проанализирован типоразмерный ряд экскаваторов-драглайнов, выпускаемых отечественными заводами с ковшами вместимостью 11–25  $\text{м}^3$  и длиной стрелы 70–100 м: ЭШ-11/70, ЭШ-15/90, ЭШ-15/100, ЭШ-20/90 и ЭШ-25/90 [8–11].

Для рассматриваемых моделей драглайнов определяется их годовая эксплуатационная производительность на экскавации и переэкскавации вскрышных пород:

$$Q_3 = Q_{см} n T k_{рз}.$$

Здесь  $Q_{см}$  — сменная производительность экскаватора, тыс. м<sup>3</sup>;  $n$  — число рабочих смен в сутки;  $T$  — чистое время работы экскаватора в течение года, дней ( $T = n_k - n_{кл} - n_{пр} - n_{рп} - n_{рс} / t_1 - n_{рк} / t_2 - n_t$ ;  $n_k$  — число календарных дней в году;  $n_t$  — продолжительность технологических перерывов в работе в течение года;  $n_{пр}$  — число праздничных и выходных дней;  $n_{кл}$  — число дней простоев по климатическим условиям;  $n_{рп}$ ,  $n_{рс}$ ,  $n_{рк}$  — число дней простоев в плановых, средних и капитальных ремонтах;  $t_1$ ,  $t_2$  — периодичность среднего и капитального ремонтов);  $k_{рз} = k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6 k_7 k_8 k_9$  — результирующий поправочный коэффициент, учитывающий влияние эксплуатационных факторов ( $k_1$  — коэффициент, учитывающий влияние климатических условий;  $k_2$  — коэффициент готовности экскаватора;  $k_3$  — коэффициент, зависящий от высоты обрабатываемого уступа;  $k_4$  — коэффициент, учитывающий разработку пород по трудности экскавации и мерзлых пород;  $k_5$  — коэффициент, учитывающий отдельную выемку полезного ископаемого или наличие негабаритов;  $k_6$  — коэффициент на ведение взрывных работ;  $k_7$  — коэффициент на производство оросительных работ в забое;  $k_8$  — коэффициент, учитывающий работу экскаватора с углом поворота более 140°;  $k_9$  — коэффициент, учитывающий работу экскаватора при его установке на неустойчивом основании) [6, 7, 11–13].

Годовая производительность драглайна на переэкскавации горной массы определяется по формуле  $Q_{пз} = Q_3 k_{пз}$  ( $k_{пз}$  — коэффициент, учитывающий переэкскавацию вскрышных пород) [11]. Поправочные коэффициенты приняты для условий рассматриваемого разреза Кузбасса.

Для расчета производительности драглайнов использованы следующие исходные данные: категория коренных пород вскрыши по экскавации — IV; объемный вес угольной массы — 1.4 м<sup>3</sup>/т, объемный вес вскрышных пород — 2.38 м<sup>3</sup>/т; коэффициент разрыхления  $k_{раз} = 1.50$  м<sup>3</sup>/т; коэффициент наполнения ковша экскаватора  $k_n = 0.85$ ; коэффициент использования ковша  $k_{и} = k_n / k_{раз} = 0.57$ ; продолжительность смены — 480 мин; количество смен в сутки — 3; вместимость ковша в целике  $E_{ц} = E k_{и}$  ( $E$  — геометрическая вместимость ковша экскаватора). Результаты расчетов для моделей драглайнов из рассматриваемого типоразмерного ряда, наиболее предпочтительных в горнотехнических условиях разреза, представлены в табл. 2.

Для разработки технологической схемы экскавации вскрышных пород, являющейся основой графоаналитического метода исследований в области бестранспортной технологии, необходимо определить оптимальные параметры элементов системы разработки в конкретных горно-геологических условиях: ширину вскрышной заходки, высоту обрабатываемого уступа, рабочий и устойчивый углы откоса вскрышного уступа, ширину развала взорванной горной массы, коэффициент сброса породы в отвальную зону, высоту предотвала, угол откоса отвального яруса, предельную безопасную высоту бестранспортного отвала и его результирующий угол откоса [3, 14, 15].

ТАБЛИЦА 2. Результаты расчета эксплуатационной производительности драглайнов

Параметр	Модель драглайна				
	ЭШ-11/70	ЭШ-15/90	ЭШ-15/100	ЭШ-20/90	ЭШ-25/90
Глубина черпания экскаватора, м	35	42	46	42	42
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	11.00	15.00	15.00	20.00	25.00
Вместимость ковша в целике, м <sup>3</sup>	6.23	8.50		11.30	14.20
Продолжительность цикла экскавации, с	60.30	65.30	65.60	67.00	67.50
Общая продолжительность перерывов, мин	75			64	
Время чистой работы в смену, мин	405			416	
Время чистой работы в год, сут	297			275	
Коэффициент использования времени смены	0.84			0.87	
Годовая производительность экскаватора*, тыс. м <sup>3</sup>	1895/2084	2200/2500	2269/2496	2950/3245	3450/3795
Коэффициент переэкскавации, м <sup>3</sup> /т	0.5 – 0.8			0.2 – 0.4	
Обеспечение вскрытыми запасами одним драглайном, тыс. т	660	870	900	1200	1500
Потребное списочное количество драглайнов, шт.	2	2	2	2	1

\*Числитель — экскавация, знаменатель — переэкскавация

Ширина заходки драглайна определяется его рабочими параметрами. При ее обосновании должны учитываться следующие основные требования: обеспечение максимально возможной производительности машины, максимальное использование вместимости внутреннего отвала при минимизации объемов переэкскавации горной массы, обеспечение лучших условий для ведения добычных работ [14]. Как показал опыт работы разрезов Кузбасса [4] и выполненные исследования, наиболее рациональные параметры вскрышной заходки обеспечиваются при соблюдении следующего условия: отношение ширины экскаваторной заходки к максимальному радиусу черпания экскаватора должно находиться в диапазоне 0.4 – 0.6. Основанные на этом расчетные значения ширины заходки, полученные для указанных моделей драглайнов, имеют диапазон 33 – 54 м. Для дальнейших расчетов, на основании проведенных графоаналитических исследований, принимается ее усредненное значение, равное 40 м, как наиболее отвечающее принятому выше условию.

Высота вскрышного уступа, обрабатываемого по бестранспортной технологии, определяется исходя из конструктивной глубины черпания драглайна, приемной емкости внутреннего отвала и экономически приемлемого коэффициента переэкскавации.

Экскавация скальных вскрышных пород драглайном проводится после предварительного их рыхления буровзрывным способом. Как показали результаты расчетов параметров буровзрывных работ для рассматриваемых моделей драглайнов, максимальная ширина развала взорванной горной массы при бестранспортной отработке массивов коренных вскрышных пород изменяется от 85 до 110 м, что подтверждается практикой открытой угледобычи на разрезах Кузбасса.

Отсыпка внутренних отвалов при усложненной бестранспортной системе разработки выполняется ярусами (рис. 2). В принятых на основе графоаналитических исследований технологических схемах, разработанных для каждой из рассматриваемых моделей драглайнов, бес-

транспортный отвал принят двухъярусным, при этом расчетная высота первого яруса (предотвала) должна соответствовать максимальной глубине черпания экскаватора (табл. 2), а угол его откоса имеет значение, не превышающее угла внутреннего трения —  $37^\circ$ .

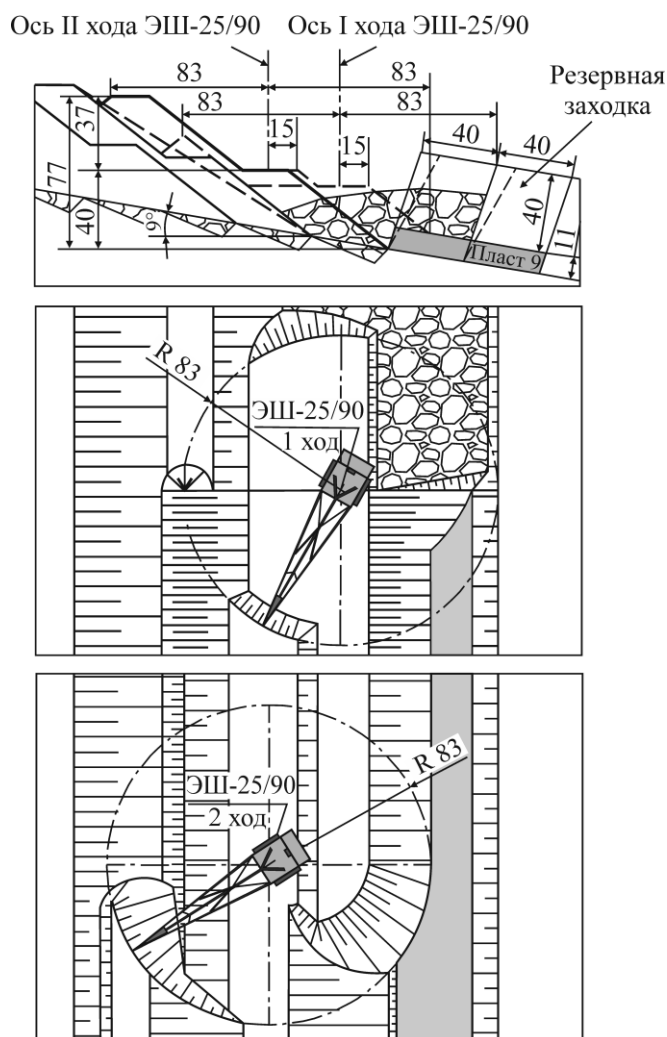


Рис. 2. Технологическая схема отработки массива вскрышных пород драглайном ЭШ-25/90

Высота отсыпки второго яруса должна соответствовать максимальному значению высоты разгрузки принятой марки драглайна. Отсыпка породы во второй ярус осуществляется под таким же углом на верхнюю площадку уже сформированного нижнего яруса. Расчетный результирующий угол бестранспортного отвала, размещаемого на почве нижнего пласта свиты, по условиям устойчивости не должен превышать  $31^\circ$ . Максимальная общая высота отвала определяется параметрами драглайна и для рассматриваемого типоразмерного ряда составит 78.6 – 92.0 м. При этом среднее значение коэффициента переэкскавации будет изменяться от 0.2 до  $0.8 \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

Результаты горно-геометрического анализа (табл. 1) показали, что в производственной мощности разреза в период его стабильной работы долевое участие составит бестранспортной технологии от 82 до 95 % (от 1236 до 1408 тыс. т). Для обеспечения указанных объемов добычи потребуется экскавация драглайнами ежегодно от 2590 до 2960 тыс.  $\text{м}^3$  вскрышных пород с частичной их переэкскавацией. Объем последней, наряду с параметрами отвальных ярусов, имеет важное значение при выборе модели драглайна.

Коэффициент переэкскавации вычисляется для каждой конкретной технологической схемы:

$$K_{пэ} = \frac{V_{пэ}}{V_{ц} k_p},$$

где  $V_{пэ}$  — объем переэкскавации разрыхленной горной массы на единицу длины фронта горных работ, тыс. м<sup>3</sup>;  $V_{ц}$  — объем вскрышной заходки в целике, тыс. м<sup>3</sup>;  $k_p$  — коэффициент разрыхления породы в развале горной массы [11].

Списочное количество драглайнов, необходимое для производства годового объема вскрышных работ с учетом их переэкскавации в зоне бестранспортной технологии, определяется как

$$N_{сп} = \frac{V_э}{Q_э} + \frac{V_{пэ}}{Q_{пэ}},$$

здесь  $V_э$ ,  $V_{пэ}$  — объем вскрышных пород, подлежащих экскавации и переэкскавации, тыс. м<sup>3</sup>;  $Q_э$ ,  $Q_{пэ}$  — годовая эксплуатационная производительность драглайна на экскавации и переэкскавации, тыс. м<sup>3</sup>.

Из экономических соображений для выполнения объемов вскрышных работ в зоне бестранспортной технологии необходимо выбрать такую модель драглайна, технические возможности которого позволили бы максимально эффективно вести работы одной машиной как на экскавации, так и на переэкскавации вскрышных пород.

Как показали результаты расчетов и графоаналитический анализ разработанных технологических схем, этим требованиям в наибольшей степени удовлетворяет экскаватор ЭШ-25/90 с ковшем вместимостью 25 м<sup>3</sup> и длиной стрелы 90 м, эксплуатационная годовая производительность которого на экскавации вскрыши достигает 3450 и на переэкскавации — 3795 тыс. м<sup>3</sup>. Драглайны других моделей с меньшей вместимостью ковша и линейными параметрами при работе одной машины не смогут обеспечить требуемую производительность разреза по углю в зоне бестранспортной технологии (табл. 2). Применение драглайнов с увеличенными параметрами приведет к росту капитальных затрат и эксплуатационных расходов. График организации работ при применении на отработке вскрышных пород драглайна ЭШ-25/90 в зоне бестранспортной технологии приведен на рис. 3.

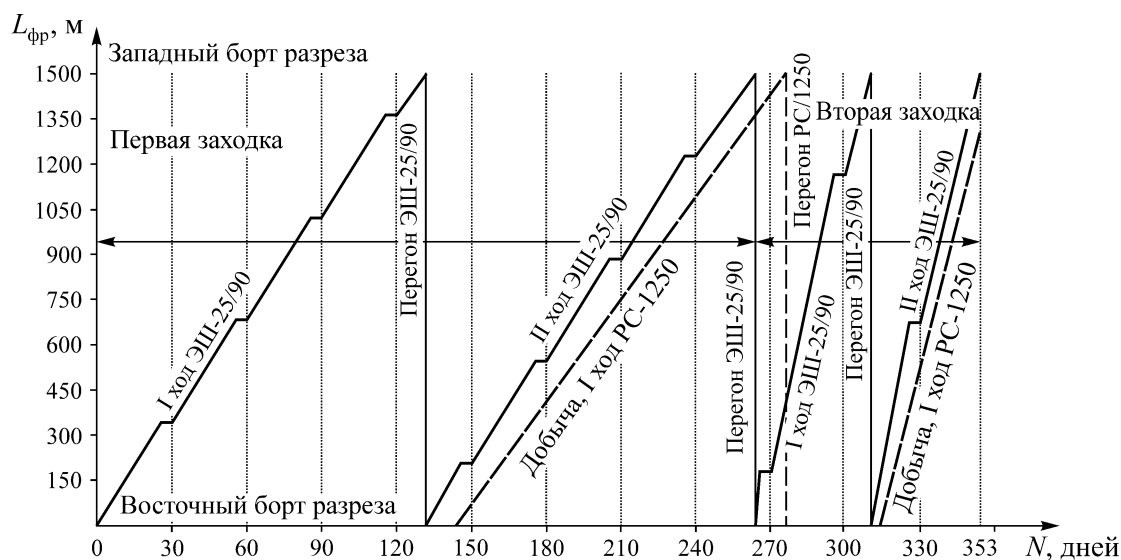


Рис. 3. График организации работ ЭШ-25/90 в зоне бестранспортной технологии



Та часть производственной мощности разреза, которая обеспечивается драглайном в зоне бестранспортной технологии, находится по формуле

$$M_p^{бр} = \frac{Q B m g k_{изв} k_{нз} k_{др}}{V(1 + k_{пэ})},$$

где  $Q$  — эксплуатационная производительность ведущего экскаватора-драглайна, тыс. м<sup>3</sup>/год;  $B$  — ширина заходки, м;  $m$  — мощность пласта угля, отработываемого в зоне бестранспортной технологии, м;  $g$  — объемный вес угля, т/м<sup>3</sup>;  $k_{изв}$  — коэффициент извлечения запасов угля;  $k_{нз}$  — коэффициент надежности подсчета запасов;  $k_{др}$  — понижающий коэффициент, учитывающий дополнительные объемы работ в торцах разреза и зоне въездных траншей [6];  $V = B h_y$  — объем отработываемой драглайном заходки на 1 п. м фронта;  $k_{пэ}$  — коэффициент переэкскавации, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Годовое подвигание фронта горных работ в зоне бестранспортной технологии:

$$V_r = \frac{M_p^{бр}}{L_\phi m g k_{изв} k_{нз}},$$

$L_\phi$  — длина фронта горных работ, м.

Принятые для расчета исходные данные, а также результаты расчета объема добычи, обеспечиваемого драглайном ЭШ-25/90, в зоне бестранспортной технологии:

Производительность драглайна на экскавации, тыс. м <sup>3</sup> /год	3450
Производительность драглайна на переэкскавации, тыс. м <sup>3</sup> /год	3795
Ширина заходки, м	40
Мощность угольного пласта, м	11.93
Высота вскрышного уступа, м	40
Объемный вес угля, т/м <sup>3</sup>	1.400
Коэффициент извлечения запасов угля	0.931
Коэффициент, учитывающий дополнительные объемы работ на торцах участка	0.920
Объем заходки на 1 п. м фронта работ, м <sup>3</sup>	1600
Коэффициент переэкскавации, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	0.40
Длина фронта горных работ, м	1500
Годовое подвигание фронта горных работ, м	62.2
Расчетная доля производственной мощности разреза, обеспечиваемая драглайном в зоне бестранспортной технологии, тыс. т/год	1450

Согласно результатам горно-геометрического анализа (табл. 1), в производственной мощности разреза максимальная доля угля, добываемого в зоне бестранспортной технологии, должна составлять не менее 1408 тыс. т/год. Как показали результаты расчета, драглайн выбранной модели ЭШ-25/90 сможет обеспечить этот объем. Недостающий до требуемой величины производственной мощности разреза (1500 тыс. т/год) объем добычи, согласно (2), выполняется в зоне транспортной технологии.

По расчетам, максимальный объем добычи, который представляется возможным обеспечить по горно-техническим условиям разреза в зоне транспортной технологии, может достигать 686 тыс. т угля в год, что соответствует результатам горно-геометрического анализа

(табл. 1). Итоговая производственная мощность разреза, которую можно обеспечить с применением комбинированной системы разработки по фактору его горнотехнических возможностей, может составить  $M_p = M_p^{бр} + M_p^r = 1450 + 686 = 2136$  тыс. т.

На основании результатов расчетов производственной мощности выполненных по трем факторам (обеспеченности предприятия промышленными запасами, срокам амортизации основных фондов и горнотехническим возможностям разреза) к реализации принимается ее минимальное гарантированное значение — 1500 тыс. т угля в год. Ниже приведены экономические показатели разреза за 20-летний период эксплуатации:

Себестоимость 1 т товарной продукции, руб./т	811
Валовая прибыль, млн руб.	11280.9
Чистая прибыль, млн руб.	5768.9
Ставка дисконтирования, %	10
Чистый дисконтированный доход, млн руб.	150.3
Срок окупаемости инвестиций, лет	18.3
Внутренняя норма доходности, %	11
Бюджетный эффект, млн руб.	1705.1
Бюджетный эффект на 1 т добычи угля, руб.	61

Приведенные данные свидетельствуют о том, что принятая технологическая схема бестранспортной отработки массива вскрышных пород с использованием экскаватора-драглайна марки ЭШ-25/90 производства АО «Уралмаш» обеспечивает эффективную работу рассматриваемого разреза, что подтверждает правильность методического подхода к выбору наиболее производительного экскавационного оборудования.

## ВЫВОДЫ

Предлагаемая методика, учитывающая влияние основных факторов горного производства (обеспеченности запасами угля, сроков амортизации основных фондов, горно-геологических и горнотехнических условий) на состав и параметры технологических схем отработки массивов вскрышных пород, обеспечивает объективный выбор модели и количества драглайнов для бестранспортной технологии в составе комбинированной системы разработки пологопадающих месторождений со свитовым залеганием пластов.

Использованные методики при проектировании и планировании открытых горных работ позволят повысить достоверность обоснования производственной мощности разрезов и ее технического обеспечения, улучшить технико-экономические показатели.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ческидов В. И., Норри В. К. Бестранспортная технология вскрышных работ на разрезах Кузбасса: состояние и перспективы // ФТПРПИ. — 2016. — № 4. — С. 109–116.
2. Злобина Е. В., Проноза В. Г., Тюленев М. А. К вопросу выбора модели драглайна для разработки перспективных угольных месторождений Кузбасса // Вестн. КузГТУ. — 2013. — № 6. — С. 41–45.
3. 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.

4. **РД-15-14-2008.** Методические рекомендации о порядке проведения экспертизы промышленной безопасности карьерных одноковшовых экскаваторов.
5. **Теория и практика** открытых разработок / Н. В. Мельников, А. И. Арсентьев, М. С. Газизов и др. — М.: Недра, 1973. — 636 с.
6. **ВНТП 2-92.** Временные нормы технологического проектирования угольных и сланцевых разрезов.
7. **Сысоев А. А., Злобина Е. В., Сысоев И. А.** Обоснование технологических показателей бестранспортной зоны смешанной системы разработки пологого пласта на стадии проектирования разрезов // Вестн. КузГТУ. — 2019. — № 4. — С. 84–89.
8. **Киприн И. В., Потехин Г. Н.** Обоснование области применения драглайнов на основе компьютерного моделирования технологических схем перевалки // ГИАБ. — 2010. — № 10. — С. 133–148.
9. **Груздев А. В., Сандригайло И. Н.** Шагающие драглайны // Горн. пром-сть. — 2008. — № 5. — С. 6–7.
10. **Ческидов В. И., Акишев А. Н., Саканцев Г. Г.** К вопросу применения драглайнов на алмазорудных месторождениях Якутии // ФТПРПИ. — 2018. — № 4. — С. 111–123.
11. **ЕНВ.** Единые нормы выработки на открытые горные работы для предприятий горнодобывающей промышленности. Эскавация и транспортирование. Ч. III.
12. **Дудинский Ф. В., Нечаев К. Б.** Производительность драглайнов при совмещении вскрышных и добычных работ // Науки о Земле и недропользовании. — 2016. — № 4. — С. 91–99.
13. **Нормативы расчета** в проектах межремонтных сроков, продолжительности и трудоемкости ремонтов и обслуживания основного оборудования шахт, разрезов и ОФ.
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. **Проноза В. Г., Злобина Е. В.** Технология разработки двух сближенных пологих пластов на месторождениях центрального Кузбасса // Вестн. КузГТУ. — 2010. — № 6. — С. 10–19.

*Поступила в редакцию 23/VI 2020  
После доработки 08/VII 2020  
Принята к публикации 09/VII 2020*