Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LII, вып. 1, 1966 г.

УДК 622.271.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ДРАГЛАЙНАМИ УСТУПОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

(на примере Кингисеппского месторождения)

И. М. Норкин

Кингисеппское месторождение фосфоритов представляет собой горизонтальную пластообразную залежь со средней мощностью 2,5 *м* и отличается значительной обводненностью (в 1964 г. средний водоприток 150 $м^3/ч$). В связи с высокой производительностью карьера по руде полоса вскрытых запасов составляет свыше 200 *м*. В зимние месяцы фосфоритовый пласт промерзает и отработка его связана с буровзрывными работами. Как известно, глубина промерзания горных пород в значительной мере зависит от их влажности [Ржевский и др., 1965]. Снизить уровень грунтовых вод можно проведением ряда мероприятий с использованием имеющегося на карьере экскаватора ЭШ-5/45.

Первая группа мероприятий осуществляется проходкой траншей узкими и широкими забоями вдоль или перпендикулярно фронту работ. Положение траншей увязывают с наиболее пониженными участками рельефа почвы карьера. Перевалка материала от проходки траншей по полезному ископаемому также способствует снижению влажности. Поэтому размеры траншей желательны наибольшие.

Ко второй группе мероприятий относятся работы, направленные на уменьшение площади обнажения поверхности промерзающих пород. Это сокращает объем дополнительных затрат в зимние месяцы и достигается отсыпкой фосфоритовых песков из соседних заходок на кровлю пласта. Такое искусственное повышение забоя улучшает условия эксплуатации добычного экскаватора ЭКГ-4 (высота забоя на разрабатываемом участке увеличивается от 2 до 4 *м*).

Так как в карьере существуют значительные готовые к выемке запасы, экскаватором ЭШ 5/45 рекомендуется проходить широкие траншеи, расположенные поперек развиваемого фронта работ по добыче, до вышерасположенного вскрышного уступа (рис. 1).

Основные параметры экскаваторного забоя зависят от конструктивных размеров и рабочих параметров принимаемой модели экскаватора; горно-геологической характеристики участка разработки (в рассматриваемом случае мощность и угол залегания разрабатываемого пласта); физико-механических свойств разрабатываемых горных пород.

Так как высота уступа, соответствующая мощности пласта 2—4 *м*, незначительна, существенную роль при определении параметров траншеи

и навала будут оказывать рабочие параметры экскаватора $R_ч$ и $R_р$, поскольку полная высота навала не может отсыпаться по ряду причин.

Определение параметров горных работ при односторонней отсыпке. Согласно принятой технологии экскавации (рис. 2), между элементами экскаваторного забоя должны выдерживаться зависимости [Норкин, 1964]

$$Б_з = \frac{S_о}{k_р h}, \qquad (1)$$

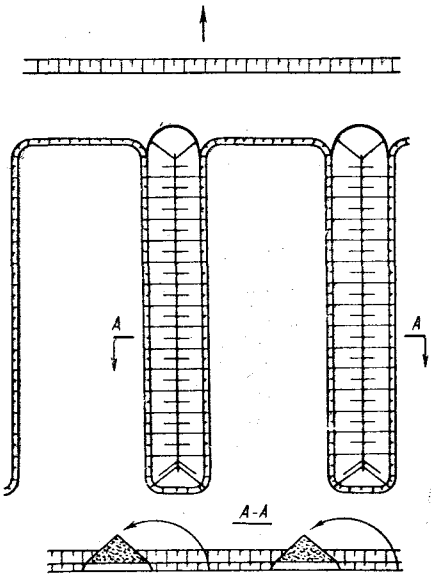


Рис. 1. Положение поперечных широких траншей по фосфоритовому пласту. Проходка драглайном ЭШ 5/45.

где $Б_з$ — ширина проходимой траншеи, *м*;
$S_о$ — площадь навала, отсыпаемая на кровлю пласта, *м*²;
$k_р$ — коэффициент разрыхления песков, слагающих пласт;
h — высота уступа по пласту, *м*;
$B_н$ — ширина основания навала, *м*;
β — угол естественного откоса фосфоритовых песков, град.

$$S_о = \frac{B_н^2 \operatorname{tg} \beta}{4}. \qquad (2)$$

Тогда

$$Б_з = \frac{B_н^2 \operatorname{tg} \beta}{4 k_р h}. \qquad (3)$$

С другой стороны, между параметрами экскаватора и уступа должно выдерживаться соотношение

$$Б_з = R_ч + R_р - \frac{B_н}{2}. \qquad (4)$$

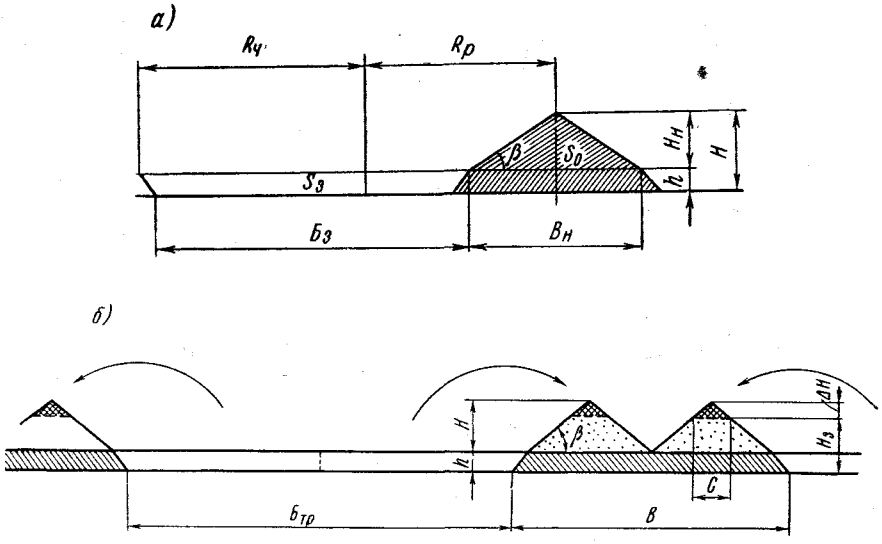


Рис. 2. Основные параметры горных работ при отсыпке навалов:
а — на один борт траншеи; *б* — на два борта траншеи.

В уравнениях (3) и (4) неизвестны величины $Б_з$ и $B_н$. Их можно определить, составив уравнение

$$ax^2 + bx + c = 0, \tag{5}$$

где $x = \frac{B_н}{2}$;

$a = \frac{\operatorname{tg}\beta}{k_р h}$;

$b = 1$;

$c = -(R_ч + R_р)$.

При определении размера траншеи $Б_з$ ввиду незначительной глубины забоя 2—4 *м* заложение бортов траншеи не учитывается.

Для установления основных параметров экскаваторного забоя необходимо определить целесообразный угол наклона стрелы, который, например, для ЭШ 5/45 может изменяться от 25 до 35°.

Между высотой и основанием навала $H_н$ и $B_н$ на горизонте установки экскаватора существует зависимость

$$H_н = \frac{B_н}{2} \operatorname{tg}\beta,$$

откуда

$$S_о = H_н^2 \operatorname{ctg}\beta. \tag{6}$$

По паспортным данным для разных углов наклона стрелы экскаватора $H_н = H_р$. Как видно из формулы (6), размеры навала зависят также и от угла естественного откоса отсыпаемых пород. Для сравнения характера изменения поперечного сечения навала от угла β при различных углах α установки стрелы ЭШ 5/45 целесообразно построить графики $S_о = \varphi(\beta, \alpha)$ (рис. 3).

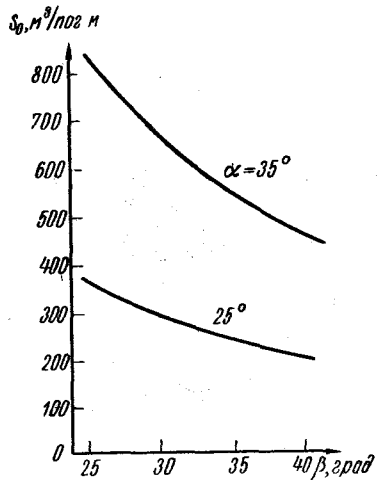


Рис. 3. Зависимость поперечного сечения отсыпаемого навала от угла естественного откоса пород β и при различных углах установки стрелы α.

Исходя из равенства объемов заходки в целике и навале

$$Б_з = \frac{H_р^2 \operatorname{ctg}\beta}{h k_р}. \tag{7}$$

Максимальная ширина траншеи $Б_з$ зависит от угла естественного откоса отсыпаемых пород β и высоты отрабатываемого забоя h. Из расчетных данных следует принимать во внимание только те, в которых выдерживается следующее соотношение

$$Б_з < R_ч + R_р. \tag{8}$$

Конструктивные размеры некоторых моделей экскаваторов позволяют изменять угол наклона стрелы от 25 до 35° С. Для экскаватора ЭШ 5/45 при установке стрелы под углом 25° $Б_з < 90{,}5$ *м*.

Как видно из таблицы, при разработке забоев малой мощности самая эффективная эксплуатация ЭШ 5/45 (в условиях Кингисеппского месторождения) будет при $\alpha = 25°$. При высоте забоя 2 *м* максимальные размеры траншеи при одном проходе ЭШ 5/45 достигнуты быть не могут.

Максимальные размеры траншей при отсыпке драглайном ЭШ 5/45 навалов с $H_н = H_р$ при $\alpha = 25°$

β	$Б_з$ (м) при h (м)		
	2	3	4
30°	134	89	67
35	111	74	56
40	94	62	47

Согласно уравнению (5) при $\alpha = 25°$, $k_р = 1{,}1$, $\beta = 35°$, $\gamma = 2$ *т/м*^{3}, $R_ч = 46$ *м*, $R_р = 44{,}5$ *м*. Основные параметры горных работ будут следующие (см. рис. 1):

h, *м*	$Б_з$, *м*	$B_н$, *м*	$H_н$, *м*	H *, *м*	S **, *м/пог. м*
2	72,5	30	10,6	12,6	145
3	69	37	13	16	207
4	67,3	41	14,2	18,2	270

Так как размеры образующегося забоя должны позволять экскавацию при погрузке в самосвалы механическими лопатами ЭКГ-4, общая высота полезного ископаемого H в рассматриваемом случае не должна превышать полуторакратной максимальной высоты черпания экскаватора (15 *м*). С другой стороны, зимой обнаженные поверхности навалов, хотя и в меньшей мере, но промерзают. Для предотвращения образования «козырьков» в забое ЭКГ-4 верхнюю часть навала необходимо разравнивать бульдозером (снижая его общую высоту до 13—14 *м*) и непосредственно перед погрузкой при необходимости рыхлить образующуюся горизонтальную площадку на навале рыхлителем, выполненным на базе трактора ДЭТ-250.

Минимальная ширина площадки C, образуемой на навале, зависит от ширины гусеничного хода трактора, а также высоты насыпного грунта. Образуемые размеры навала фосфоритовых песков вполне удовлетворяют параметрам забоя, отрабатываемого механической лопатой ЭКГ-4. Основной недостаток параметров в том, что высота забоя ЭКГ-4 изменяется от 2 до 15,7 *м*.

Определение параметров горных работ при двухсторонней отсыпке навалов. При отсыпке навалов с двух сторон на кровлю пласта за исходные параметры приняты параметры, рассчитанные для одностороннего их расположения, но с удвоенными размерами $Б_{тр}$ и B (рис. 2, *б*). В этом случае технология отсыпки фосфоритовых песков остается не измененной. Основные параметры горных работ при двухстороннем расположении навалов следующие:

h, *м*	$Б_{тр}$, *м*	B, *м*	$H_н$, *м*	H, *м*	C, *м*	Δh, *м*	$H_з$, *м*
2	145	60	10,6	12,6	5,2	1,8	10,8
3	138	74	13	16	6,2	2,2	13,8
4	134	82	14,2	18,2	7,2	2,5	15,7

Основной недостаток параметров горных работ при рассматриваемой технологии заключается в том, что отсыпаемый навал, а следовательно, и высота забоя, разрабатываемого экскаватором ЭКГ-4, изменяются от мощности пласта h до величины, превосходящей 1,5 высоты черпания. Для создания нормальной высоты забоя для ЭКГ-4 необходимы планировочные работы бульдозером, что повышает себестоимость полезного ис-

* $H = H_н + h$.
** $S_з = Б_з h$.

копаемого. Чтобы уменьшить дополнительные затраты по планировке навалов, рассмотрена работа драглайна на проходке широких дренажных траншей в две заходки при различных положениях оси экскаватора относительно конечного борта траншеи. Такая технология отсыпки навалов позволит резко сократить объем бульдозерных работ по планировке и иметь забой добычного экскаватора более равномерно выдержанный и не превосходящий максимально допустимой высоты для ЭКГ-4.

Положение оси экскаватора ЭШ 5/45 при выемке первой заходки определяется относительно середины проходимой траншеи, от которой ось экскаватора смещается в сторону отсыпаемого навала на величину, равную $R_ч$ экскаватора. Соответственно ширина первой заходки принимается от центра траншеи до экскаватора с тем, чтобы отсыпка выполнялась с поворотом драглайна на 180° (рис. 4). Образуется навал с меньшими разме-

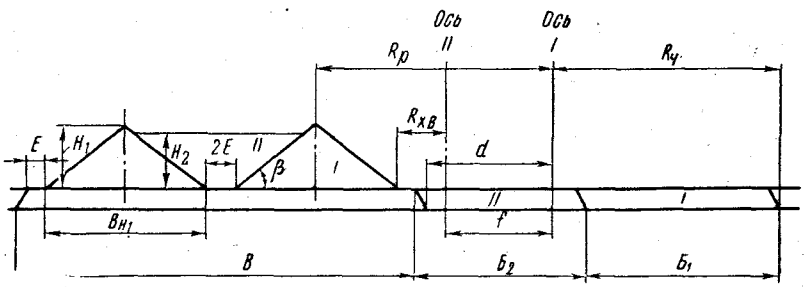


Рис. 4. Технология отсыпки навалов на кровлю уступа при двух заходках драглайна вдоль каждого борта траншеи.

рами H_1, $B_{н1}$. По известным размерам принятой заходки определяются соответственно размеры этого навала. Они являются исходными для определения положения оси экскаватора при отработке второй заходки до границы траншеи. Ось экскаватора при второй заходке принимается удаленной от основания навала первой заходки на величину, равную или большую хвостового радиуса ЭШ 5/45. Расстояние между осями экскаватора при отработке первой и второй заходок

$$f = R_р - \frac{B_н}{2} - R_{хв}, \tag{9}$$

где $R_{хв}$ — хвостовой радиус экскаватора ЭШ 5/45.

Весь объем второй заходки располагается за первоначальным навалом, равномерно заполняя свободное пространство. Если известны размеры навалов и расстояние между ними, при отсыпке со смежных траншей при первой заходке можно определить высоту навала H_2, образующегося во время отсыпки второй заходки. Если известны размеры второй заходки S_2 объем навала

$$S_{о\,2} = 2S_2 k_р,$$

но $S_2 = Б_2 h$. Тогда $S_{о\,2} = 2Б_2 h k_р$.

С другой стороны, навал, образуемый отсыпкой второй заходки, примет форму траншеи, меньшее основание которой равно $2E$.

$$E = R_р - \frac{B_н}{2} - d, \tag{10}$$

где E — расстояние между конечным бортом траншеи и навалом;
d — расстояние от конечного борта траншеи до оси экскаватора при первой заходке.

Тогда

$$S_{o\,2} = (2E + H_2 \operatorname{ctg} \beta) H_2 \qquad (11)$$

или

$$(H_2)^2 + \frac{2E}{\operatorname{ctg} \beta} H_2 + \frac{2S_2 k_p}{\operatorname{ctg} \beta} = 0. \qquad (2)$$

Отсюда определим H_2:

$$x = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} + q},$$

где $x = H_2$,

$$p = \frac{2E}{\operatorname{ctg} \beta},$$

$$q = \frac{2S_2 k_p}{\operatorname{ctg} \beta} = 2B_2 h k_p \operatorname{tg} \beta.$$

Остается сравнить эту величину H_2 с H_1 и найти превышение одного относительно другого. Это превышение и будет характеризовать объем планировочных работ на навалах.

По рекомендуемой схеме экскавации рассчитаны основные параметры горных работ:

h, м	d, м	B_2, м	B_1, м	S_1, м³/пог. м	$B_{н_1}$, м	H_1, м	B, м	E, м
2	26,5	33,5	39,0	78	22,5	8	60	3,7
3	23	31,0	38,0	114	27,5	9,5	74	4,7
4	21,5	30,5	37,0	148	31,0	10,8	82	5,0

h, м	t, м	f, м	S_2, м³/пог. м	$2E$, м	H_2, м	$H_1 - H_2$, м	$H_1 + h$, м	$H_2 + h$, м
2	5,7	22,8	67	7,4	7,7	0,3	10	9,7
3	4,7	21,3	93	9,4	9,0	0,5	12,5	12,0
4	4,4	19,6	122	10,0	10,5	0,3	14,8	14,5

Приведенные параметры наиболее полно отвечают требованиям равномерности заполнения отвалов. Общая высота образующегося уступа не превосходит допустимой высоты забоя для экскаватора ЭКГ-4 в данных горно-геологических условиях. Как видно из сравнения, высота отсыпаемых навалов при I и II заходке практически одинакова.

Образующиеся обнажения кровли пласта E по обе стороны от навала можно покрывать экскавируемым материалом. Для предотвращения промерзания мощность покрывающего слоя должна быть 1—1,5 *м*. Окончательные параметры горных работ необходимо увязывать с гидрогеологической характеристикой разрабатываемых горных пород с тем, чтобы обеспечивать достаточное понижение уровня грунтовых вод. Траншеи следует закладывать по наиболее пониженным участкам почвы уступа, что должно уточняться геологической службой предприятия.

Выводы

1. Предлагаемые методы расчета параметров горных работ при разработке неглубоких залежей позволяют наиболее эффективно использовать рабочие размеры экскаваторов.

2. Применение драглайна на подготовке горных пород к зимним условиям снижает до минимума промерзание вскрытых запасов полезного ископаемого и соответственно объемы работ по их планировке и рыхлению.

3. Рассмотренные методы расчета параметров горных работ могут найти широкое применение при разработке драглайнами россыпных месторождений.

ЛИТЕРАТУРА

Норкин И. М. Развитие расчетных методов при перевалках породы за контур карьера. Зап. ЛГИ, т. XLIX, вып. 1, 1964.

Ржевский В. В. и др. Технология и комплексная механизация открытой добычи угля, руд и нерудных ископаемых, вып. 3. Подготовка горных пород к выемке, изд-во МИРГЭМ, 1963.