



УДК 622.271.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

**Петров А.И.**

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева



### Информация о статье

Поступила:

22 октября 2022 г.

Рецензирование:

25 декабря 2022 г.

Принята к печати:

12 января 2023 г.

### Ключевые слова:

вспомогательные горные работы, схема экскавации, перевалка вскрыши, прочие работы, процессы открытых горных работ, планирование горных работ, экскаваторный блок, порядок отработки месторождения

### Аннотация.

Цель работы – обоснование рациональной технологии ведения вспомогательных горных работ на угольных разрезах Кузбасса, расчет технологических схем ведения горных работ в комплексе грузопотоков, изучение динамики схемы вскрытия. Актуальность обусловлена тем, что повышение эффективности результатов работы на основных и вспомогательных технологических процессах является одной из важнейших задач в горном деле. Известно, что выполнение вспомогательных горных работ производится по схемам, отличающимся большим разнообразием. В то же время разработок, обосновывающих рациональную технологию ведения вспомогательных горных работ, до настоящего времени не имеется. Кафедрой открытых горных работ КузГТУ была выполнена работа по систематизации и типизации схем вспомогательных горных работ, основывающаяся на технологической сущности производственных процессов, выполняемых на разрезах, и технологическом единстве комплекса горных работ в различных горно-геологических условиях. Установлены рациональные параметры технологических схем вспомогательных горных работ. Определены технологические схемы отработки экскаваторных блоков, зависимость их формирования от порядка отработки месторождения. Рациональная технология ведения вспомогательных горных работ внедрена в производственную практику разреза «Черниговский».

---

**Для цитирования:** Петров А.И. Исследование рациональных параметров технологических схем вспомогательных горных работ // Техника и технология горного дела. – 2023. – № 1(20). – С. 4-39. – DOI: 10.26730/2618-7434-2023-1-4-39, EDN: YYRRBG

---

### Введение

Широкое распространение на разрезах Кузбасса технологических схем вспомогательных горных работ или, как их называют, схем прочих горных работ, определяет важность рассмотрения этого вопроса. Например, объемы вспомогательных горных работ, выполняемых на разрезе «Черниговский», составляют от 17 до 19 млн м<sup>3</sup> в год (данные за 4 года). В среднем объем прочих горных работ, приходящийся на объем основной вскрыши, близок к величине 1 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Количество экскаваторов, задействованных на выполнении вспомогательных горных работ, достигает третьей части списочного состава.

В зависимости от назначения вспомогательные горные работы делятся на семь больших групп:



- а) обеспечивающие процесс подготовки горных пород к выемке (нарезка трасс для бурстанков, рыхление пород для гидромеханизации);
- б) при ведении выемочно-погрузочных работ:
  - на добычных работах (зачистка пласта, складирование угля и породы при селективной выемке, подвалка угля к ж/д путям);
  - на вскрышных работах (отгрузка навалов, перегруз вскрыши, понижение уступа, подвалка породы на уступе, проведение разрезной траншеи мехлопатами с образованием временного навала горных пород);
- в) для обеспечения перемещения карьерных грузов (нарезка и строительство трасс на горизонтах и уступах, нарезка съездов и выездов);
- г) при отвалообразовании (строительство отвала, перевалка породы на отвалах и наростка карманов);
- д) при гидромеханизационных работах (строительство и наращивание дамб, строительство зумпфов, проходка водоотводных канав, котлованов для гидромеханизации);
- е) на угольных складах (при обогатительных установках и сортировках, внутрикарьерные перегрузочные пункты);
- ж) разовые вспомогательные горные работы (уборка оползня, льда, проходка водоотводных трасс и т.д.).

Область применения и параметры технологических схем вспомогательных горных работ определяются геологическими условиями разработки месторождения, маркой и видом применяемого транспорта, типом формирования забоя, видом разгрузки экскаватора [1].

В структурном отношении технологические схемы вспомогательных горных работ состоят из различного сочетания трех элементарных работ:

- выемка горной массы из массива или развала и образование временного навала горных пород;
- переэкскавация временного навала горных пород;
- отгрузка временного навала горных пород в средства транспорта.

Проведенная систематизация и типизация технологических схем вспомогательных горных работ позволяет обосновать их рациональные параметры и область применения.

Расчет параметров основывается на проведении исследования моделей схем, ставящего своей целью увязать параметры экскаваторов с элементами забойной и отвальной зон технологических схем.

Обобщение условий разработки приводит к формированию и расчету технологических схем в соответствии с вышеприведенной систематизацией.

В настоящее время в основе планирования горных работ и, следовательно, выбора порядка отработки месторождения лежат два критерия. Первый – это установленный план по добыче полезного ископаемого и второй – производительность и количество выемочно-погрузочного оборудования.

Данное исследование направлено на рассмотрение в большей степени именно второго критерия. Дело в том, что сегодняшнее состояние планирования горных работ зачастую не отвечает требованиям современного технически оснащенного производства. Как показали исследования [2-7], результаты годового планирования и фактического выполнения горных работ на разрезе «Черниговский» имели значительное расхождение. Например, совпадение места выполнения горных работ с плановым положением в пространстве карьера составляло 59%, при этом отклонение ведения горных работ по времени в среднем составляло 6,7 месяца. По результатам анализа был сделан вывод о необходимости более детального рассмотрения планирования производительности выемочно-погрузочного оборудования, увязки этого вопроса с порядком отработки месторождения. В качестве пути для достижения поставленных целей намечен укрупненный расчет технологических схем ведения горных работ, одним из элементов которых являются схемы вспомогательных горных работ.

Основное отличие технологических схем вспомогательных горных работ от типовых технологических схем на экскавацию горной массы состоит в наличии специфической элементарной работы, их составляющей – образования временного навала горных пород [1]. При

этом производится верхнее черпание, а разгрузка осуществляется следующими способами: верхняя разгрузка, нижняя разгрузка и, как ее разновидность, разгрузка на сброс.

Различные сочетания видов работ (образование временного навала горных пород, переэкскавация, отгрузка горной массы), составляющих технологические схемы вспомогательных горных работ, способов выемки и разгрузки в конкретных горно-геологических и технологических условиях, определяют разнообразие этих технологических схем [8-26].

Определение параметров технологических схем вспомогательных горных работ осуществляется последовательным рассмотрением формирования временного навала горных пород в различных забоях.

### Исследование моделей технологических схем вспомогательных горных работ

При работе экскаватора в забое экономически целесообразно с одной установки экскаватора иметь наибольший вынимаемый объем, которому будет соответствовать наибольшее значение высоты временного навала горных пород  $H_n$ . Для определения параметров технологических схем вспомогательных горных работ рассмотрим чертеж (Рис.1).

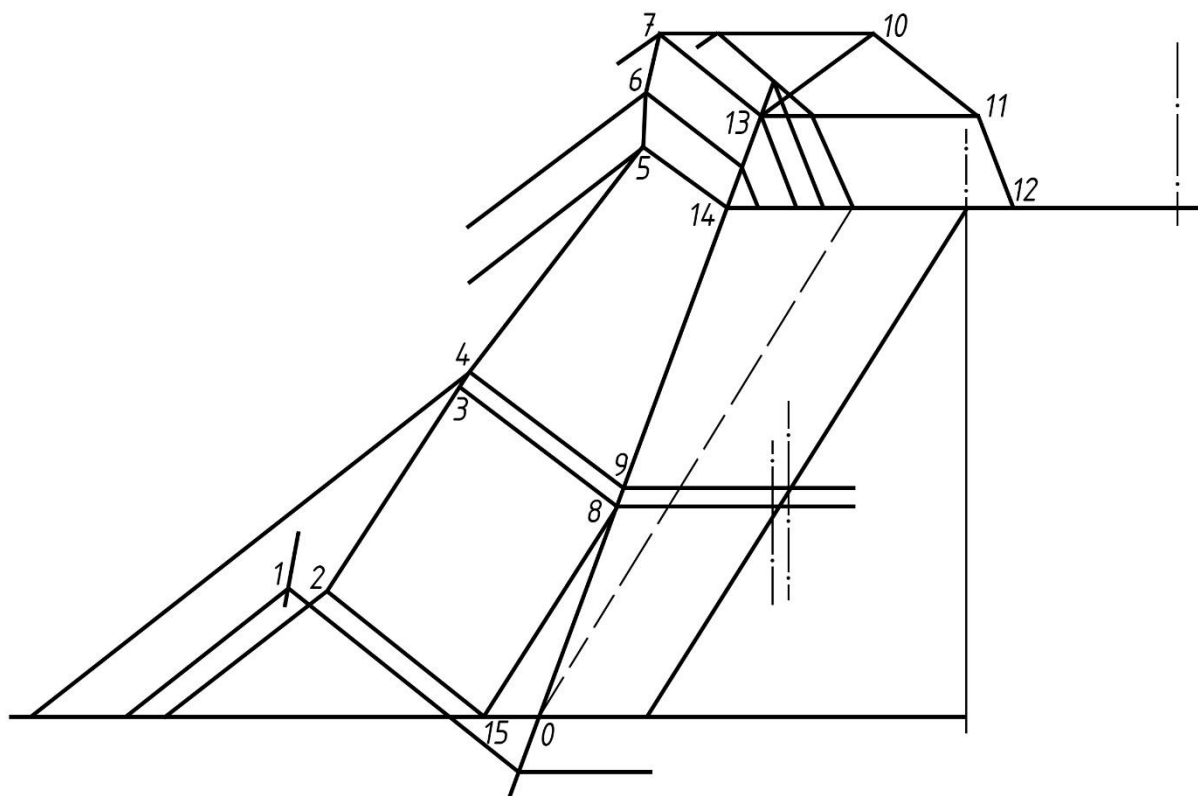


Рис. 1. К определению параметров технологических схем вспомогательных горных работ  
Fig. 1. On determination of the parameters of technological schemes of auxiliary mining operations

Из чертежа видно, что в торцевом забое основными параметрами, изменение которых приводит к формированию различных технологических схем, являются высота нижнего подступа  $h$  и высота засыпки вскрышного уступа  $h_1$ , определяемые горно-геологическими и технологическими условиями разработки.

В зависимости от определенного сочетания интервалов изменения этих величин предложены несколько моделей технологических схем вспомогательных горных работ. Интервалы изменения параметров  $h$  и  $h_1$  и соответствующие им модели технологических схем представлены в Табл. 1.



Первая модель характеризует условия формирования временного навала горных пород на уровне стояния экскаватора, при этом величина высоты нижнего подступа  $h = 0$ , а высота засыпки вскрышного уступа  $h_1 \leq 0$  (по построению).

Таблица 1. Систематизация моделей технологических схем в зависимости от изменения параметров  $h$  и  $h_1$

Table 1. Systematization of technological scheme models depending on changes in parameters  $h$  and  $h_1$

Номер модели	Интервал изменения параметра	Интервал изменения параметра
1	$h = 0$	$h \leq 0$
2	$0 < h \leq h^{(8)}$	$0 < h_1 \leq h^{(8)}$
3	$h^8 < h \leq h^{\max}$	$h^8 < h_1 \leq h^{\max}$
4	$0 < h \leq h^{\max}$	$0 < h_1 \leq h + H_p^{\max}$
5	$0 < h \leq h^{\max}$	$h < h \leq h_2 + h$

При увеличении параметра  $h$  до значения  $h = h^{(8)}$  (величина параметра  $h$  в точке 8) установка экскаватора на нижнем подступе происходит с соблюдением условия – минимальная величина внешней части экскаваторной заходки:

$$l_2 = h(\operatorname{ctg} \alpha_y - \operatorname{ctg} \alpha) + b + 0,5C_x, \quad (1)$$

где  $\alpha_y$  – устойчивый угол откоса уступа, градус;  $\alpha$  – угол откоса уступа, градус;  $b$  – ширина предохранительной бермы, м ( $b = 1,5-3,0$  м);  $C_x$  – ширина хода экскаватора, м.

Высота временного навала горных пород при этом ограничивается параметром радиуса вращения кузова экскаватора  $R_k$ . Наличие данных условий характеризует вторую модель технологических схем.

Дальнейшее увеличение высоты нижнего подступа при сохранении минимального значения величины внешней части экскаваторной заходки, определяемого формулой (1), параметр радиуса вращения кузова экскаватора не оказывает более своего ограничивающего влияния на возможную высоту временного навала горных пород. Но начиная со значения параметра  $h = h^{(9)}$ , при котором вершина навала пород находится в точке максимального радиуса разгрузки, высота временного навала ограничивается условием отсутствия засыпки экскаваторной заходки навалом горных пород. Данные условия характеризуют третью модель.

Вышеприведенные модели конструировались при минимально возможном значении параметра внешней части экскаваторной заходки, определяемого по формуле (1). Но этот параметр может принимать и другие значения. В схемах вспомогательных горных работ в отличие от типовых технологических схем величина внешней части экскаваторной заходки  $l_2$  может достигать значения

$$l_2 = (0,5-1,0)R_{ч.у}, \quad (2)$$

где  $R_{ч.у}$  – максимальный радиус черпания на горизонте установки экскаватора, м.

При этом для предотвращения засыпки экскаваторной заходки временным навалом горных пород возникает необходимость устройства подпорных призм-треугольников, трапеций (площадок), что рассматривается в четвертой и пятой моделях.

### Модель №1

Чертеж данной модели представлен на рис. 2.

Для этой модели  $h = 0$ ,  $h_1 \leq 0$ . Отрицательное значение параметра  $h_1$  принято по построению.

В общем случае значение расстояния от линии откоса временного навала горных пород до нижней внешней кромки уступа на горизонте установки экскаватора имеет некоторую величину

$$D = (h - h_1)(\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta), \quad (3)$$

где  $\alpha$  – угол откоса уступа, градус;  $\beta$  – угол временного навала горных пород, градус.

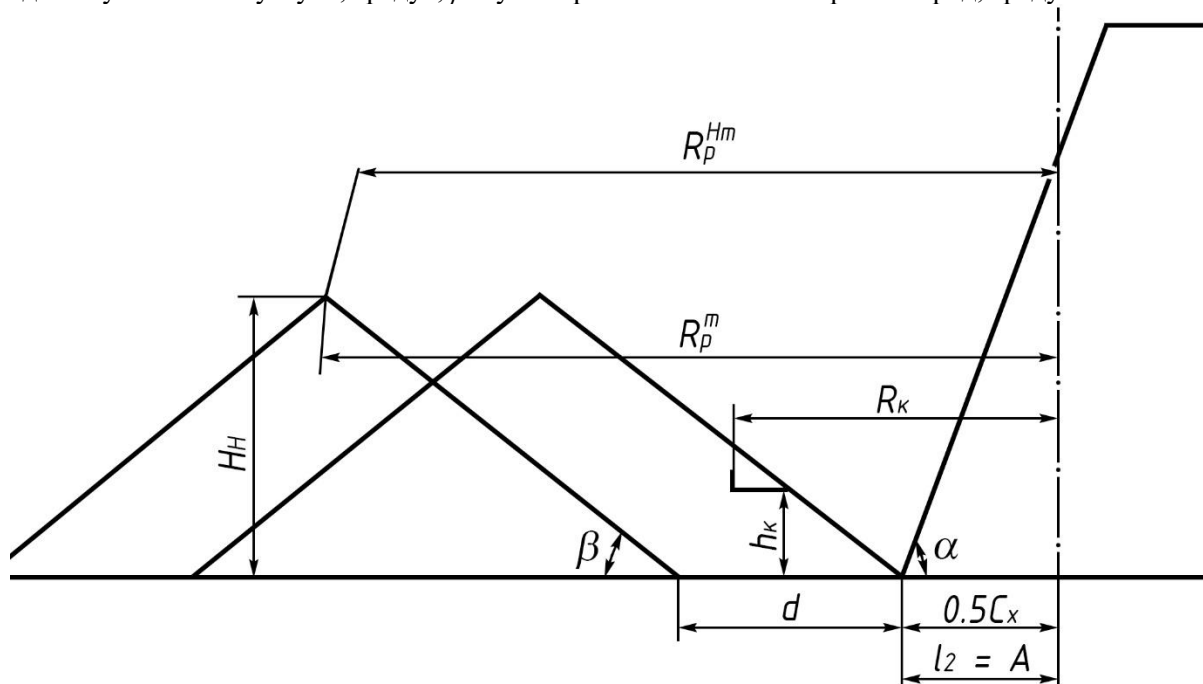


Рис. 2. Модель технологической схемы горных работ с формированием временного навала горных пород на уровне стояния экскаватора

Fig. 2. Model of the technological scheme of mining works with the formation of a temporary rock pile at the level of excavator standing

Для данной схемы

$$D = -h_1 (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta), \quad (4)$$

$$D = R_p - H_p \operatorname{ctg} \beta - l_2, \quad (5)$$

где  $R_p$  – радиус разгрузки экскаватора, м;  $H_p$  – высота разгрузки экскаватора, м.

При минимальном значении величины параметра  $l_2 = 0$  значение параметра  $D$  определяется из выражения:

$$D = R_p - H_p \operatorname{ctg} \beta. \quad (6)$$

При возрастании параметра  $l_2$  до некоторой величины параметр  $D$  может принять значение  $D = 0$ , и параметр  $l_2$  в этом случае определится из выражения:

$$l_2 = R_p - H_p \operatorname{ctg} \beta. \quad (7)$$

Таким образом, интервалы изменения параметров  $l_2$  и  $D$  составляют

$$0 \leq l_2 \leq R_p - H_p \operatorname{ctg} \beta, \quad (8)$$

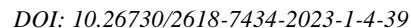
$$0 \leq D \leq R_p - H_p \operatorname{ctg} \beta. \quad (9)$$

Максимальная высота временного навала горных пород, соответствующая максимальной высоте разгрузки, ограничивается величиной радиуса вращения кузова экскаватора. При этом

$$R_k + m \leq D + l_2, \quad (10)$$

где  $R_k$  – радиус вращения кузова экскаватора, м;  $m$  – зазор безопасности между откосом навала пород и габаритом экскаватора, м ( $m = 1$  м).

С учетом этого ограничения параметры  $R_p$  и  $H_p$  определяются из решения системы линейных уравнений:



ISSN 2618-7434





возможная высота временного навала горных пород ограничивается параметром радиуса вращения кузова экскаватора. В точке 8 максимальному значению объема временного навала горных пород будет соответствовать равенство параметров  $h_1$  и  $h$ .

Параметры  $R_p$  и  $H_p$  для этой схемы определяются как координаты точки 3 – точки пересечения линии, соединяющей максимальные разгрузочные точки и линии откоса временного навала горных пород, проходящей через точку 7, определяемую параметром радиуса вращения кузова экскаватора ( $R_k + m$ ).

Координаты точки 3 определяются из решения системы линейных уравнений

$$\begin{cases} x \cdot \operatorname{tg} \beta - y = (R_k + m) \cdot \operatorname{tg} \beta - h \\ x \cdot (H_p^m - H_p^{Rm}) - y \cdot (R_p^{Hm} - R_p^m) = R_p^m \cdot (h + H_p^m) - R_p^{Hm} \cdot (h + H_p^{Rm}), \end{cases}$$

откуда

$$R_p = \frac{H_p^{Rm} R_p^{Hm} - H_p^m R_p^m - (R_k + m) \cdot (R_p^m - R_p^{Hm}) \cdot \operatorname{tg} \beta}{(H_p^{Rm} - H_p^m) - (R_p^m - R_p^{Hm}) \cdot \operatorname{tg} \beta}, \quad (15)$$

$$H_p = \frac{(H_p^m - H_p^{Rm}) \cdot [(R_k + m) \operatorname{tg} \beta - h] - \operatorname{tg} \beta [R_p^m (H_p^m + h) - R_p^{Hm} (H_p^{Rm} + h)]}{(H_p^{Rm} - H_p^m) - (R_p^m - R_p^{Hm}) \cdot \operatorname{tg} \beta}. \quad (16)$$

Принимая во внимание, что величина параметра  $D$  для данной модели в точке 8 принимает значение  $D = 0$ , параметр  $h = h^{(8)}$  определяется из равенства

$$l_2 = R_k + m. \quad (17)$$

При этом интервал изменения параметра  $l_2$  для данной схемы составит

$$(a + 0,5C_x) < l_2 \leq (R_k + m). \quad (18)$$

Преобразуя формулу (17) к виду

$$h^{(8)} (\operatorname{ctg} \alpha_y - \operatorname{ctg} \alpha) + a + 0,5C_x = R_k + m, \quad (19)$$

определяем значение параметра  $h \leq h^{(8)}$

$$h^{(8)} = \frac{R_k + m - (a + 0,5C_x)}{\operatorname{ctg} \alpha_y - \operatorname{ctg} \alpha}. \quad (20)$$

Для определения величины  $h_1$  в конкретных горно-геологических и технологических условиях необходимо решить тождество относительно линии откоса временного навала горных пород, отображенное как прямая через точку вершины навала пород и прямая через точку пересечения откоса временного навала горных пород с откосом разрабатываемого уступа (точки 3 и 1)

$$x \cdot \operatorname{tg} \beta - y - R_p \cdot \operatorname{tg} \beta + (H_p + h) = x \cdot \operatorname{tg} \beta - y - [l_2 + (h - h_1) \operatorname{ctg} \alpha] \operatorname{tg} \beta + h_1, \quad (21)$$

или

$$(H_p + h) - R_p \cdot \operatorname{tg} \beta = h_1 - [l_2 + (h - h_1) \operatorname{ctg} \alpha] \operatorname{tg} \beta, \quad (22)$$

откуда

$$h_1 = h + \frac{H_p - (h_p - l_2) \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}. \quad (23)$$

### Модель №3

Данная модель (рис. 4) характеризуется изменением параметра  $h$  в интервале

$$h^{(8)} < h \leq h^{(9)}$$

$$h^{(9)} < h \leq h^{\max}, \quad (24)$$

$$h^{(8)} < h_1 \leq h^{\max}, \quad (25)$$

где  $h^{(9)}$  – величина высоты нижнего подступа, при которой вершина временного навала горных пород совпадает с точкой максимального радиуса разгрузки, м;  $h^{\max}$  – величина высоты нижнего подступа  $h$ , которая достигается при значении максимального параметра  $l_2$ , м.

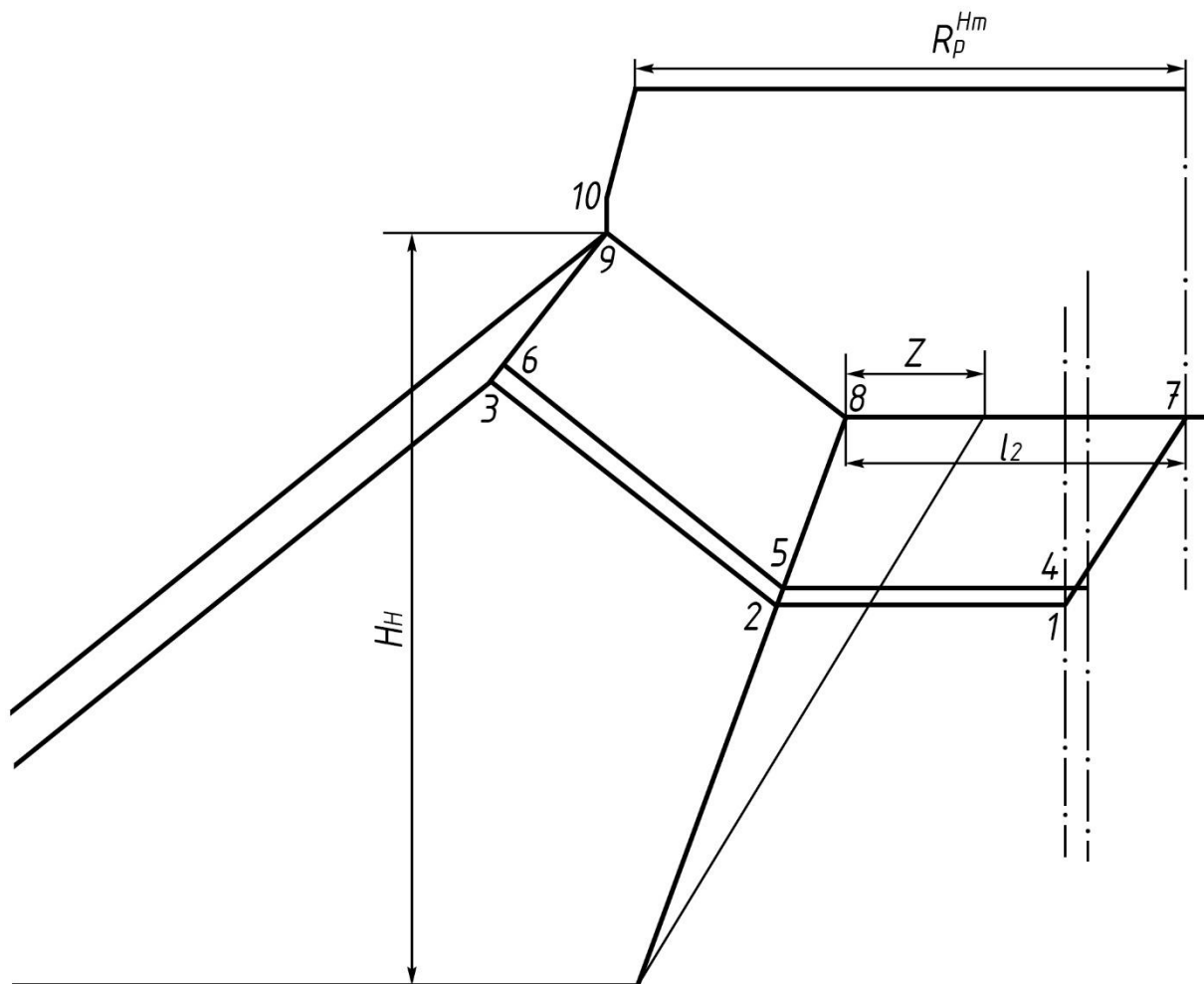


Рис. 4. Модель технологической схемы вспомогательных горных работ при разгрузке на сброс  
Fig. 4. Model of the technological scheme of auxiliary mining operations at unloading on dumping

При этом соблюдается равенство параметров  $h$  и  $h_1$ . Параметры  $R_p$  и  $H_H$  в интервале изменения параметра  $h^{(8)} < h \leq h^{(9)}$  определяются из решения системы линейных уравнений:

$$\begin{cases} x \cdot \operatorname{tg} \beta - y = [l_2 + (h - h_1) \operatorname{ctg} \alpha] \operatorname{tg} \beta - h_1 \\ x \cdot (H_p^m - H_p^{Rm}) - y \cdot (R_p^{Hm} - R_p^m) = R_p^m \cdot (h + H_p^m) - R_p^{Hm} \cdot (h + H_p^{Rm}), \end{cases}$$

откуда при равенстве значений  $h = h_1$





$$R_p = \frac{l_2 (R_p^m - R_p^{Hm}) \operatorname{tg} \beta + (R_p^m H_p^m - R_p^{Hm} H_p^{Rm})}{(R_p^m - R_p^{Hm}) \cdot \operatorname{tg} \beta + (H_p^m - H_p^{Rm})},$$

$$H_n = \frac{[R_p^m (h - H_p^m) - R_p^{Hm} (h + H_p^{Rm})] \operatorname{tg} \beta - (H_p^m - H_p^{Rm}) (l_2 \operatorname{tg} \beta - h)}{(R_p^m - R_p^{Hm}) \cdot \operatorname{tg} \beta + (H_p^m - H_p^{Rm})}.$$

Точка 9 (Рис. 4) характеризует такое значение параметра  $H_n$ , при котором

$$H_n = H_p^{Rm} + h, \quad (26)$$

$$l_2 = R_p^m - H_p^{hm} \cdot \operatorname{ctg} \beta. \quad (27)$$

Принимая во внимание, что параметр  $l_2$  определен также выражением (1), параметр  $h^{(9)}$  определяется по формуле

$$h^{(9)} = \frac{R_p^m - H_p^m \cdot \operatorname{ctg} \beta - (b - 0,5C_x)}{\operatorname{ctg} \alpha_y - \operatorname{ctg} \alpha}. \quad (28)$$

При увеличении параметра  $l_2$  до значения  $l_2 = (0,5-1,0)R_{\text{ч.у}}$  будет происходить частичное выталкивание грунта ковшом экскаватора при черпании за пределы забоя, но это не изменит характера работы в схемах экскавации с формированием временного навала горных пород.

Наибольшая величина параметра  $h = h^{\max}$  определяется из выражения (1) при значении

$$l_2 = K \cdot R_{\text{ч.у}}, \quad (29)$$

где  $K$  – коэффициент, определяющий величину внешней части экскаваторной заходки ( $K = 0,5-1,0$ ).

Откуда

$$h^{\max} = \frac{K \cdot R_{\text{ч.у}} - (b + 0,5C_x)}{\operatorname{ctg} \alpha_y - \operatorname{ctg} \alpha}. \quad (30)$$

В интервале изменения параметра  $h^{(9)} < h \leq h^{\max}$  точка вершины навала пород определяется как точка пересечения линии, перпендикулярной горизонту установки экскаватора через точку максимального радиуса разгрузки – точка 10 (рис. 4) и линии откоса навала пород, проходящей через точку пересечения откоса уступа и линии горизонта установки экскаватора – точка 8 (рис. 4).

Координаты искомой точки определяются из решения системы уравнений

$$\begin{cases} x = R_p^m \\ x \cdot \operatorname{ctg} \beta - y = l_2 \cdot \operatorname{tg} \beta - h, \end{cases}$$

откуда

$$y = H_H = (R_p^m - l_2) \cdot \operatorname{tg} \beta + h, \quad (31)$$

$$R_p = R_p^m. \quad (32)$$

Максимальному объему временного навала горных пород будет соответствовать работа с максимальным радиусом разгрузки.

Интервал изменения параметра  $l_2$  составит

$$R_K + m < l_2 \leq K \cdot R_{\text{ч.у}}. \quad (33)$$





Расстояние  $d$ , измеряемое от подошвы породного треугольника со стороны заходки экскаватора до параметра  $(R_K + m)$  постоянно изменяется, при этом накладывается ограничение

$$d + (R_K + m) \leq R_{q,y}, \quad (36)$$

откуда

$$R_K + m < l_2 \leq R_{q,y}. \quad (37)$$

Интервал изменения параметра  $d$  составит

$$0 < d \leq R_{q,y} - (R_K + m). \quad (38)$$

Модель данной схемы представлена на рис. 5. Координата точки 6 имеет значения  $(R_p, H_q)$ , точка 7 имеет координаты  $(l_2, h)$ .

Линия откоса навала пород может быть представлена уравнением

$$x \cdot \operatorname{tg} \beta - y = R_p \cdot \operatorname{tg} \beta - H_H. \quad (39)$$

Линия откоса уступа подпорного треугольника со стороны заходки экскаватора

$$x \cdot \operatorname{tg} \alpha - y = l_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha - h \quad (40)$$

Координаты вершины подпорного треугольника (точка 7) определяются из решения системы уравнений:

$$\begin{cases} x \cdot \operatorname{tg} \beta - y = R_p \cdot \operatorname{tg} \beta - H_H \\ x \cdot \operatorname{tg} \alpha - y = l_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha - h \end{cases}$$

$$x_7 = \frac{H_H + l_2 \cdot \operatorname{tg} \beta - R_p \cdot \operatorname{tg} \beta - h}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}, \quad (41)$$

$$y_7 = \frac{(l_2 - R_p) \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta + H_H \cdot \operatorname{tg} \beta - h \cdot \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}. \quad (42)$$

Параметр

$$y_7 = h_1 \text{ или } y_7 = h + h_2, \quad (43)$$

где  $h_2$  – величина параметра  $\Delta h = y_7 - h$ , т.е. разница между отметкой засыпки вскрышного уступа и высотой нижнего подступа, в случае, когда параметр  $h_1$  превышает по своему абсолютному значению параметр  $h$

$$h_2 = \Delta h = h_1 - h = \frac{l_2 - R_p + H_p \cdot \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha} \quad (44)$$

при достижении величины  $l_2$  своего максимального значения этой схеме  $l_2 = R_{q,y}$

$$h_2^{\max} = \Delta h^{\max} = \frac{R_{q,y} - h_p + H \cdot \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha}, \quad (45)$$

$$h_2^{\max} \leq H_p^m.$$

Величина параметра  $L_1$  определится из выражения

$$L_1 = 2h_2 \operatorname{ctg} \alpha + l_2$$

или

$$L_1 = \frac{l_2 (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta) - 2(R_p \cdot \operatorname{tg} \beta - H_p)}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}. \quad (46)$$

### Модель № 5

Изменение величины параметра  $l_2$  позволяет увеличить высоту разгрузки экскаватора до значения максимальной высоты разгрузки ( $H_p = H_p^m$ ), при этом для исключения засыпки породой экскаваторной заходки и достижения максимального возможного объема временного навала горных пород предусматривается сохранение подпорного треугольника пород (модель 4). Другой возможностью достичь тех же результатов является формирование породных площадок (рис. 6). Для этой схемы интервалы изменения параметров  $h$  и  $h_1$  приведены в Табл. 1.

$$\begin{aligned} 0 < h &\leq h^{\max} \\ h < h_1 &\leq h + H_p^m \end{aligned} \quad (47)$$

Основное отличие этой модели от предыдущей состоит в том, что параметр  $d$  принимает значение  $d = 0$ , что и определяет образование породной площадки. Параметры, определяющие размеры площадки и характеризующие ее в зависимости от технологических условий – величина высоты площадки ( $h_2$ ) и ширина площадки поверху ( $L_1$ ).

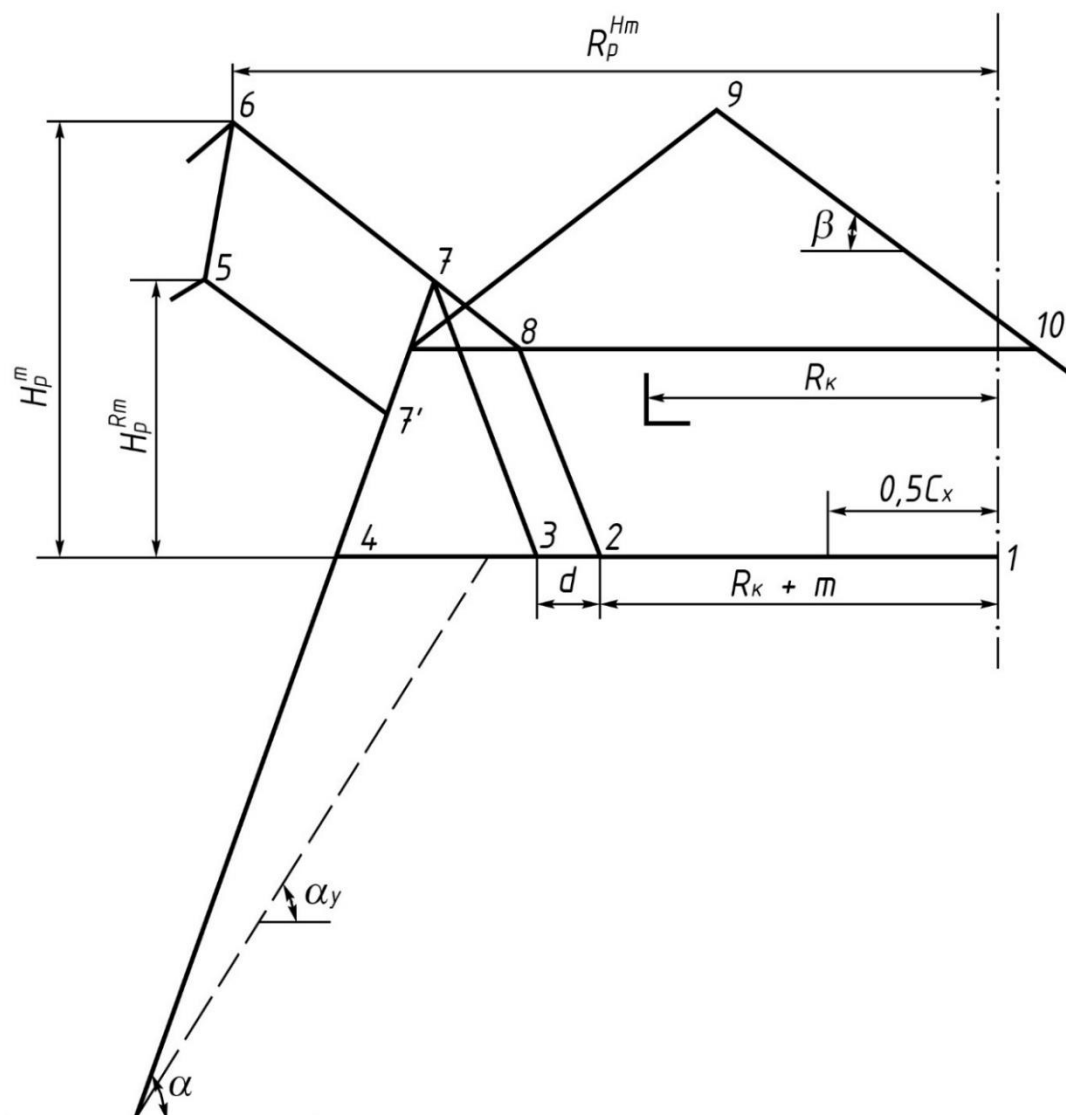


Рис. 6. Модель технологической схемы вспомогательных горных работ при разгрузке на сброс через площадку

Fig. 6. Model of the technological scheme of auxiliary mining operations when discharging to dumping through the site



Параметр  $h_2$  определяется как координата точки 8 (рис. 6). Точка 8 – точка пересечения линии откоса навала пород и линии откоса уступа подпорной площадки со стороны заходки экскаватора, определяемой параметром радиуса вращения кузова экскаватора ( $R_K + m$ ).

Координаты точки 8 находятся из решения системы уравнений

$$\begin{cases} x \cdot \operatorname{tg} \beta - y = R_p \cdot \operatorname{tg} \beta - (h + H_p) \\ x \cdot \operatorname{tg} \alpha - y = (R_K + m) \cdot \operatorname{tg} \alpha - h \end{cases}$$

$$x_8 = \frac{H_p - R_p \cdot \operatorname{tg} \beta + (R_K + m) \cdot \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}, \quad (48)$$

$$y_8 = h + \frac{H_p \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta} - \frac{R_K + m - R_p}{\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha}, \quad (49)$$

откуда

$$h_2 = y_8 - h = \frac{H_p + (R_K + m - R_p) \cdot \operatorname{tg} \beta}{1 - \operatorname{tg} \beta \cdot \operatorname{ctg} \alpha}. \quad (50)$$

Существует предельное положение вершины временного навала горных пород, при котором дальнейшее увеличение параметра  $l_2$  приводит к невозможности осыпания горной породы под откос уступа (точка 9). В этом случае рассматривается другая модель, определяющая параметры технологической схемы вспомогательных горных работ при работе в траншее.

Максимальная ширина площадки поверху  $L_1$  определяется через разность координаты  $x$  точек 9 и 10 (см. Рис. 6):

$$L_1 = 2\Delta x = 2(x_9 - x_{10}). \quad (51)$$

Координата  $x_{10}$  определяется выражением

$$x_{10} = \frac{H_p - R_p \cdot \operatorname{tg} \beta + (R_K + m) \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}, \quad (52)$$

$$\Delta x = x_9 - x_{10} = \frac{[R_p - (R_K + m)] \cdot \operatorname{tg} \alpha - H_p}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}, \quad (53)$$

откуда

$$L_1 = \frac{2[R_p - (R_K + m)] \cdot \operatorname{tg} \alpha - H_p}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}. \quad (54)$$

## Исследование технологических схем вспомогательных горных работ в траншейном забое

Работа экскаваторов по схемам вспомогательных горных работ в траншейном забое может осуществляться с формированием одного или двух временных навалов горных пород на бортах траншеи, что и определяет рассмотрение двух моделей технологических схем. Различные сочетания этих двух моделей с переэкскавацией горной массы при проходке траншей слоями определяют многообразие технологических схем при проходке траншей.

### Модель № 1

Данная модель представлена на рис. 7. Для нее существуют жесткие исходные условия, определяющие взаимосвязь параметров забойной и отвальной стороны.

Из условия размещения вскрышных пород во временном навале горных пород следует

$$H_H^2 \operatorname{ctg} \beta = h_2 K_p (2B + h_2 \operatorname{ctg} \alpha), \quad (55)$$



где  $H_n$  – высота временного навала горных пород, м;  $\beta$  – угол откоса временного навала горных пород, градус;  $h_2$  – глубина траншеи, м;  $K_p$  – коэффициент разрыхления горной массы;  $B$  – расстояние от оси хода экскаватора до кромки откоса уступа траншеи по дну, м;  $\alpha$  – угол откоса уступа траншеи, градус.

$$(H_p - h_2)^2 \operatorname{ctg} \beta = h_2 K_p (2B + h_2 \operatorname{ctg} \alpha), \quad (56)$$

где  $H_p$  – высота разгрузки экскаватора (координата  $u_3$  точки вершины навала пород), м.

Из этого уравнения следует, что параметры  $h_2$ ,  $B$  и  $H_n$  ( $H_p$ ) жестко взаимосвязаны, т.к. при равенстве объемов (в плотном теле) забойной и отвальной стороны необходимо рассматривать еще одно условие – существование точки вершины временного навала горных пород.

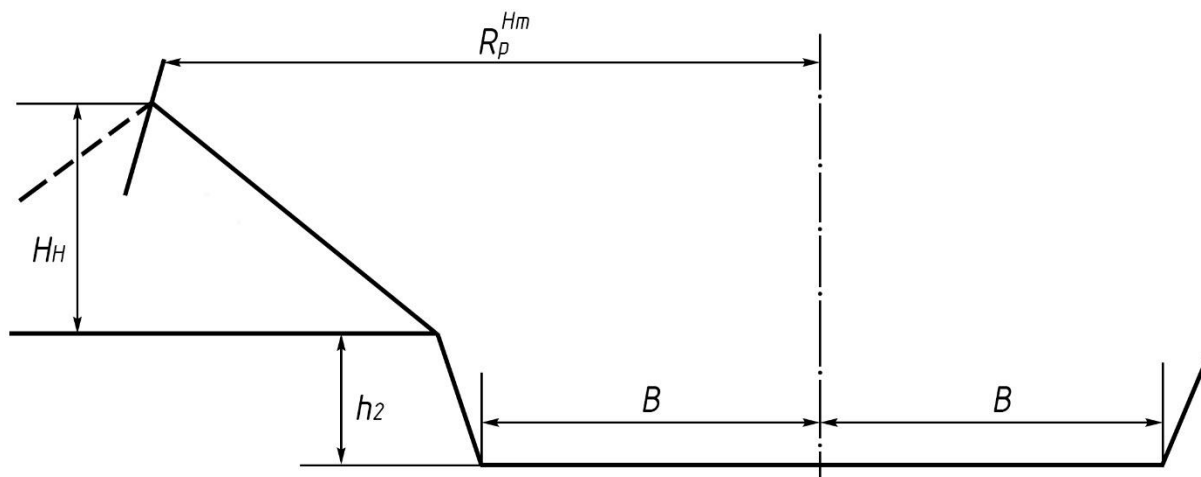


Рис. 7. Модель технологической схемы вспомогательных горных работ в траншейном забое и формировании одного временного навала горных пород

Fig. 7. Model of the technological scheme of auxiliary mining operations in the trench face and the formation of one temporary rock pile

Это условие определяется из решения системы двух уравнений. Первое из которых определяет линию точек вершины временного навала горных пород, а второе – линию откоса временного навала горных пород

$$\begin{cases} x(H_p^m - H_p^{Rm}) - y(R_p^{Hm} - R_p^m) = R_p^m H_p^m - R_p^{Hm} H_p^{Rm} \\ x \cdot \operatorname{ctg} \beta - y = (B + h_2 \operatorname{ctg} \alpha) \operatorname{tg} \beta - h_2 \end{cases}, \quad (57)$$

откуда

$$H_p = \frac{(H_p^m - H_p^{Rm})[(B + h_2 \operatorname{ctg} \alpha) \operatorname{tg} \beta - h_2] - (R_p^m H_p^m - R_p^{Hm} H_p^{Rm}) \operatorname{tg} \beta}{(H_p^{Rm} - H_p^m) + (R_p^{Hm} - R_p^m) \operatorname{tg} \beta}, \quad (58)$$

$$H_n = H_p - h_2 = \frac{[(B + h_2 \operatorname{ctg} \alpha)(H_p^m - H_p^{Rm}) + R_p^{Hm}(H_p^{Rm} - h_2) + R_p^m(h_2 - H_p^m)] \operatorname{tg} \beta}{(H_p^{Rm} - H_p^m) + (R_p^{Hm} - R_p^m) \operatorname{tg} \beta}, \quad (59)$$

$$R_p = \frac{[(B + h_2 \operatorname{ctg} \alpha)(H_p^m - H_p^{Rm}) \operatorname{tg} \beta - h_2](R_p^{Hm} - R_p^m) + H_p^{Rm} R_p^{Hm} - H_p^m R_p^m}{(H_p^{Rm} - H_p^m) + (R_p^{Hm} - R_p^m) \operatorname{tg} \beta}. \quad (60)$$

Интервал изменения параметра  $B$

$$R_K + m \leq B \leq R_{u.y}. \quad (61)$$



Тогда условие равенства объемов запишется

$$\frac{\left[ (B + h_2 \operatorname{ctg} \alpha) (H_p^m - H_p^{Rm}) + R_p^{Hm} (H_p^{Rm} - h_2) + R_p^m (h_2 - H_p^m) \right] \operatorname{tg} \beta}{(H_p^{Rm} - H_p^m) + (R_p^{Hm} - R_p^m) \operatorname{tg} \beta} = \sqrt{\frac{h_2 K_p (h_2 \operatorname{ctg} \alpha + 2B)}{\operatorname{ctg} \beta}}. \quad (62)$$

При известном значении параметра  $B$  находится величина параметра  $h_2$ .

## Модель № 2

При ведении работ в траншейном забое возможно для увеличения параметров траншеи осуществлять разгрузку в два навала горных пород, при этом формула (55) примет вид

$$2H_H^2 \operatorname{ctg} \beta = h_2 K_p (h_2 \operatorname{ctg} \alpha + 2B), \quad (63)$$

а формула (62) – вид

$$\frac{(B + h_2 \operatorname{ctg} \alpha) (H_p^m - H_p^{Rm}) + R_p^{Hm} (H_p^{Rm} - h_2) + R_p^m (h_2 - H_p^m)}{(H_p^{Rm} - H_p^m) + (R_p^{Hm} - R_p^m) \operatorname{tg} \beta} = \sqrt{\frac{R_2 K_p (h_2 \operatorname{ctg} \alpha + 2B)}{2 \operatorname{tg} \beta}}. \quad (64)$$

Данная модель при заданном значении параметра  $B$  в интервале, определяемом по формуле (61), характеризует технологическую схему вспомогательных горных работ в траншейном забое и формировании двух временных навалов горных пород.

## Исследование моделей технологических схем вспомогательных горных работ при работе по переэкскавации временного навала горных пород

При работе экскаватора во фронтальном забое по технологическим схемам вспомогательных горных работ возможно производить переэкскавацию горной массы и экскавацию из массива.

При этом отвальная сторона в схемах формируется как в модели № 1 – модель технологической схемы вспомогательных горных работ с формированием временного навала горных пород на уровне стояния экскаватора. Высота вторичного временного навала горных пород и радиус разгрузки определяются по формулам (11) и (12).

## Модель № 1. Формирование вторичного навала горных пород на горизонте установки экскаватора

Модель этой схемы представлена на рис. 8.

Ведение работ по переэкскавации временного навала горных пород и формированию вторичного временного навала горных пород происходит в условиях ограничения по максимальной высоте по параметру радиуса вращения кузова экскаватора. Объем временного навала горных пород на 1 погонный метр заходки равен

$$V_H = H_H^2 \operatorname{ctg} \beta - \frac{h_1^2 (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta)}{2}, \quad (65)$$

где  $H_H$  – высота временного навала горных пород, м;  $h_1$  – высота засыпки вскрышного уступа, м.

За первый проход экскаватор может переэкскавировать только часть объема временного навала горных пород. Этот объем равен

$$V_{I-II} = (H_H^1)^2 \operatorname{ctg} \beta, \quad (66)$$

где  $H_H$  – высота вторичного временного навала горных пород, м.



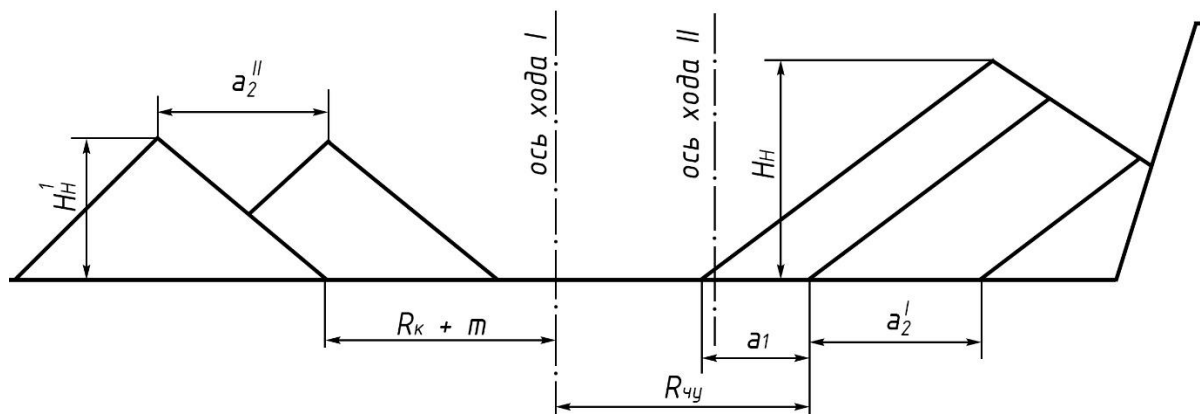


Рис. 8. Модель технологической схемы вспомогательных горных работ по переэкскавации временного навала и формировании вторичного навала пород на уровне установки экскаватора  
 Fig. 8. Model of the technological scheme of auxiliary mining works on re-excavating the temporary rock pile and formation of the secondary rock pile on the level of excavator placement

Объем первого вынимаемого слоя равен объему вторичного временного навала горных пород

$$V_{1-П} = V_{2-1}. \quad (67)$$

Из этого равенства определяется ширина первого вынимаемого слоя  $a_1$ , при этом  $V_{1-П}$  также определяется равенством

$$V_{1-П} = a_1 H_H - \left( \frac{a_1}{2} \right)^2 \operatorname{tg} \beta, \quad (68)$$

$$a_1 = 2 \left( H_H \pm \sqrt{H_H^2 - \left( H_H^1 \operatorname{ctg} \beta \right)^2} \right). \quad (69)$$

Последующие вынимаемые слои определяют объем

$$V_{n-1} = a_n^I \left[ H_H^{n-1} - \frac{\operatorname{tg} \beta}{2} \left( a_{n-1} + \frac{a_n}{2} \right) \right], \quad (70)$$

где  $a_n^I$  – ширина  $n$ -го вынимаемого слоя, м;  $H_H^{n-1}$  – высота предыдущего вынимаемого слоя, м.

Этот объем формирует насыпку вторичного временного навала горных пород

$$V_{n-П} = a_n^{II} \left( H_H^1 - \frac{a_n^{II} \operatorname{tg} \beta}{4} \right), \quad (71)$$

где  $a_n^{II}$  – ширина  $n$ -ой формируемой насыпки, м.

При этом объемы насыпки и вынимаемого слоя увязаны соотношением

$$V_{n-1} = V_{n-П} \quad (72)$$

или

$$a_n^{II} \left( H_H^1 - \frac{a_n^{II} \operatorname{tg} \beta}{4} \right) = a_n^I \left[ H_H^{n-1} - \frac{\operatorname{tg} \beta}{2} \left( a_{n-1} + \frac{a_n}{2} \right) \right], \quad (73)$$

откуда

$$a_n^{II} = 2 H_H^1 \operatorname{ctg} \beta \pm \sqrt{\left( 2 H_H^1 \operatorname{ctg} \beta \right)^2 - a_n^I \left( 4 H_H^{n-1} \operatorname{ctg} \beta + 2 a_{n-1} - a_n^I \right)}. \quad (74)$$

Сложность взаимоотношения забойной и отвальной стороны данной модели состоит в том, что величина вынимаемого слоя не определена строго и зависит от высоты временного навала горных пород и марки применяемого оборудования.

## Модель № 2. Формирование вторичного навала горных пород при работе экскаватора с верхней разгрузкой

На рис. 9 представлена рассматриваемая модель.

Объем временного навала горных пород в общем случае определяется из выражения (65).

Объем вторичного навала горных пород, определяемый из условия существования точки вершины навала пород, определяется из решения системы уравнений (57), решение которой дает величину вторичного навала горных пород, определяемую по формуле (59).

Интервал изменения параметра  $B$  определяется по формуле (61).

При значении параметра  $B = R_K + m$  величина  $H_n$ , и, следовательно, объем вторичного навала горных пород при заданном значении параметра  $h_2$  также принимает максимальное значение.

Должно выполняться условие переэкскавации временного навала горных пород за один проход экскаватора.

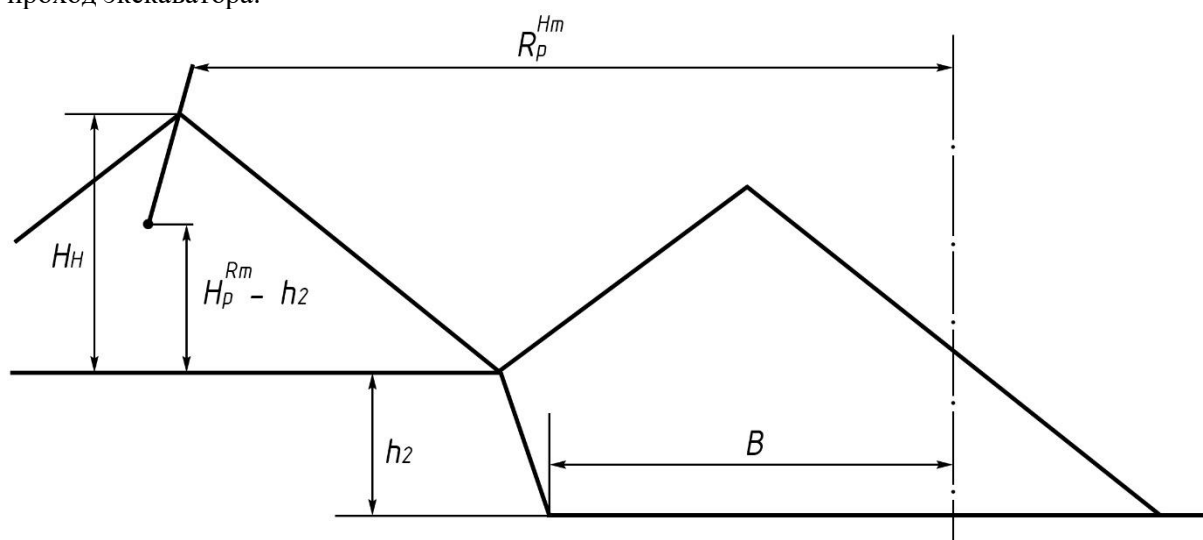


Рис. 9. Модель технологической схемы вспомогательных горных работ по переэкскавации временного навала горных пород и формирование вторичного навала на горизонте выше горизонта установки экскаватора

Fig. 9. Model of the technological scheme of auxiliary mining works on re-excavation of the temporary rock pile and formation of the secondary rock pile on the horizon above the level of excavator placement

## Расчет параметров технологических схем вспомогательных горных работ

Расчет параметров технологических схем вспомогательных горных работ определяется по аналитическим зависимостям, приведенным выше. В данной части приведены параметры отвальной части технологической схемы, т.к. параметры забойной части будут определяться из возможности размещения вскрышных пород во временном навале.

В общем случае объем временного навала горных пород связан с объемом вскрышной заходки соотношением

$$V_K = V_{B,3} \cdot K_P, \quad (75)$$

где  $V_{B,3}$  – объем вскрышной заходки,  $m^3$ ;  $K_P$  – коэффициент разрыхления пород.



Ранее выведенные аналитические зависимости определяются с учетом величины параметра внешней части экскаваторной заходки  $l_2$ . Величина внутренней части экскаваторной заходки  $l_1$  должна быть в любом случае не менее величины  $R_K + m$  и, как правило, берется равным  $R_{ч.у.}$

Таким образом становится возможным определить параметры технологических схем. Параметры моделей технологических схем вспомогательных горных работ в торцевом забое представлены в таблицах 2, 3, 4. При этом для модели №3 в формуле (30) значение коэффициента, определяющего величину внешней части экскаваторной заходки  $K = 0,85$ .

Параметры технологических схем вспомогательных горных работ в траншейном забое при ширине траншеи по дну  $B = R_K + m$  представлены в Табл. 5.

Параметры технологических схем вспомогательных горных работ при работе экскаваторов на перегрузке временного навала горных пород представлены в Табл. 6. Таблица дана при значении параметра  $B = R_K + m$ .

Таблица 2. Параметры модели технологической схемы вспомогательных горных работ при работе экскаватора ЭКГ-8И в торцевом забое

Table 2. Parameters of the technological scheme model of auxiliary mining works at operation of EKG-8I excavator in the end face

Наименование параметра	Обознач. параметра	Номер модели				
		1	2	3	4	5
Высота нижнего подступа, м	$h$	0	0-10,6	10,6-18,7	0-18,7	0-18,7
Высота засыпки вскрышного уступа, м	$h_1$	0	0-10,6	10,6-18,7	0-27,9	0-23,6
Ширина призмы обрушения, м	$Z$		0-2,8	2,8-4,9	0-4,9	0-4,9
Величина внешней части экскаваторной заходки, м	$l_2$	0-7,8	5,5-8,3	8,3-10,4	8,3-12,2	8,3
Высота временного навала горных пород, м	$H_H$	6,4	6,4-17,0	17,0-23,3	6,4-27,9	6,4-27,9
Радиус разгрузки экскаватора, м	$R_P$	16,0	16,0	16,3	16,3-15,6	16,0-15,6
Величина высоты подпорного треугольника или подпорной площадки, м	$h_2$				0-8,4	0-4,9
Величина объема временного навала горных пород, м <sup>3</sup> /м	$V_H$	52,4	52,4-277,5	277,5-407,5	52,4-356,5	52,4-538,5
Величина внутренней части экскаваторной заходки, м	$l_1$	12,2	12,2	12,2	8,3-12,2	8,3-12,2
Величина заходки экскаватора по целику, м	$A$	12,2-20,0	17,7-20,5	20,5-22,6	16,6-24,4	16,6-20,5
Высота вскрышного уступа, м	$H$	3,2-2,0	2,2-10,0	10,0-13,4	1,9-10,8	2,3-19,5
Объем вскрышной заходки в плотном теле, м <sup>3</sup> /м	$V$	38,8	38,8-205,6	205,6-301,9	38,8-264,0	38,8-398,9



Таблица 3. Параметры модели технологической схемы вспомогательных горных работ при работе экскаватора ЭКГ-4У в торцевом забое

Table 3. Parameters of the technological scheme model of auxiliary mining works at operation of EKG-4U excavator in the end face

Наименование параметра	Обознач. параметра	Номер модели				
		1	2	3	4	5
Высота нижнего подступа, м	$h$	0	0-9,6	9,6-32,7	0-32,7	0-32,7
Высота засыпки вскрышного уступа, м	$h_1$	0	0-9,6	9,6-32,7	0-50,2	0-44,9
Ширина призмы обрушения, м	$Z$		0-2,5	2,5-8,5	0-8,5	0-8,5
Величина внешней части экскаваторной заходки, м	$l_2$	0-7,1	5,5-8,0	8,0-14,0	8,0-16,5	8,0
Высота временного навала горных пород, м	$H_H$	11,1	11,1-20,7	20,7-39,0	11,1-50,2	11,1-50,2
Радиус разгрузки экскаватора, м	$R_P$	21,3	21,3	23,7	18,7-23,7	18,7-22,14
Величина высоты подпорного треугольника или подпорной площадки, м	$h_2$				0-17,5	0-12,8
Величина объема временного навала горных пород, м <sup>3</sup> /м	$V_H$	145,7	145,7-397,0	397,0-1077,9	145,7-1154,2	145,7-1568,5
Величина внутренней части экскаваторной заходки, м	$l_1$	16,5	16,5	16,5	8,0-16,5	8,0-16,5
Величина заходки экскаватора по целику, м	$A$	16,5-23,5	22,0-24,5	24,5-30,5	24,5-33,0	16,0-24,5
Высота вскрышного уступа, м	$H$	6,5-4,6	4,9-12,0	12,0-26,2	4,4-25,9	6,7-47,4
Объем вскрышной заходки в плотном теле, м <sup>3</sup> /м	$V$	107,9	107,9-204,1	294,1-798,4	107,9-855,0	107,9-1161,8

Таблица 4. Параметры модели технологической схемы вспомогательных горных работ при работе экскаватора ЭКГ-12,5 в торцевом забое

Table 4. Parameters of the technological scheme model of auxiliary mining works at operation of EKG-12,5 excavator in the end face

Наименование параметра	Обознач. параметра	Номер модели				
		1	2	3	4	5
Высота нижнего подступа, м	$h$	0	0-16,3	0-22,3	0-22,3	0-22,3
Высота засыпки вскрышного уступа, м	$h_1$	0	0-16,3	0-22,3	0-31,1	0-27,0
Ширина призмы обрушения, м	$Z$		0-4,3	0-5,8	0-5,8	0-5,8



Наименование параметра	Обознач. параметра	Номер модели				
		1	2	3	4	5
Величина внешней части экскаваторной заходки, м	$l_2$	0-10,8	6,8-11,1	6,8-12,6	11,0-14,8	11,0
Высота временного навала горных пород, м	$H_H$	7,1	7,1-23,4	7,1-28,0	7,1-32,3	7,1-32,3
Радиус разгрузки экскаватора, м	$R_P$	19,9	19,9	19,9	19,5-19,9	19,5-19,9
Величина высоты подпорного треугольника или подпорной площадки, м	$h_2$				0-10,0	0-4,7
Величина объема временного навала горных пород, м <sup>3</sup> /м	$V_H$	64,5	64,5-250,8	64,5-594,7	64,5-540,4	64,5-736,2
Величина внутренней части экскаваторной заходки, м	$l_1$	14,8	14,8	14,8	11,0-14,8	11,0-14,8
Величина заходки экскаватора по целику, м	$A$	14,8-25,6	21,6-25,9	21,6-27,4	22,0-29,6	22,0-25,8
Высота вскрышного уступа, м	$H$	3,2-1,9	2,2-7,2	2,2-16,1	2,2-13,5	2,2-21,1
Объем вскрышной заходки в плотном теле, м <sup>3</sup> /м	$V$	47,8	47,8-185,8	47,8-440,6	47,8-400,3	47,8-545,3

Таблица 5. Параметры технологической схемы вспомогательных горных работ в траншейном забое при формировании одного временного навала горных пород

Table 5. Parameters of the technological scheme of auxiliary mining operations in the trench face during the formation of one temporary rock pile

Параметр		Марка экскаватора											
наименование	обознач.	ЭКГ-8И				ЭКГ-4У				ЭКГ-12,5			
		Глубина траншеи, м											
		0,8	1,5	2,1	2,8	1,7	2,9	3,9	5,2	0,9	1,4	2,1	2,8
Высота временного навала, м	$H_H$	3,5	4,1	4,6	5,0	5,1	6,2	6,8	7,3	3,8	4,5	5,3	5,9
Объем временного навала, м <sup>3</sup> /м	$V_H$	25	43	54	64	67	98	118	136	40	58	80	96
Объем траншеи в плотном теле, м <sup>3</sup> /м	$V$	18,5	10,5	11,7	12,8	13,1	15,8	17,4	18,6	10,5	12,9	15,1	16,3



Таблица 6. Параметры технологической схемы вспомогательных горных работ по переэкскавации временного навала горных пород и формировании вторичного навала на горизонте выше горизонта установки экскаватора

Table 6. Parameters of the technological scheme of auxiliary mining works on re-excavation of the temporary rock pile and formation of the secondary rock pile on the horizon above the level of excavator placement

Параметр		Марка эк-ра	Разность отметок горизонтов установки экскаватора и формирования вторичного навала горных пород ( $h_2$ )					
наименование	обознач.		1	2	3	4	5	6
Высота временного навала, м	$H_H$	ЭКГ-8И	6,1	5,8	5,7	5,8	5,9	6,2
		ЭКГ-4У	10,2	9,7	9,6	9,2	9,3	10,4
		ЭКГ-12,5	6,6	6,5	6,5	6,5	6,6	6,8
Высота вторичного временного навала, м	$H_H^1$	ЭКГ-8И	6,0	5,6	5,2	4,8	4,4	4,0
		ЭКГ-4У	10,2	9,6	9,3	8,7	8,4	7,9
		ЭКГ-12,5	6,6	6,4	6,1	5,7	5,3	4,9
Объем вторичного временного навала, $\text{м}^3/\text{м}$	$V_H$	ЭКГ-8И	46,1	40,1	34,6	29,5	27,8	20,5
		ЭКГ-4У	133,2	117,9	110,7	96,9	90,3	79,9
		ЭКГ-12,5	55,8	52,4	47,6	41,6	36,0	30,7

В схемах переэкскавации и формирования вторичного временного навала горных пород на горизонте установки экскаватора параметры технологических схем совпадают со схемой (моделью) №1 при работе экскаватора в торцевом забое для первого хода экскаватора. Для последующих ходов экскаватора ширина вынимаемого слоя и ширина насыпки вторичного навала зависят от высоты временного навала горных пород (первичного).

На основе исследования и проведенной систематизации фактических паспортов технологических схем вспомогательных горных работ выявлены характерные схемы (рис. 10), рекомендуемые паспорта которых приведены далее (рис. 11-18).

### Выводы

Широкое распространение технологических схем вспомогательных горных работ на разрезе «Черниговский» определяет важность исследования технологии ведения этих работ.

Исследования [1], проведенные ранее, позволяют рассмотреть параметры технологии выполнения вспомогательных горных работ.

Параметры технологических схем вспомогательных горных работ, рассматриваемые на моделях этих схем, могут быть определены графо-аналитическим методом.

Выявлена значительная сложность увязки параметров в забойной и отвальной зонах технологических схем, их отличие от технологических схем работы вскрышных экскаваторов.

Определены аналитические зависимости параметров технологических схем. На основании полученных аналитических зависимостей рассчитаны параметры технологических схем вспомогательных горных работ.

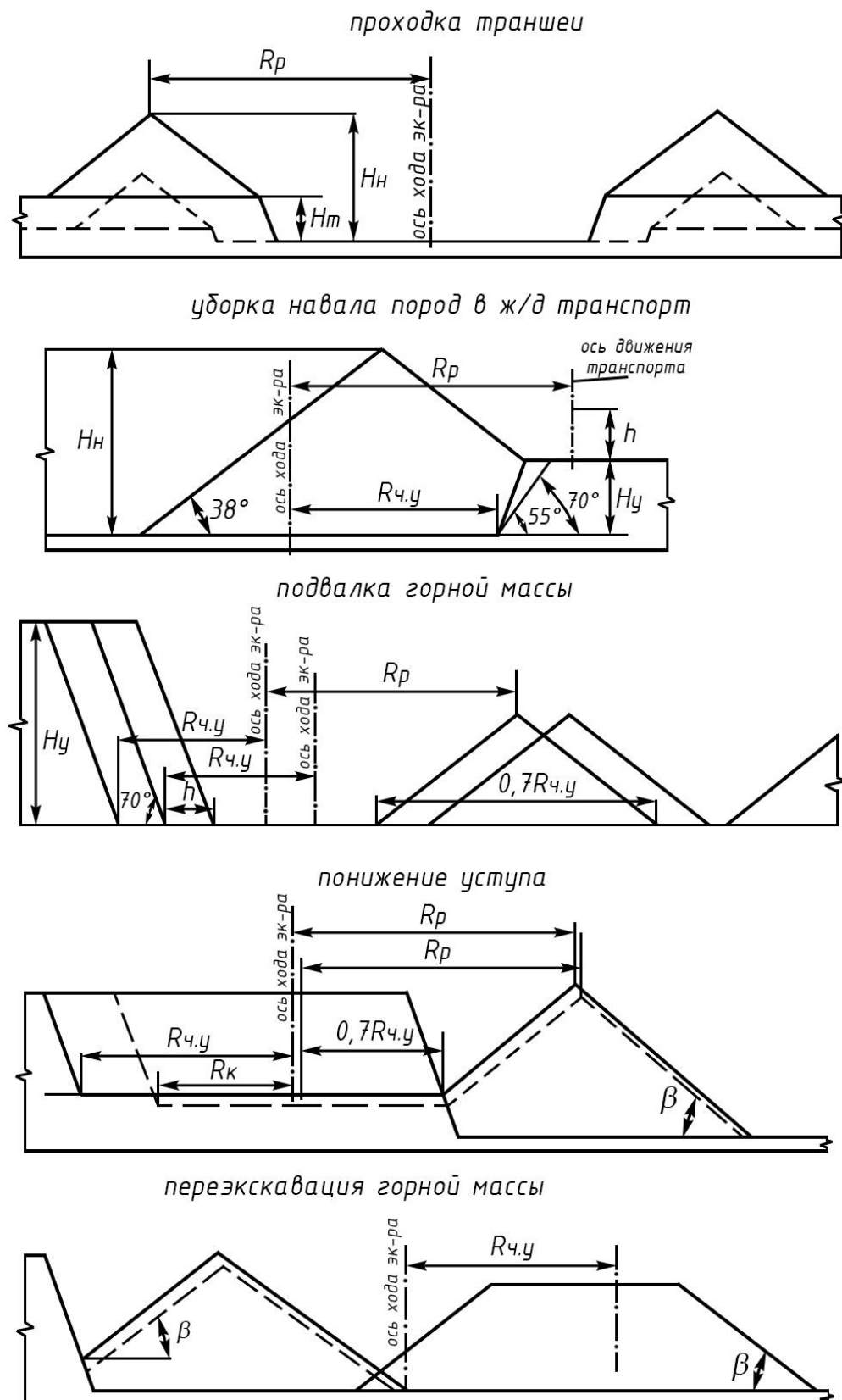


Рис. 10. Систематизация технологических схем вспомогательных горных работ

Fig. 10. Systematization of technological schemes of auxiliary mining operations



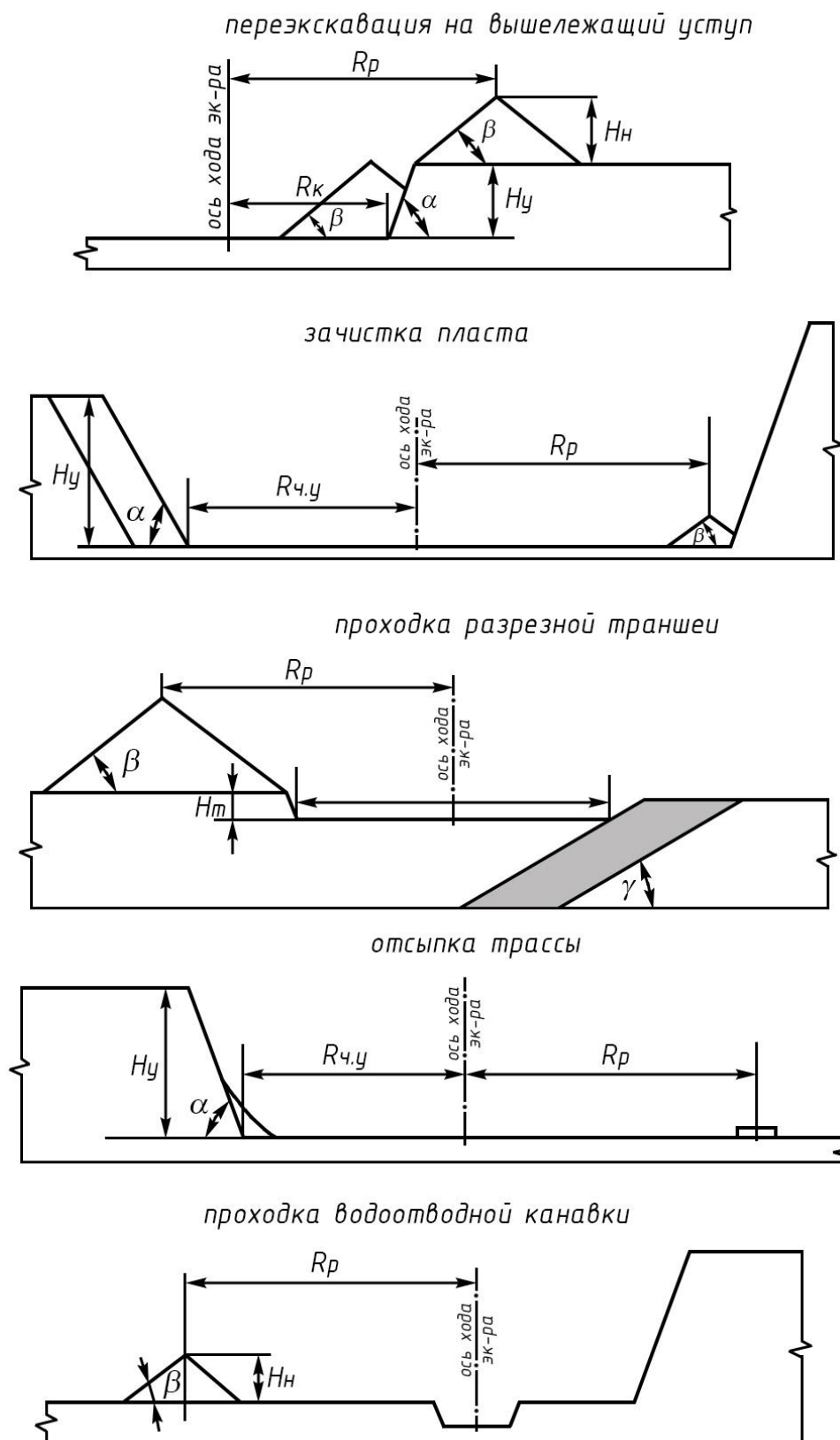


Рис. 10, продолжение. Систематизация технологических схем вспомогательных горных работ  
Fig. 10, continuation. Systematization of technological schemes of auxiliary mining operations

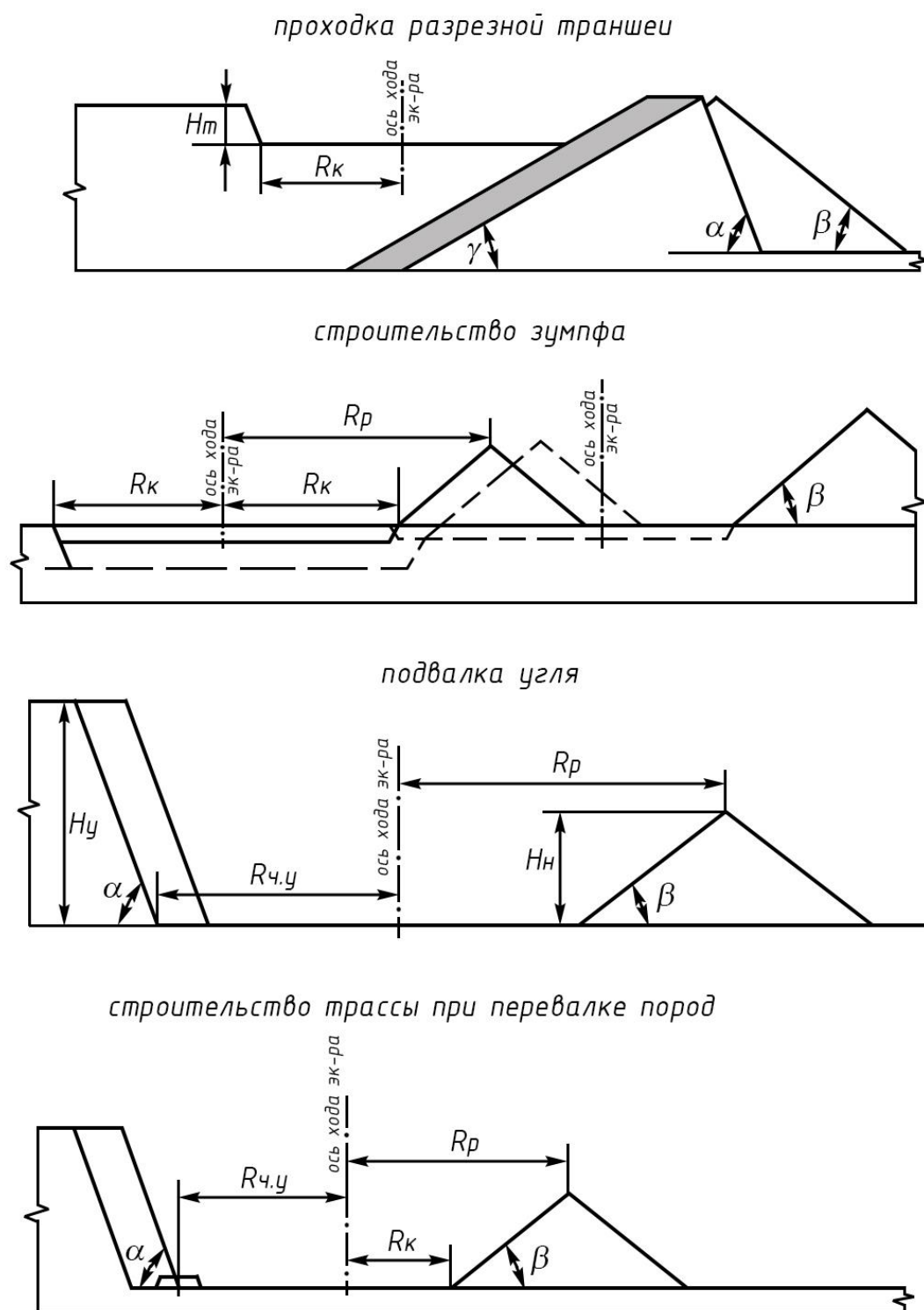


Рис. 10, окончание. Систематизация технологических схем вспомогательных горных работ  
Fig. 10, end. Systematization of technological schemes of auxiliary mining operations

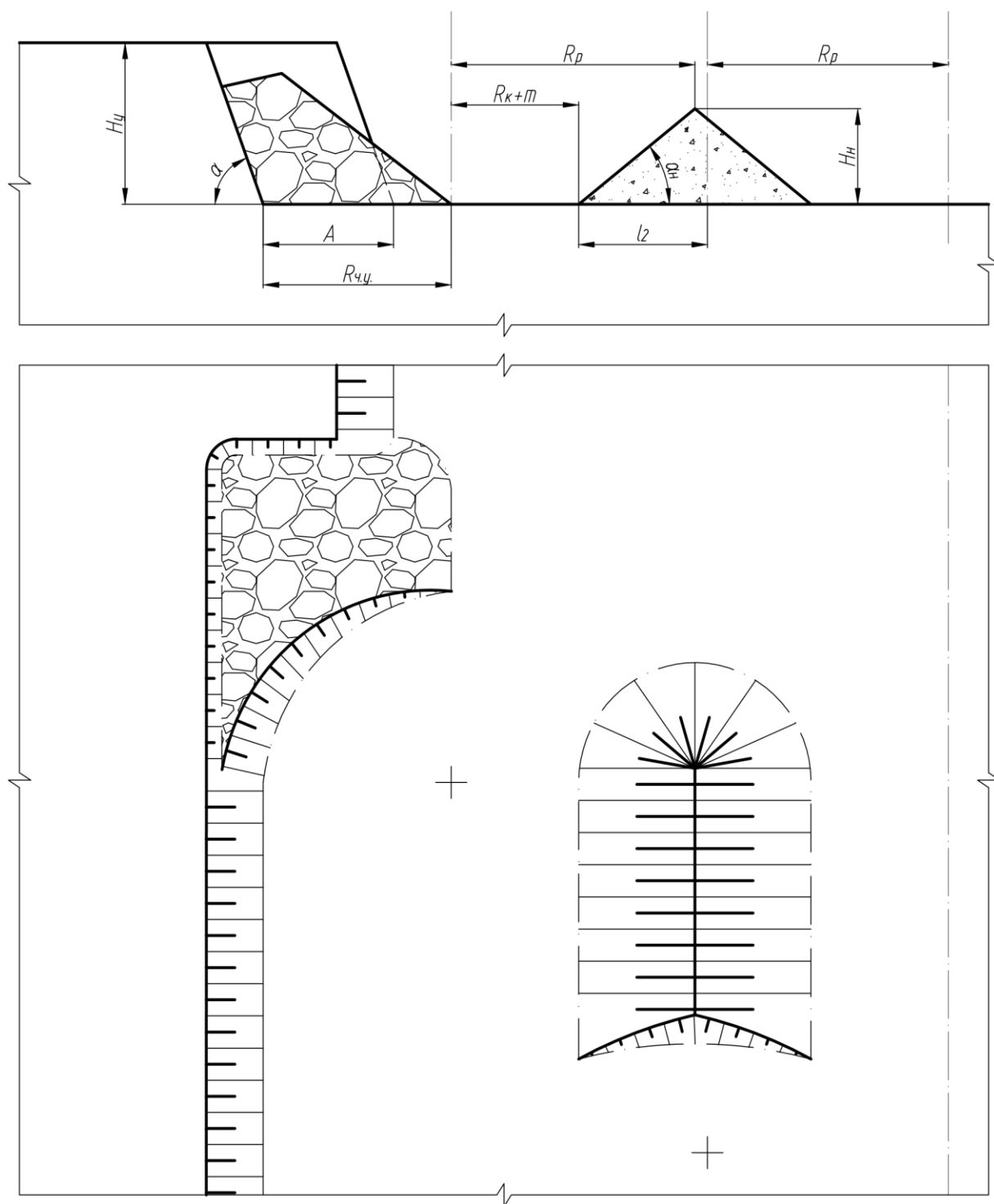


Рис. 11. Технологическая схема подвалки пород  
Fig. 11. Technological scheme of covering the toe of a bench with overburden material

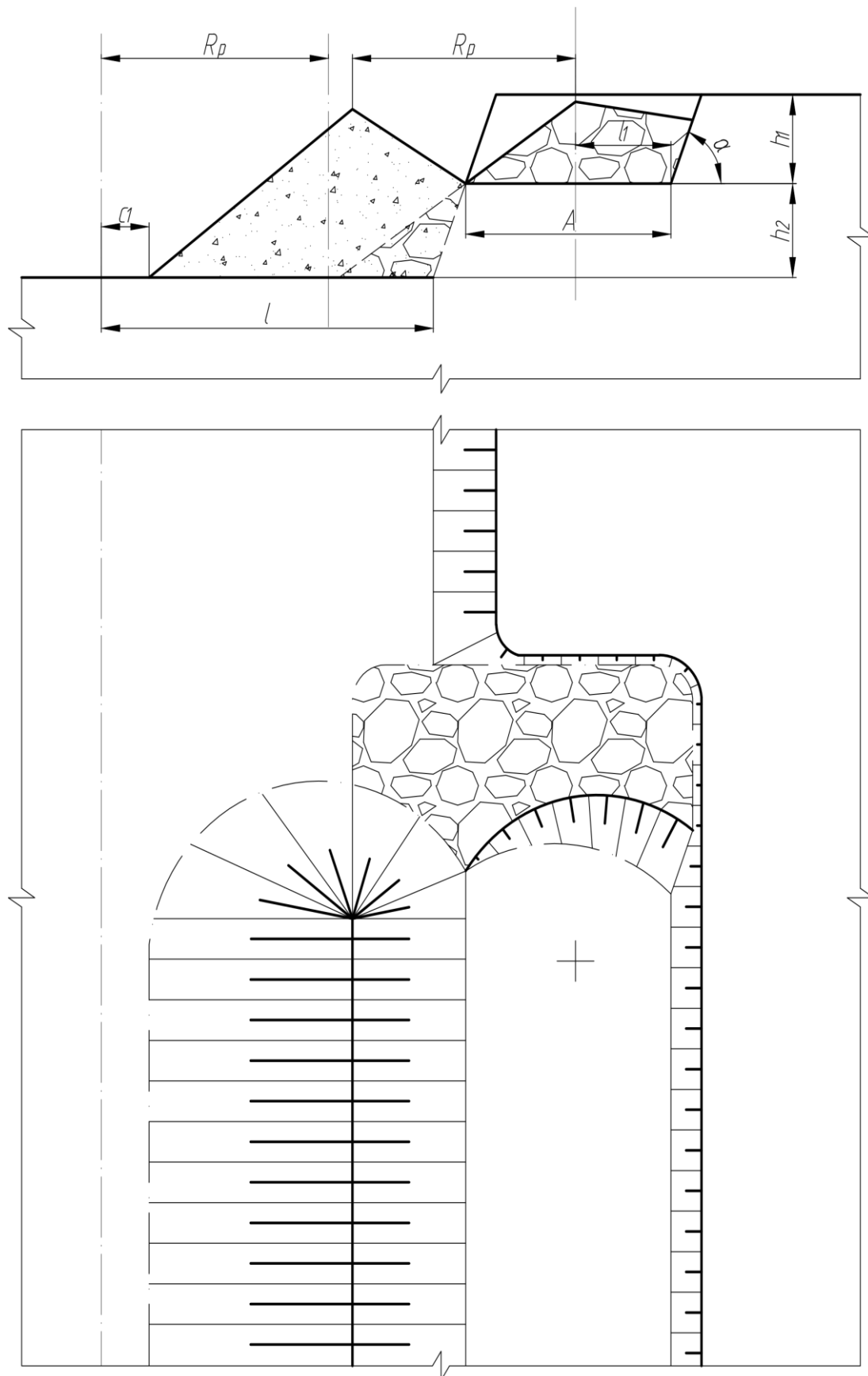


Рис. 12. Схема понижения уступа  
Fig. 12. Scheme of bench lowering

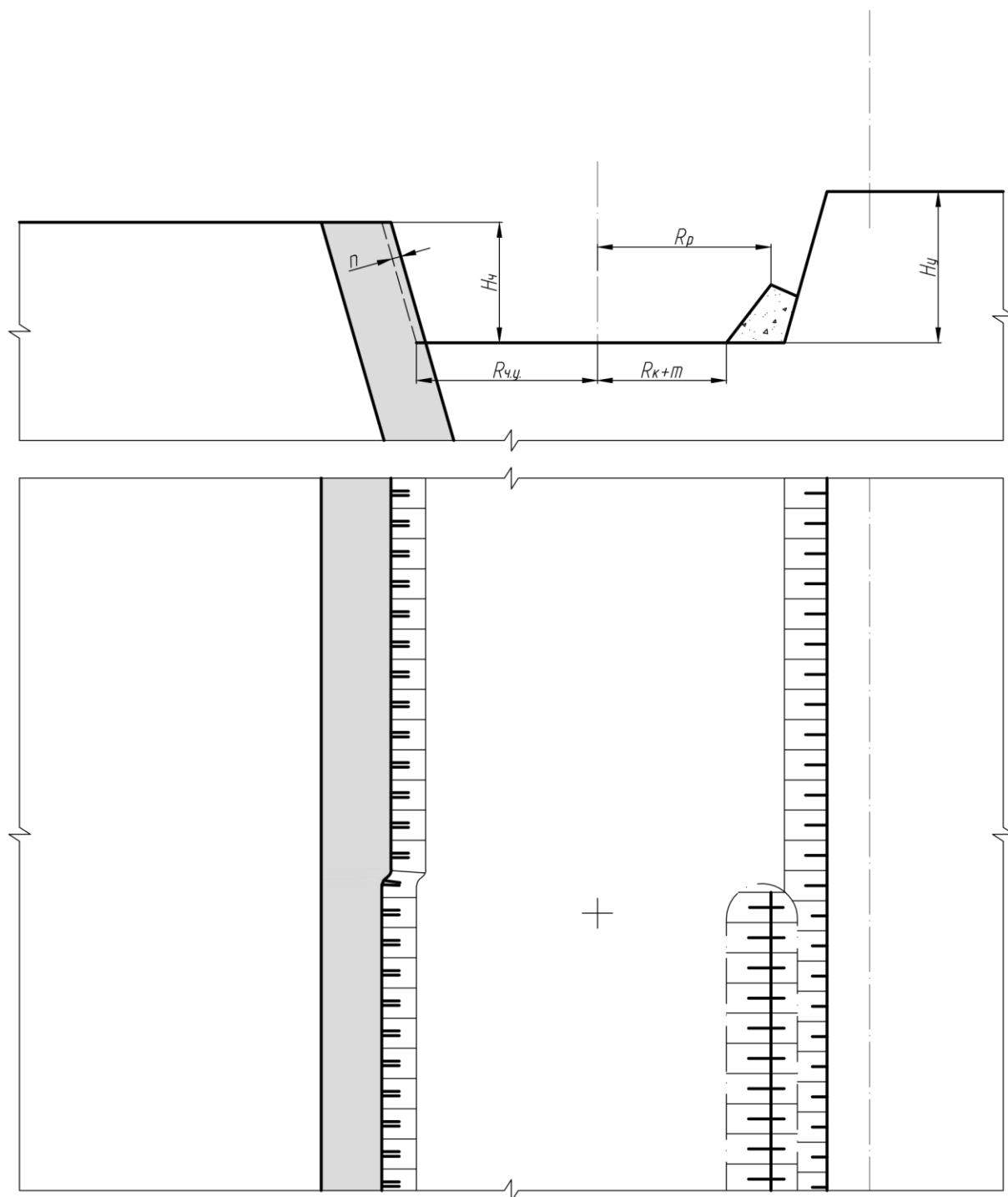


Рис. 13. Схема зачистки пласта  
Fig. 13. Seam clean-up scheme

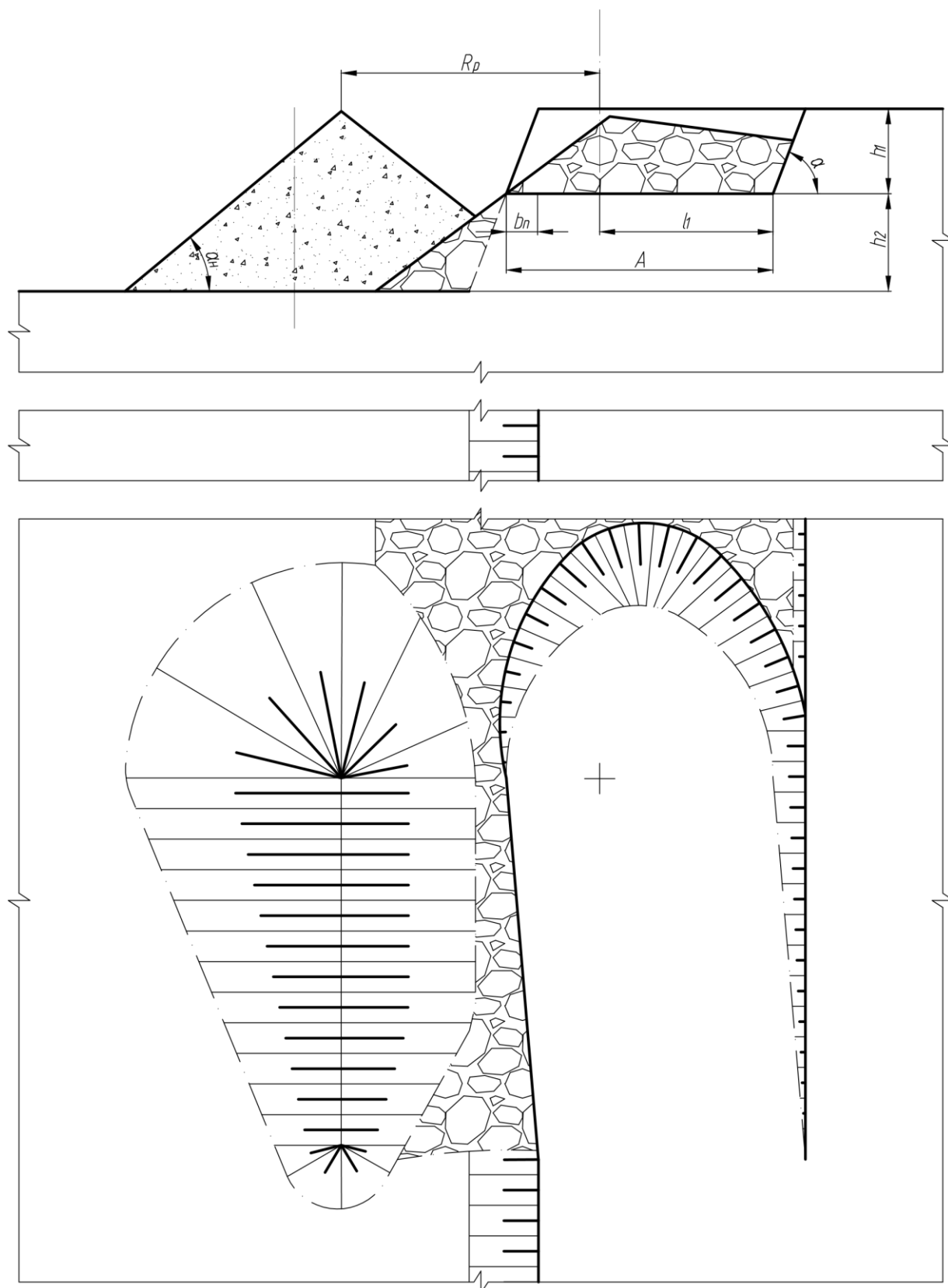


Рис. 14. Схема проходки съезда  
Fig. 14. Scheme of the exit ramp driving

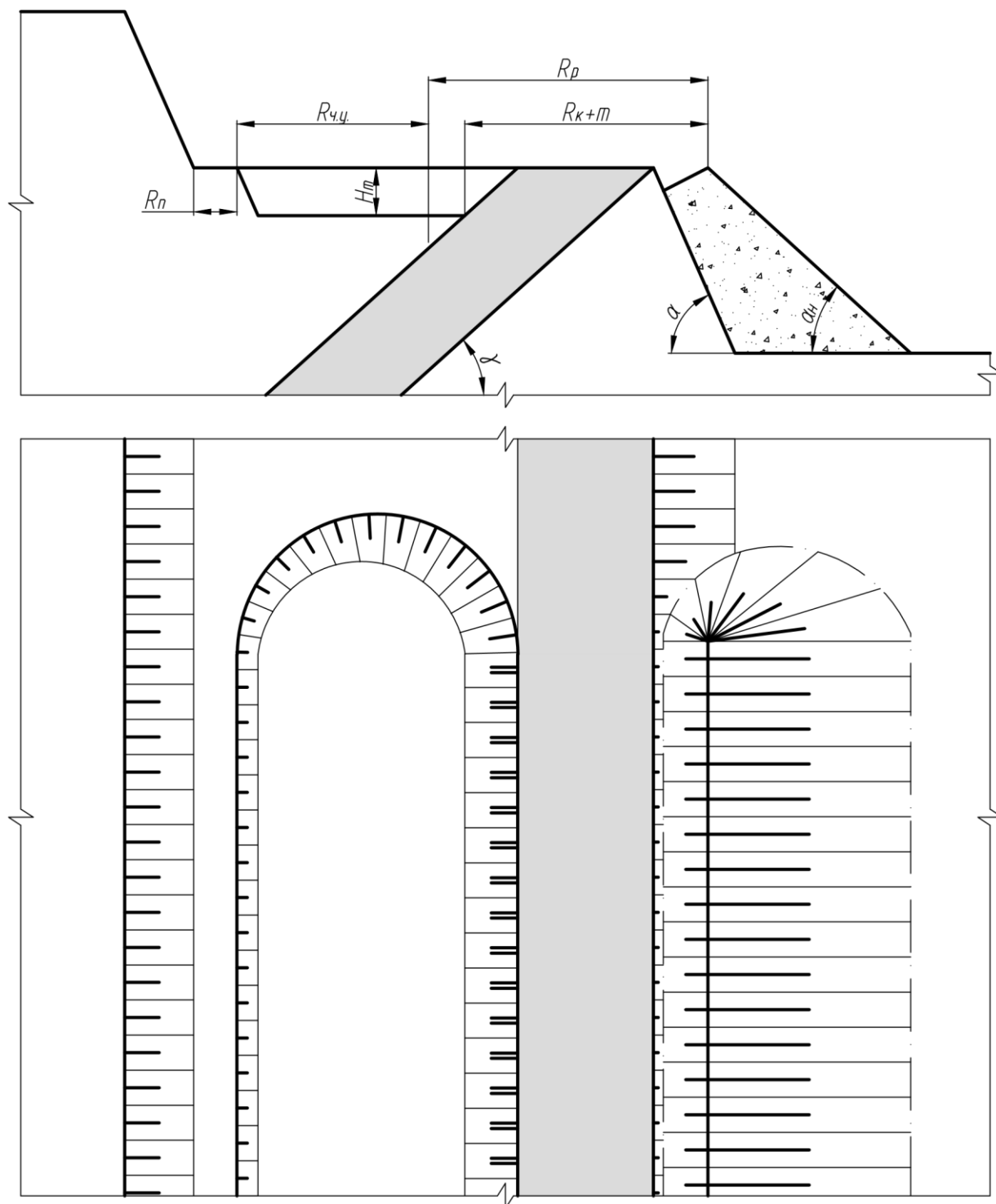


Рис. 15. Схема проходки разрезной траншеи  
Fig. 15. Scheme of cutting trenching by contact with coal seam



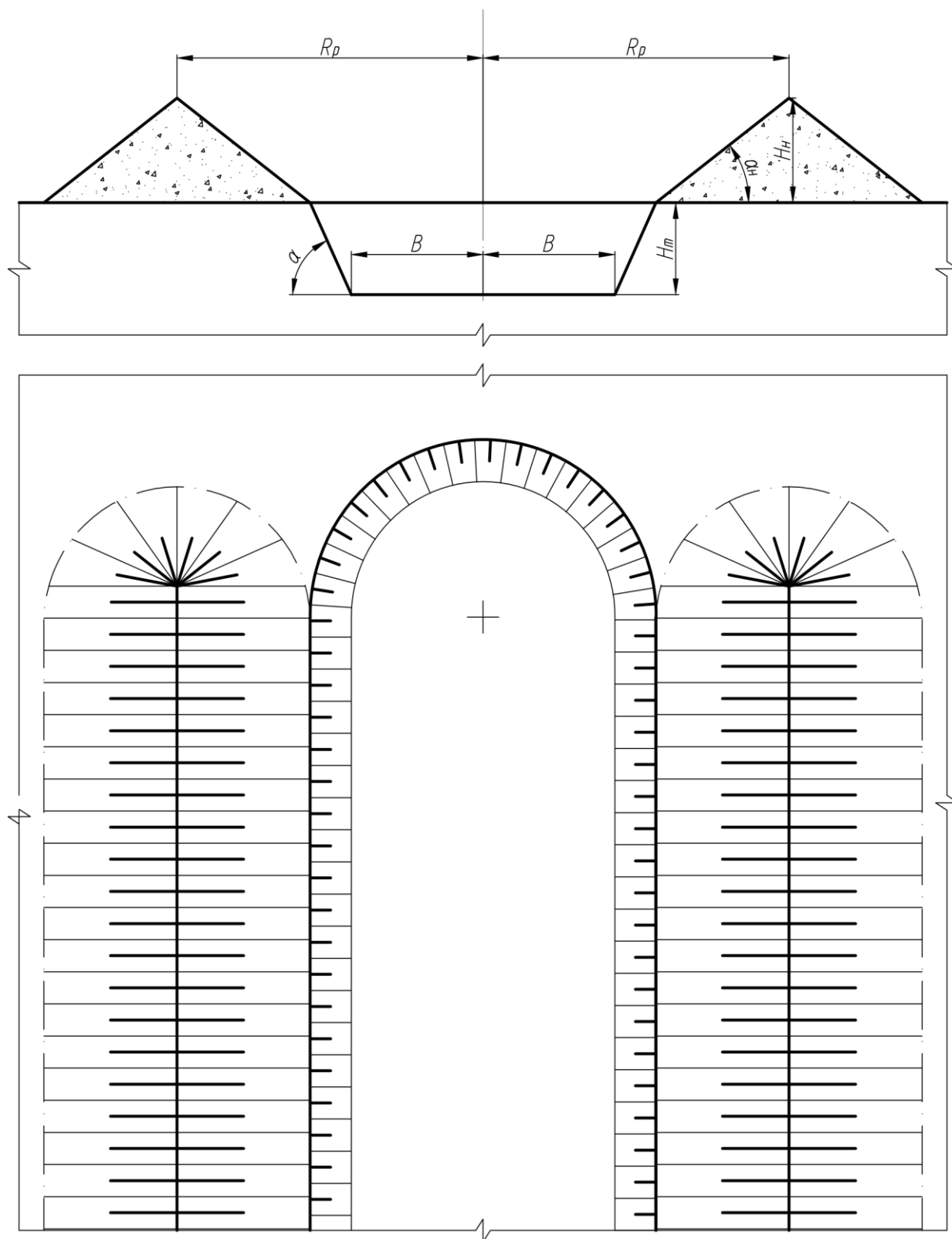


Рис. 16. Схема проходки разрезной траншеи с созданием навалов на обоих бортах  
Fig. 16. Scheme of excavating of a cut trench with creation of rock piles on its both sides

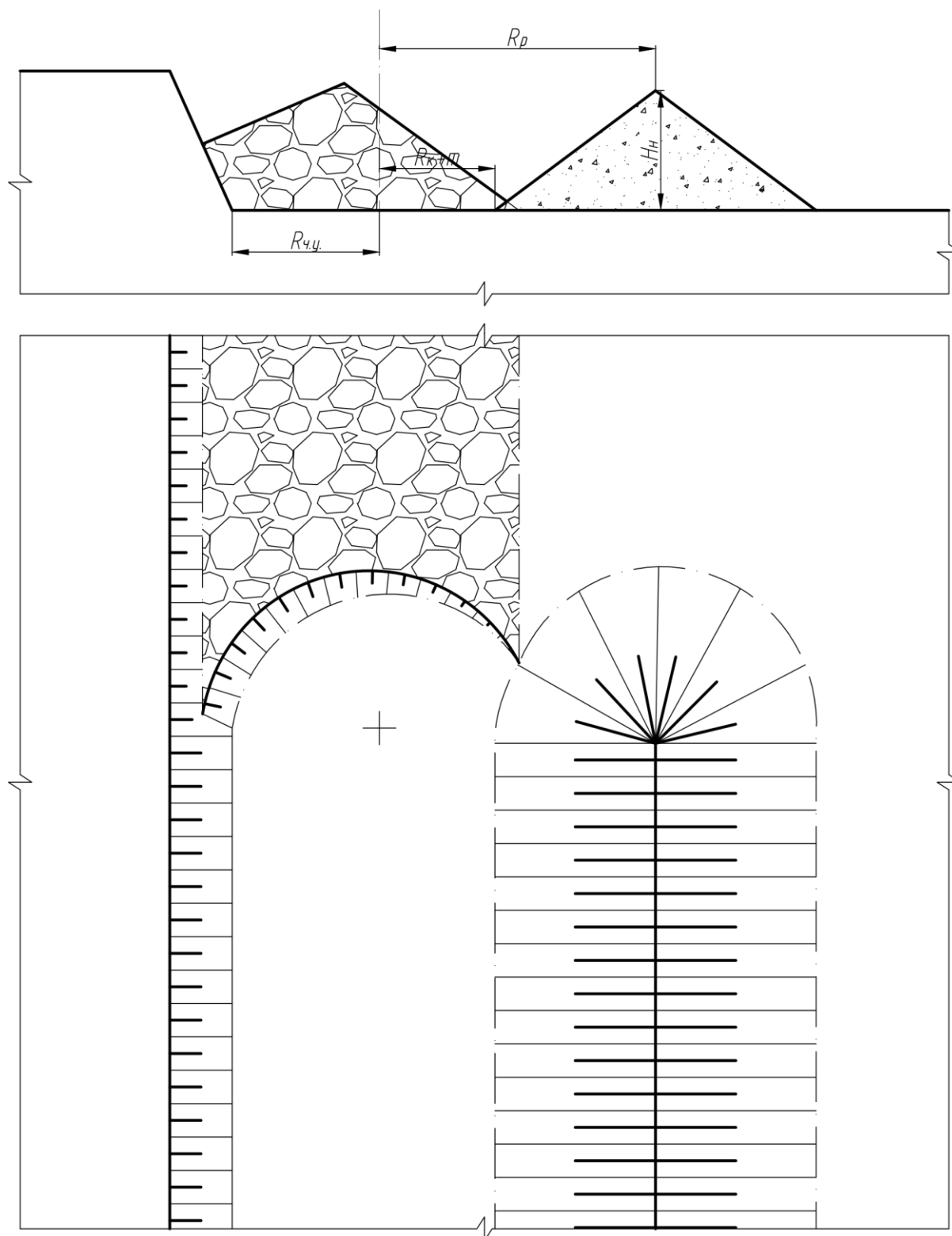


Рис. 17. Переэкскавация пород на горизонте установки экскаватора

Fig. 17. Re-excavation of rocks on the excavator positioning level

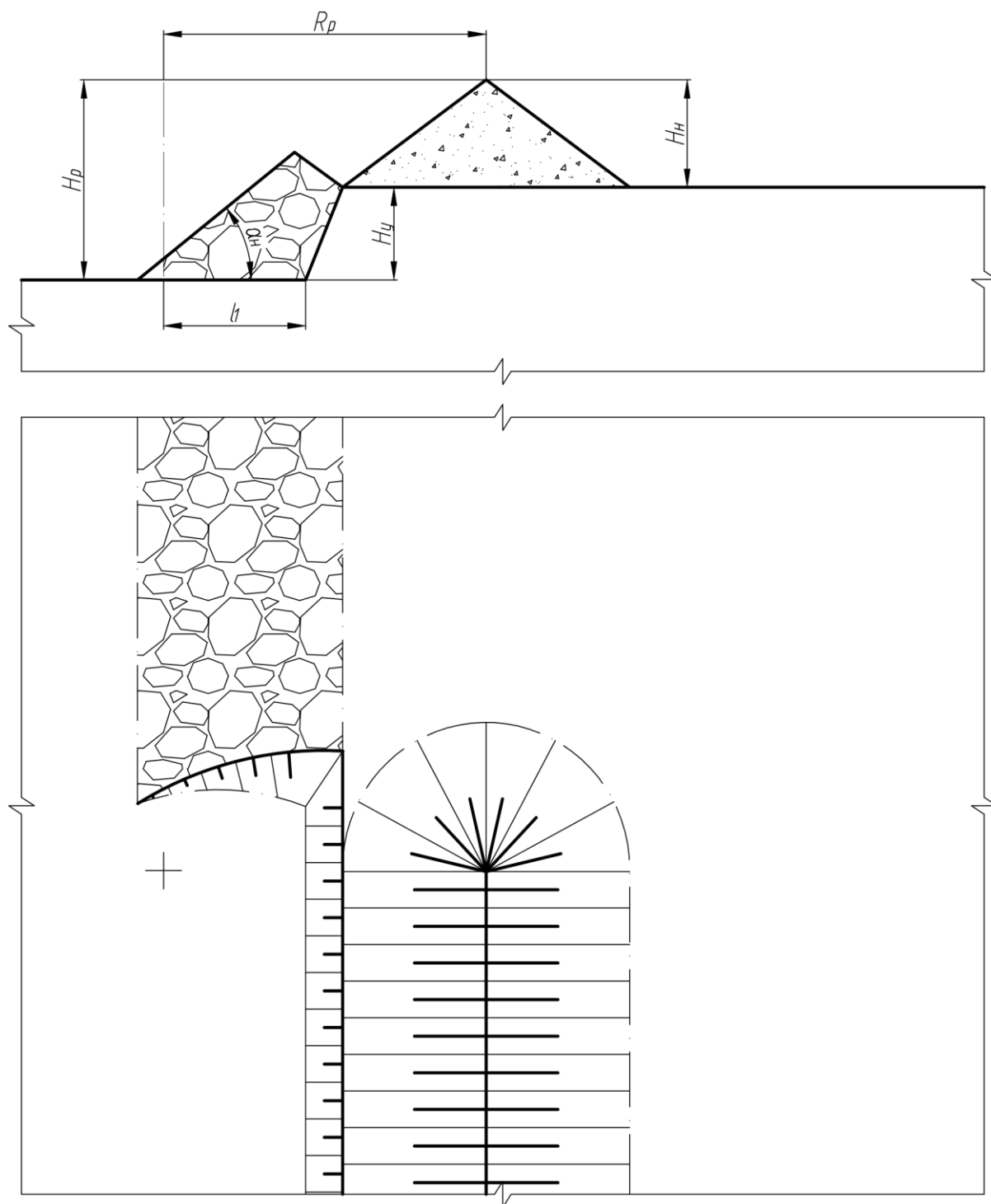


Рис. 18. Перевалка пород на вышележащий горизонт  
Fig. 18. Rock handling to the overlying bench



**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность доктору технических наук, профессору кафедры ОГР КузПИ-КузГТУ Ташкинову Александру Сергеевичу за неоценимую помощь и советы при работе над данным материалом.

**От редактора и рецензента.** Представленный материал является переработанным и дополненным отчетом по научно-исследовательской работе, выполненной под научным руководством Ташкинова А.С. на кафедре открытых горных работ и в дальнейшем частично положенной в основу диссертационной работы автора. Считаем весьма полезным опубликовать данную статью вследствие того, что полученные автором научные результаты не были опубликованы ранее либо лишь частично напечатаны в малотиражных изданиях.

### Список литературы

1. Разработка типовых технологических схем вспомогательных горных работ на разрезах Кузбасса (Отчет) / КузПИ. – № ГР 790877952. – Кемерово, 1981. – 165 с.
2. Петров, А.И. Обоснование порядка отработки разреза «Черниговский» // Совершенствование технологии, механизации и организации производства при добыче угля: Всесоюз. науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов угольн. пром-ти 11-13 мая 1983 г.: Тез. докл. – М., 1983. – С. 120.
3. Разработка типовых технологических схем вспомогательных горных работ для разрезов Кузбасса / А.В. Калинин, С.И. Протасов, А.И. Петров [и др.] // Информ. листок Кемеровского межотраслевого ЦНТИ. – Кемерово, 1984. – №194-84. – С. 3.
4. Петров, А.И. Исследование технологических схем вспомогательных горных работ, выполняемых экскаваторами на разрезах Кузбасса / КузПИ. – Кемерово, 1985. – 52 с. – Деп. в ЦНИЭИуголь 09.09.85, № 3434 уп.
5. Петров, А.И. Влияние порядка отработки месторождения на производительность экскаваторных комплексов при разработке сложно-структурных угольных месторождений Кузбасса // Новое в технологии открытой угледобычи: Межвуз. сб. научн. тр. / КузПИ. – Кемерово, 1986. – С. 59-65.
6. Петров, А.И. Взаимосвязь порядка отработки месторождения и эксплуатационных потерь полезного ископаемого // Открытая разработка угольных месторождений: Межвуз. сб. научн. тр. / КузПИ. – Кемерово, 1986. – С. 67-71.
7. Петров, А.И. Планирование объемов вспомогательных горных работ на разрезах Кузбасса // Интенсификация горных работ на угольных разрезах: Межвуз. сб. научн. тр. / КузПИ. – Кемерово, 1988. – С. 94-102.
8. Ганицкий, В.И. Организация производства на карьерах // М., Недра. – 1983. – 232 с.
9. Ермолаев, В.А. Формирование комплексов оборудования карьеров центрального Кузбасса : дис. ... канд. техн. наук: 05.15.03. – Кемерово, 1978. – 225 с.
10. Калинин, А.В. Результаты пассивного эксперимента и экспертных оценок по выявлению причин отклонений от плана положений и объемов горных работ / А.В. Калинин, Б.А. Денискин, В.Л. Мартыанов // Разработка угольных месторождений открытым способом: межвуз. сб. науч. тр. – Кемерово, 1977. – Вып. 6. – С. 189-206.
11. Калинин, А.В. Методика расчета материальной части организации при планировании положений и объемов горных работ / А.В. Калинин, В.Л. Мартыанов // Разработка угольных месторождений открытым способом: межвуз. сб. науч. тр. – Кемерово, 1977. – Вып. 6. – С. 159-172.
12. Калинин, А.В. Методические основы технологической подготовки производства на карьерах с техникой циклического действия / А.В. Калинин, В.Л. Мартыанов // Разработка угольных месторождений открытым способом: межвуз. сб. науч. тр. – Кемерово, 1978. – Вып. 7. – С. 14-15.
13. Калинин, А.В. Особенности перспективного планирования горных работ на карьерах в сложных горно-геологических условиях / А.В. Калинин, В.Л. Мартыанов, Л.А. Самойленко // Разработка угольных месторождений открытым способом: межвуз. сб. науч. тр. – Кемерово, 1978. – Вып. 7. – С. 32-37.
14. Калинин, А.В. К вопросу необходимости расчета организации перемещений экскаваторов при годовом планировании горных работ / А.В. Калинин, В.Ф. Колесников, В.Л. Мартыанов, В.Г. Проноза // Разработка угольных месторождений открытым способом: межвуз. сб. науч. тр. – Кемерово, 1978. – Вып. 7. – С. 45-60.
15. Кожевников, А.И. Методика расчета функциональной части организации технологических процессов при планировании / А.И. Кожевников, А.В. Калинин, В.Л. Мартыанов // Разработка угольных месторождений открытым способом: межвуз. сб. науч. тр. – Кемерово, 1977. – Вып. 6. – С. 173-179.



16. Мартыянов, В.Л. Методика размещения резервов горной массы и расчета перемещения буровых станков при годовом планировании горных работ на разрезах // Разработка угольных месторождений открытым способом: межвуз. сб. науч. тр. – Кемерово, 1978. – Вып. 7. – С. 66-74.
17. Мартыянов, В.Л. Исследование организации технологических процессов при годовом планировании горных работ на карьерах Центрального Кузбасса : дис. ... канд. техн. наук : 05.15.03. – Кемерово, 1979. – 180 с.
18. Ненашев, А.С. О «прочих» экскаваторных работах на разрезах Кузбасса / А.С. Ненашев, В.А. Ермолаев // Открытая угольдобыча в Кузбассе. Итоги. Проблемы. Перспективы. – Кемерово, 1984. – С. 57-61.
19. Ненашев, А.С. Систематизация «прочих» экскаваторных работ на разрезах Кузбасса / А.С. Ненашев, В.А. Ермолаев // Добыча угля открытым способом : науч.-техн. реф. сб. ЦНИИЭИУголь. – М., 1982. – №3/195. – С. 31-33.
20. Проноза, В.Г. Анализ динамики «прочих» экскаваторных работ на разрезах Кузбасса // Совершенствование технологии открытой разработки угольных месторождений: сб. науч. тр. – Кемерово, 1981. – С. 138-141.
21. Калинин, А.В. Расчет объемов горных работ по технологическим схемам и периодам отработки разрезов с использованием ЭВМ / А.В. Калинин, В.Г. Левин, Б.А. Денискин, А.Я. Дрямин // перспективы развития открытого способа добычи угля в восточных районах страны: межвуз. сб. науч. тр. – Кемерово, 1984. – С. 13-16.
22. Резниченко, С.С. Пути совершенствования планирования открытых горных работ / С.С. Резниченко, Г.И. Багрова // Организация и управление горным производством. – М., 1980. – С. 81-84.
23. Резниченко, С.С. Годовое планирование открытых горных работ с учетом достоверности геологической информации / С.С. Резниченко, С.И. Есенова, Г.И. Багрова // Научные основы создания высокопроизводительных и комплексно-механизированных карьеров. – М., 1980. – С. 143-144.
24. Петров, А.И. Обоснование направления развития горных работ в пределах контуров карьеров при годовом планировании : На примере угольных месторождений северного Кузбасса : дис. ... канд. техн. наук : 05.15.03. – Кемерово, 1996. – 179 с.
25. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. – М., Недра. – 1982. – 405 с.
26. Альбом оптимальных инженерных решений при производстве горно-вскрышных работ в нетиповых условиях на строительстве и реконструкции разрезов. – Кемерово, КузНИИШахтострой, 1989. – 168 с.

### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2023 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

### **Информация об авторах**

**Петров Алексей Иванович**, к.т.н.,

e-mail: [pai.rmpio@kuzstu.ru](mailto:pai.rmpio@kuzstu.ru)

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева  
650000, Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

## **STUDY OF RATIONAL PARAMETERS OF TECHNOLOGICAL SCHEMES OF AUXILIARY MINING OPERATIONS**

**Alexey I. Petrov**

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University



### **Abstract.**

The purpose of the work is to justify the rational technology of auxiliary mining operations in the opencast coal mines of Kuzbass, to calculate the technological schemes of mining operations in the complex cargo traffic,

**Article info**

Received:

22 October 2022

Revised:

25 December 2022

Accepted:

12 January 2023

**Keywords:** auxiliary mining works, excavation scheme, overburden reloading, other works, open-pit mining processes, mining scheduling, excavator block, field development procedure

to study the dynamics of the scheme of stripping. Relevance is caused by that increase of efficiency of results of operations on the basic and auxiliary technological processes is one of the major problems in mining. It is known that auxiliary mining works are carried out by schemes of great variety. At the same time, the development substantiating the rational technology of auxiliary mining operations, until now, is not available. Open pit mining department of Kuzbass State Technical University carried out work on systematization and typification of schemes of auxiliary mining works, based on technological essence of production processes, executed on surface mines, and technological unity of a complex of mining operations in various mining and geological conditions. Rational parameters of technological schemes of auxiliary mining operations are established. Technological schemes of mining of excavator blocks, the dependence of their formation on the order of mining the deposit are determined. Rational technology of auxiliary mining works has been implemented in the production practice of the Chernigovsky surface mine.

**For citation** Petrov A.I. (2023) Study of rational parameters of technological schemes of auxiliary mining operations, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 1(20):4. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-1-4-39, EDN: YYRRBG

**References**

1. Razrabotka tipovykh tekhnologicheskikh skhem vspomogatel'nykh gornykh rabot na razrezakh Kuzbassa (Otchet) / KuzPI. – № GR 790877952. – Kemerovo, 1981. – 165 s.
2. Petrov, A.I. Obosnovanie poryadka otrabotki razreza «Chernigovskiy» // Sovershenstvovanie tekhnologii, mekhanizatsii i organizatsii proizvodstva pri dobyche uglya: Vsesoyuz. nauch.-tekhn. konf. molodykh uchenykh i spetsialistov ugol'n. prom-ti 11-13 maya 1983 g.: Tez. dokl. – M., 1983. – S. 120.
3. Razrabotka tipovykh tekhnologicheskikh skhem vspomogatel'nykh gornykh rabot dlya razrezov Kuzbassa / A.V. Kalinin, S.I. Protasov, A.I. Petrov [i dr.] // Inform. listok Kemerovskogo mezhotraslevogo TsNTI. – Kemerovo, 1984. – №194-84. – S. 3.
4. Petrov, A.I. Issledovanie tekhnologicheskikh skhem vspomogatel'nykh gornykh rabot, vpolnyaemykh ekskavatorami na razrezakh Kuzbassa / KuzPI. – Kemerovo, 1985. – 52 s. – Dep. v TsNIEIugol' 09.09.85, № 3434 up.
5. Petrov, A.I. Vliyanie poryadka otrabotki mestorozhdeniya na proizvoditel'nost' ekskavatornykh kompleksov pri razrabotke slozhno-strukturnykh ugol'nykh mestorozhdeniy Kuzbassa // Novoe v tekhnologii otkrytoy ugledobychi: Mezhvuz. sb. iauchn. tr. / KuzPI. – Kemerovo, 1986. – S. 59-65.
6. Petrov, A.I. Vzaimosvyaz' poryadka otrabotki mestorozhdeniya i ekspluatatsionnykh poter' poleznogo iskopaemogo // Otkrytaya razrabotka ugol'nykh mestorozhdeniy: Mezhvuz. sb. nauchn. tr. / KuzPI. – Kemerovo, 1986. – S. 67-71.
7. Petrov, A.I. Planirovanie ob'emov vspomogatel'nykh gornykh rabot na razrezakh Kuzbassa // Intensifikatsiya gornykh rabot na ugol'nykh razrezakh: Mezhvuz. sb. nauchn. tr. / KuzPI. – Kemerovo, 1988. – S. 94-102.
8. Ganitskiy, V.I. Organizatsiya proizvodstva na kar'erakh // M., Nedra. – 1983. – 232 s.
9. Ermolaev, V.A. Formirovanie kompleksov oborudovaniya kar'erov tsentral'nogo Kuzbassa : dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.15.03. – Kemerovo, 1978. – 225 s.
10. Kalinin, A.V. Rezul'taty passivnogo eksperimenta i ekspertnykh otsenok po vyyavleniyu prichin otkloneniy ot plana polozheniy i ob'emov gornykh rabot / A.V. Kalinin, B.A. Deniskin, V.L. Mart'yanov // Razrabotka ugol'nykh mestorozhdeniy otkrytym sposobom: mezhvuz. sb. nauch. tr. – Kemerovo, 1977. – Vyp. 6. – S. 189-206.
11. Kalinin, A.V. Metodika rascheta material'noy chasti organizatsii pri planirovanii polozheniy i ob'emov gornykh rabot / A.V. Kalinin, V.L. Mart'yanov // Razrabotka ugol'nykh mestorozhdeniy otkrytym sposobom: mezhvuz. sb. nauch. tr. – Kemerovo, 1977. – Vyp. 6. – S. 159-172.
12. Kalinin, A.V. Metodicheskie osnovy tekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva na kar'erakh s tekhnikoy tsiklichnogo deystviya / A.V. Kalinin, V.L. Mart'yanov // Razrabotka ugol'nykh mestorozhdeniy otkrytym sposobom: mezhvuz. sb. nauch. tr. – Kemerovo, 1978. – Vyp. 7. – S. 14-15.





13. Kalinin, A.V. Osobennosti perspektivnogo planirovaniya gornyykh rabot na kar'erakh v slozhnykh gorno-geologicheskikh usloviyakh / A.V. Kalinin, V.L. Mart'yanov, L.A. Samoylenko // Razrabotka ugol'nykh mestorozhdeniy otkrytym sposobom: mezhvuz. sb. nauch. tr. – Kemerovo, 1978. – Vyp. 7. – S. 32-37.
14. Kalinin, A.V. K voprosu neobkhodimosti rascheta organizatsii peremeshcheniy ekskavatorov pri godovom planirovanii gornyykh rabot / A.V. Kalinin, V.F. Kolesnikov, V.L. Mart'yanov, V.G. Pronoza // Razrabotka ugol'nykh mestorozhdeniy otkrytym sposobom: mezhvuz. sb. nauch. tr. – Kemerovo, 1978. – Vyp. 7. – S. 45-60.
15. Kozhevnikov, A.I. Metodika rascheta funktsional'noy chasti organizatsii tekhnologicheskikh protsessov pri planirovanii / A.I. Kozhevnikov, A.V. Kalinin, V.L. Mart'yanov // Razrabotka ugol'nykh mestorozhdeniy otkrytym sposobom: mezhvuz. sb. nauch. tr. – Kemerovo, 1977. – Vyp. 6. – S. 173-179.
16. Mart'yanov, V.L. Metodika razmeshcheniya rezervov gornoy massy i rascheta peremeshcheniya burovyykh stankov pri godovom planirovanii gornyykh rabot na razrezakh // Razrabotka ugol'nykh mestorozhdeniy otkrytym sposobom: mezhvuz. sb. nauch. tr. – Kemerovo, 1978. – Vyp. 7. – S. 66-74.
17. Mart'yanov, V.L. Issledovanie organizatsii tekhnologicheskikh protsessov pri godovom planirovanii gornyykh rabot na kar'erakh Tsentral'nogo Kuzbassa : dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.15.03. – Kemerovo, 1979. – 180 s.
18. Nenashev, A.S. O «prochikh» ekskavatornykh rabotakh na razrezakh Kuzbassa / A.S. Nenashev, V.A. Ermolaev // Otkrytaya ugledobycha v Kuzbasse. Itogi. Problemy. Perspektivy. – Kemerovo, 1984. – S. 57-61.
19. Nenashev, A.S. Sistematizatsiya «prochikh» ekskavatornykh rabot na razrezakh Kuzbassa / A.S. Nenashev, V.A. Ermolaev // Dobycha uglya otkrytym sposobom : nauch.-tekhn. ref. sb. TsNIIIEIugol'. – M., 1982. – №3/195. – S. 31-33.
20. Pronoza, V.G. Analiz dinamiki «prochikh» ekskavatornykh rabot na razrezakh Kuzbassa // Sovershenstvovanie tekhnologii otkrytoy razrabotki ugol'nykh mestorozhdeniy: sb. nauch. tr. – Kemerovo, 1981. – S. 138-141.
21. Kalinin, A.V. Raschet ob'emov gornyykh rabot po tekhnologicheskim skhemam i periodam otrabotki razrezov s ispol'zovaniem EVM / A.V. Kalinin, V.G. Levin. B.A. Deniskin, A.Ya. Dryamin // perspektivy razvitiya otkrytogo sposoba dobychi uglya v vostochnykh rayonakh strany: mezhvuz. sb. nauch. tr. – Kemerovo, 1984. – S. 13-16.
22. Reznichenko, S.S. Puti sovershenstvovaniya planirovaniya otkrytykh gornyykh rabot / S.S. Reznichenko, G.I. Bagrova // Organizatsiya i upravlenie gornym proizvodstvom. – M., 1980. – S. 81-84.
23. Reznichenko, S.S. Godovoe planirovanie otkrytykh gornyykh rabot s uchetom dostovernosti geologicheskoy informatsii / S.S. Reznichenko, S.I. Esenova, G.I. Bagrova // Nauchnye osnovy sozdaniya vysokoproizvoditel'nykh i kompleksno-mekhanizirovannykh kar'erov. – M., 1980. – S. 143-144.
24. Petrov, A.I. Obosnovanie napravleniya razvitiya gornyykh rabot v predelakh konturov kar'erov pri godovom planirovanii : Na primere ugol'nykh mestorozhdeniy severnogo Kuzbassa : dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.15.03. – Kemerovo, 1996. – 179 s.
25. Tipovye tekhnologicheskie skhemy vedeniya gornyykh rabot na ugol'nykh razrezakh. – M., Nedra. – 1982. – 405 s.
26. Al'bom optimal'nykh inzhenernykh resheniy pri proizvodstve gorno-vskryshnykh rabot v netipovykh usloviyakh na stroitel'stve i rekonstruktsii razrezov. – Kemerovo, KuzNIIShakhtostroy, 1989. – 168 s.

### Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2023 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

### Information about the authors

**Alexey I. Petrov**, PhD (Tech.), Associate Professor of the Open Pit Mining  
Department  
e-mail: [pai.rmpio@kuzstu.ru](mailto:pai.rmpio@kuzstu.ru)  
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University  
28 Vesennyya str., Russian Federation, Kemerovo, 650000

