МЕТОДИКА РАСЧЕТА КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ КОМПЛЕКСА «СВОБОДНАЯ ВЫЕМКА» ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТИПА «ГОРА-ЗАЛЕЖЬ»

Мутавалиев Абдуваххаб Толибзода
к-т техн.наук, доцент., Горно-металлургический институт Таджикистана, Республика Таджикистан, г. Чкалов

Аннотация. В статье рассмотрена методика расчета капитальных затрат комплекса «свободная выемка» при разработке месторождений типа «гора-залежь» и приведены методики расчёта по затратам на устройство подъездной и соединительных дорог, разное рабочего борта и создание рабочей площадки, приобретение бурового оборудования, приобретение перегрузочного оборудования и на вспомогательное оборудование. А также приведены схема комплекса «свободная выемка» при отработке горы с пологим, крутым склонами и структура капитальных затрат комплекса «свободная выемка». Такая методика применима при любой крутизне горы и при любой её конфигурации; в этом плане она универсальна. Если угол наклона косогора φ меньше угла ската или равен ему, то отработка горы идёт снизу вверх с постепенным наращиванием подъездной хозяйственной дороги по высоте.

Ключевые слова: технологическая комплекс, открытые горные работы, выемочно-погрузочные работы, нагорные месторождение, методики расчёта, капитальные затраты, угол наклона косогора, угла ската, подъездная дорога, рабочая зона, буровая оборудования, вспомогательная оборудования.

Abstract. The article presents a methodology for calculating the capital expenditures of the "free excavation" complex in the development of "mountain-deposit" type mineral deposits. It outlines calculation methods for expenses related to the construction of access and connecting roads, working bench development and the creation of a working platform, acquisition of drilling equipment, acquisition of transfer equipment, and auxiliary equipment. The article also provides a layout of the "free excavation" complex for developing a mountain with gentle or steep slopes, as well as the capital expenditure structure of the "free excavation" complex. This methodology is applicable to any mountain slope angle and configuration, making it universal in this regard. If the angle of the hillside inclination (φ) is less than or equal to the angle of the slope, the mountain is developed from the bottom up with a gradual extension of the access service road in height.

Keywords: technological complex, open-pit mining operations, excavation and loading operations, mountain-type deposits, calculation methods, capital

ISSN 3030-3907

expenditures, hillside inclination angle, slope angle, access road, working area, drilling equipment, auxiliary equipment.

Annotatsiya. Maqolada "tog' -kon" turidagi konlarni qazib olishda "erkin qazib olish" kompleksining kapital xarajatlarini hisoblash metodologiyasi ko'rib chiqiladi va kirish va ulanish yo'llarini qurish, turli xil ishchi tomonlar va ish joyini yaratish, burg'ulash uskunalarini sotib olish, qayta yuklash uskunalarini sotib olish va xarajatlarni hisoblash usullari keltirilgan.yordamchi uskunalar. Shuningdek, tog'ni yumshoq, tik qiyaliklar bilan qazishda "erkin qazish" kompleksining sxemasi va "erkin qazish"kompleksining kapital xarajatlari tuzilishi keltirilgan. Ushbu uslub tog'ning har qanday tikligi va uning har qanday konfiguratsiyasi uchun qo'llaniladi; bu borada u universaldir. Agar qiyalik burchagi φ Nishab burchagidan kam yoki unga teng bo'lsa, unda tog'ni qazib olish pastdan yuqoriga qarab, kirish iqtisodiy yo'lining balandligi asta-sekin o'sib boradi.

Kalit so'zlar: texnologik kompleks, ochiq kon ishlari, qazib olish va yuklash ishlari, tog ' konlari, hisoblash usullari, kapital xarajatlar, qiyalik burchagi, qiyalik burchagi, kirish yo'li, ish maydoni, burg'ulash uskunalari, yordamchi uskunalar.

Введение

Привязка методики расчёта к данным месторождениям не случайна, они, почти целиком сложенные кондиционным полезным ископаемым (обычно строительными горными породами - известняком, гранитом, гипсом, доломитом и др.), осваиваются в гористой местности в первую очередь, так как производимые строительные материалы идут на создание начальной инфраструктуры. Акцент на капитальные затраты сделан ввиду важности этого фактора в условиях ограниченности собственных средств у разработчика месторождения и трудностей внешнего заимствования. Минимум капитальных затрат на разработку месторождения является решающим доводом для положительного решения по ней, особенно во множстве развивающихся стран, испытывающих нехватку инвестиций.

Материалы и методы. Самая простая технология добычи полезных ископаемых – в том комплексе. На наклонной (под углом ската горной массы $\alpha_{ск}$) поверхности рабочего борта карьера располагаются рабочие бурильщики с ручными перфораторами, глубина бурения шпуров 2-3 м. Отбитая взрывом горная масса ссыпается по борту к подножию горы, где перегружается в средства транспорта. Рабочие снабжены страховочными канатами, закреплёнными сверху за пределами рабочей зоны. Взрывчатые вещества и различные материалы доставляются к рабочим местам по лестницам на борту, по ним же осуществляется перемещение людей.

ISSN 3030-3907

Такая технология применима при любой крутизне горы и при любой её конфигурации; в этом плане она универсальна, почему и возникла первой. Если угол наклона косогора φ меньше угла ската или равен ему, то отработка горы идёт снизу вверх с постепенным наращиванием подъездной хозяйственной дороги по высоте (рис. 1, а).

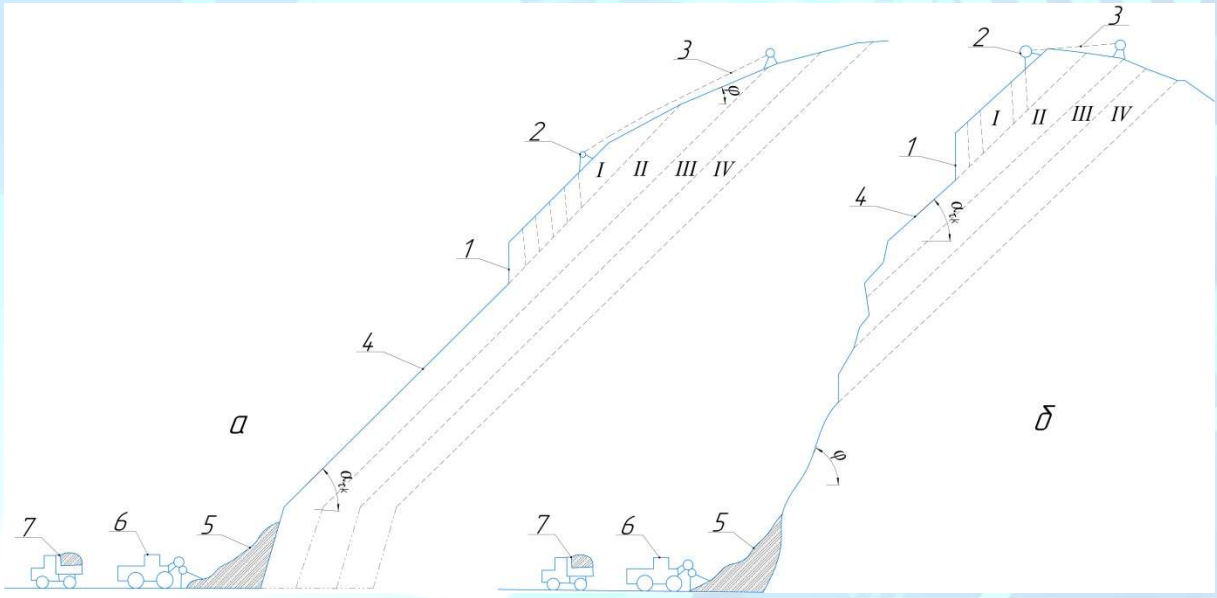


Рис. 1. Схема комплекса «свободная выемка» при отработке горы с пологим (а) и крутым (б) склонами: 1-рабочий уступ; 2- бурильщик с перфоратором ; 3- страховочный канат; 4-наклонный борт карьера; 5-навал перепущенной горной массы; 6- погрузчик; 7- автосамосвал; I … IV – последовательно отрабатываемые наклонные слои.

В противном, более редком случае, когда $\varphi > \alpha_{ск}$, горные работы ведутся сверху вниз (рис. 1, б); тогда подъездную дорогу нужно выстраивать сразу до вершины горы, где делают первоначальную рабочую площадку. Таким образом, отработка месторождения ведётся наклонными слоями под углом $\alpha_{ск}$. До настоящего времени данная технология сохранилась на некоторых известняковых карьерах [1].

ISSN 3030-3907

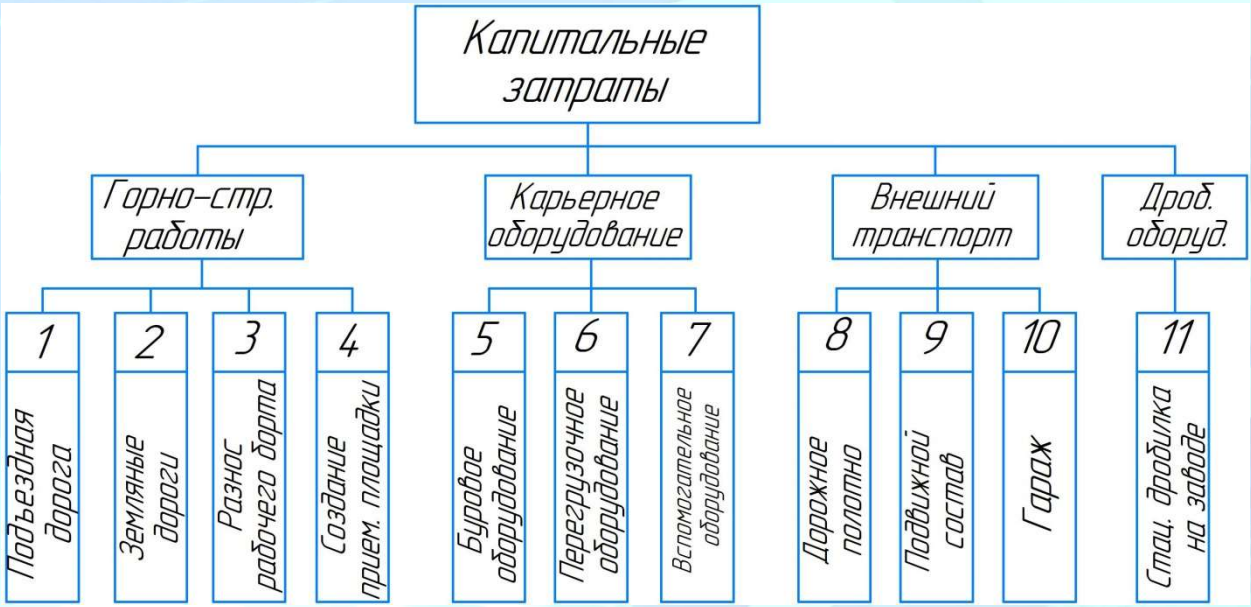


Рис. 2. Структура капитальных затрат комплекса «свободная выемка» III-2 [2].

Затраты на устройство подъездной и соединительных дорог. Так как подъездная дорога во всех гравитационных комплексах служит только для хозяйственных целей, она может быть сужена до одной полосы движения скобка (4 м). Такую же ширину имеют и соединительные дороги.

Расположение подъездной дороги на склоне горы зависит от того, снизу (при $\varphi \leq \alpha_{ск}$) или сверху (при $\varphi > \alpha_{ск}$) ведётся её отработка. В первом случае надо знать, вся гора или только её часть (по длине) отрабатывается данным карьером.

Если при $\varphi \leq \alpha_{ск}$ по технологии «свободной выемки» отрабатывают всю гору, то трасса подъездной дороги проходит в пределах карьерного поля и является внутренней по отношению к нему (рис. 3, а). Так как такая дорога имеет большой срок службы и наращивается ввысь по мере подъёма горных работ к вершине, часть карьерного поля, где проходит трассы дороги, должна быть законсервирована вплоть до приближения работ к вершине. К этому времени с обратной стороны склона в вершине нужно в процессе эксплуатации подвести дополнительную подъездную дорогу взамен ранее действующей. После ввода в строй новой дороги целик под трассой старой можно начинать срабатывать.

ISSN 3030-3907

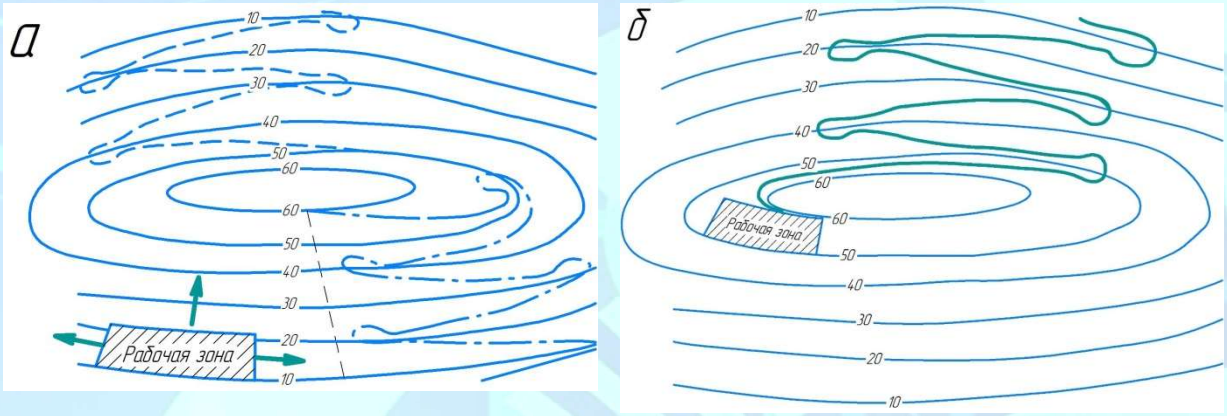


Рис. 3. Трассирование подъездной дороги

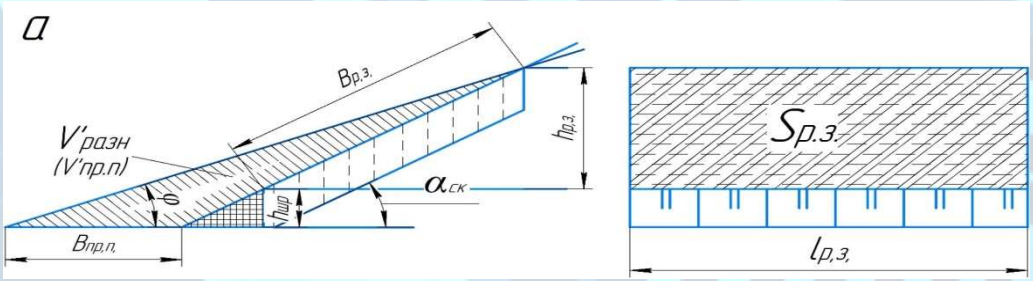
В принципе, трассу подъездной дороги в рассматриваемом случае можно сразу расположить с обратной стороны склона, то тогда весьма значительной длины достигнут соединительные дороги. Ввиду того, что наклонный борт карьера занимает весь склон горы, вскрытие со специальной формой трассы в комплексе III-2 исключено, применима только петлевая форма трассы с серпантинами.

Проблема расположения подъездной дороги резко упрощается, если отработке подлежит лишь часть горы по её длине: трассу дороги в этом случае выносят за пределы карьерного поля.

Наконец, при $\varphi > \alpha_{ск}$, когда приходится отрабатывать месторождение сверху вниз, подъездная дорога должна быть подведена к вершине на полную длину и только с обратной стороны склона (рис. 3, б).

Участок подъездной дороги на поверхности от приёмной площадки до завода предназначенный для встречного движения самосвалов и имеет две полосы (ширина 8 м).

Затраты на разное рабочего борта и создание рабочей площадки. При пологих и средней крутизны косогорах ($\varphi \leq \alpha_{ск}$) данные затраты совмещаются, так как разнос рабочие борта одновременно приводит и к созданию приёмной площадки. Глубина разноса и соответственно объём $V^{I}_{\text{разн.}}$ зависят здесь от размеров (ширины и длины) рабочей зоны, при которых обеспечивается заданная производительность карьера (рис. 4, а).



ISSN 3030-3907

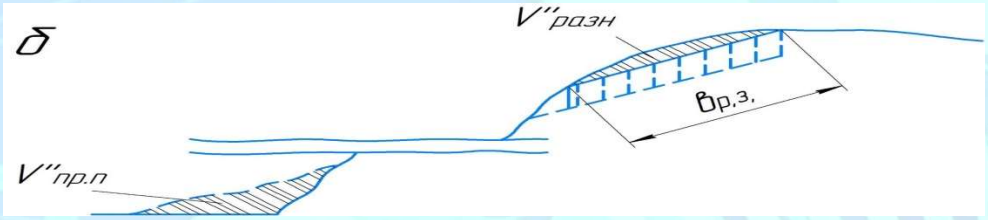


Рис. 4. Схема определению объёма разноса рабочего борта

$$V^{I}_{\text{разн.}} = \frac{2h^2_{\text{шп.}}+h^2_{\text{р.з.}}}{2} \cdot (ctg\alpha_{\text{ск}} - ctg\varphi) \cdot l_{\text{р.з.}}, \text{ м}^3, \quad (1)$$

где $h_{\text{шп.}}$- глубина шпура, м (по рекомендации) [3] $h_{\text{шп.}}$=3 м; $h_{\text{р.з.}}$- высота рабочей зоны м; $h_{\text{р.з.}} = \text{в}_{\text{р.з.}} \cdot sin\alpha_{\text{ск}}$, м, где $\text{в}_{\text{р.з.}}$ - ширина рабочей зоны, м;

$l_{\text{р.з.}}$ - длина рабочей зоны, м; остальные обозначения приводились ранее.

Здесь неизвестными параметрами являются $\text{в}_{\text{р.з.}}$ и $l_{\text{р.з.}}$. Произведение их составляет площадь рабочей зоны $S_{\text{р.з.}}$, а та, в свою очередь, определяется количеством шпуров $N_{\text{шп.}}$, необходимым для отбойки требуемого по производительности карьера объёма горной массы.

Из рис. 4 видно что

$$S_{\text{р.з.}} = (N_{\text{шп.}} - n_{\text{шп.ряд.}}) \cdot \Delta S, \text{ м}^2, \quad (2)$$

где $n_{\text{шп.ряд.}}$ - число шпуров в ряду, ΔS - часть площади рабочей зоны, приходящаяся на один шпур, м^2 ($\Delta S = \text{а} \cdot \text{в}$, где а и в расстояние соответственно между шпурами в ряду и между рядами, при квадратной сетке а = в).

Так как бурение осуществляется в одну смену (по условиям безопасности – только в дневное время), то объём массива $V_{\text{см.бур.}}$, обуреваемого за смену и отбиваемого раз в сутки, должен быть не менее суточной производительности карьера, т.е. $V_{\text{см.бур.}} = \frac{Q_{\text{год.к}}}{n_{\text{раб.}}}$, м^3

$$\text{Тогда } N_{\text{шп.}} = \frac{V_{\text{см.бур.}}}{\Delta V_{\text{шп.}}},$$

где $\Delta V_{\text{шп.}}$ - объём горной массы, отбиваемой одним шпором, м^3; $\Delta V_{\text{шп.}} = a \cdot W \cdot h_{\text{шп.}}$, где W - сопротивление по подошве, м (согласно [4] для интенсивного дробления пород и хорошей проработки подошвы уступа при шпуровой отбойке значение W не должно превышать 20-25 диаметра заряда для пород средней крепости; следовательно, при диаметре шкура 45 мм величина W для указанных пород составляет соответственно 1,0 и 1,5 м). По этому источнику при шпуровой отработке с электрическим инициированием или с помощью ДШ можно принимать $a = W$.

Задаваясь числом шпоров в ряду $n_{\text{шп.ряд.}}$ и зная величину $N_{\text{шп.}}$, можно по формуле (2) определить площадь рабочей зоны $S_{\text{р.з.}}$. Так как при заданном

ISSN 3030-3907

числе $n_{\text{шп.ряд.}}$ сразу находится длина рабочей зоны $l_{\text{р.з.}} = (n_{\text{шп.ряд.}} - 1) \cdot a$, м, то определённой таким образом величине $S_{\text{р.з.}}$ возможно вычислить и ширину рабочей зоны $\text{в}_{\text{р.з.}} = \frac{S_{\text{р.з.}}}{l_{\text{р.з.}}}$, м. Комбинируя величины $l_{\text{р.з.}}(n_{\text{шп.ряд.}})$ и $\text{в}_{\text{р.з.}}$ можно подойти к наиболее приемлемой конфигурации рабочей зоны.

При известных величинах $l_{\text{р.з.}}$ и $h_{\text{р.з.}} = \text{в}_{\text{р.з.}} \cdot sin\alpha_{\text{ск}}$ по формуле (1) определяется объём разноса рабочего борта $V^{I}_{\text{разн.}}$ и соответствующие затраты $C^{I}_{\text{разн.}} = V^{I}_{\text{разн.}} \cdot \Delta c_{\text{г.с.}}$, руб.

Ещё раз напоминаем что при $\varphi \leq \alpha_{\text{ск}}$ затраты по разносу рабочего борта и по устройству приёмной площадки совмещаются.

При крутых косогорах когда, $\varphi \leq \alpha_{\text{ск}}$ рабочую площадку, как уже говорилось, приходится встраивать на вершине горы (рис.4, б). Площадь $S_{\text{р.з.}}$ подсчитывают так же, как и в предыдущем случае, а перекрывающий её объём породы $V^{II}_{\text{разн.}}$ зависит от формы вершинной части горы и не поддаётся общему аналитическому определению. Его можно вычислить, зная величины $\text{в}_{\text{р.з.}}$ и $l_{\text{р.з.}}$ по поперечным профилям склона.

В отличие от пологих косогоров устройство приёмной площадки у подножия крутой горы не совмещается с разносом рабочего борта. Обычно подножие заполнено осыпями из выветренных пород склона, их и нужно убрать перед вводом карьера в эксплуатацию. Объём уборки $V^{II}_{\text{пр.п.}}$ определяется в конкретных условиях поперечным профилям при известной величине $l_{\text{р.з.}}$.

Затраты на приобретение бурового оборудования. В качестве бурового оборудования в данном комплексе используется ручные перфораторы среднего и тяжёлого класса.

При вычислении затрат на разное рабочего борта было определено число одновременно взрываемых шпуров, необходимое для обеспечения суточной производительности карьера (перегрузочного оборудования) $N_{\text{шп.}}$.

Задача теперь заключается в расчёте необходимого количества перфораторов для выполнения такого объёма буровых работ.

При заданной длине шпура (с учётом перебура $l_{\text{пер.}} = 0{,}1h_{\text{у}}$) $l_{\text{шп.}} = h_{\text{у}} + h_{\text{пер.}}$, м можно определить число шпуров $\Delta n_{\text{шп.}}$, пробуренных одним рабочим-бурильщиком в течение смены

$$\Delta n_{\text{шп.}} = \frac{\Delta Q_{\text{бур.}}}{l_{\text{шп.}}}, \qquad (3)$$

где $\Delta Q_{\text{бур.}}$ - норма выработки бурильщика, шп/смену;

ISSN 3030-3907

$$\Delta Q_{\text{бур.}} = \frac{T_{\text{см}} - (T_{\text{п.з.}} + T_{\text{рег}})}{t_{\text{бур.}} + t_{\text{всп.}}}, \text{ шп/смену} \quad (4)$$

где $T_{\text{см}}$, $T_{\text{п.з.}}$ и $T_{\text{рег}}$ - продолжительность соответственно смены, подготовительно-заключительных операций и регламентированных перерывов в течение смены, мин.; $t_{\text{бур.}}$ и $t_{\text{всп.}}$ - удельное время на бурение и на вспомогательные операции, мин/1 п.м шпура (в учебных расчётах можно принимать: $T_{\text{см}}$, $T_{\text{п.з.}}$ и $T_{\text{рег}}$ соответственно 420, 30 и 10 мин.; $t_{\text{бур.}}$ и $t_{\text{всп.}}$ соответственно 5.2 и 1.6 мин/1 п.м шпура).

Отсюда рабочее число перфораторов $N_{\text{перф.}}^{\text{раб.}}$ при работе бурильщиков в одну смену

$$N_{\text{перф.}}^{\text{раб.}} = \frac{N_{\text{шп.}}}{\Delta Q_{\text{бур.}}}, \text{ шт.} \quad (5)$$

Инвентарное число перфораторов $N_{\text{перф.}}^{\text{инв.}}$ составит:

$$N_{\text{перф.}}^{\text{инв.}} = N_{\text{перф.}}^{\text{раб.}} \cdot K_{\text{рез.}}, \text{ шт,} \quad (6)$$

где $K_{\text{рез.}}$ - коэффициент резерва ($K_{\text{рез.}} = 1{,}4$).

При известной стоимости одного перфоратора $\Delta c_{\text{перф.}}$ затраты на приобретение бурового оборудования составят:

$$C_{\text{перф.}} = N_{\text{перф.}}^{\text{инв.}} \cdot \Delta c_{\text{перф.}}, \text{ руб.} \quad (7)$$

Затраты на приобретение перегрузочного оборудования. Ввиду того, что в рабочей зоны карьера используется мелкошпуровое взрывания, для перегрузки ссыпавшейся горной массы экскаватор-мехлопата с успехом может быть заменён погрузчиком. Погрузчик пригоден и для расширения подъёмной площадки вслед за развитием рабочей зоны.

$$E = \frac{Q_{\text{год.к}} \cdot T_{\text{ц.}} \cdot K_{\text{р}}}{3600 \cdot K_{\text{н}} \cdot T_{\text{см}} \cdot n_{\text{см}} \cdot n_{\text{раб.}} \cdot K_{\text{и год}}^{I}}, \text{ м}^3 \quad (8)$$

где $Q_{\text{год.к}}$ - производительность карьера, м^3/год; $T_{\text{ц.}}$ - время экскаваторного цикла, с; $K_{\text{р}}$, $K_{\text{н}}$, $K_{\text{и год}}^{I}$ - соответственно коэффициенты разрыхления пород после взрыва, наполнение ковша и использования экскаватора в течение года; $T_{\text{см}}$ - продолжительность смены, ч; $n_{\text{см}}$ - число смен работы экскаватора в течение суток; $n_{\text{раб.}}$ - число рабочих дней карьера за год.

В случае, когда нарезка верхних горизонтов происходит на крутом косогоре с подвалкой взорванной горной массы вниз по склону, приобретаемый экскаватор может быть использован и на этой работе. Он же проходит и полутраншеи под подъездную и соединительные дороги при экскаваторном способе проходки.

ISSN 3030-3907

Стоимость экскаватора с определённой таким образом вместимостью ковша находится по каталогу.

Затраты на вспомогательное оборудование. К вспомогательному оборудованию в комплексе III-2 относятся бульдозер на зачистке приёмной площадки и компрессоры для перфораторов.

Ввиду небольшого объёма работ по зачистке в работе достаточно иметь только один колёсный бульдозер. Для выбора его модели и, следовательно, стоимости сменную производительность бульдозера (объём работ по зачистке) может принимать равной 10% от сменной производительности карьера.

Количество компрессоров зависит от числа обслуживаемых перфораторов $N_{\text{перф.}}^{\text{раб.}}$, расхода сжатого воздуха у одного перфоратора $q_{\text{перф.}}$ и производительности самого компрессора по сжатому воздуху $q_{\text{комп.}}$:

$$N = \frac{N_{\text{перф.}}^{\text{раб.}} \cdot q_{\text{перф.}}}{q_{\text{комп.}}}. \qquad (9)$$

Инвентарное количество компрессоров больше рабочего на коэффициент резерва $K_{\text{рез.}}$ (принимается 1.4). Стоимость одного компрессора $\Delta c_{\text{комп.}}$ находят по каталогу.

Заключение. Численные значения основных параметров, входящих в расчётные формулы, приведены по данным практики и результатам научно-исследовательских работ автора и основаны на известных аналитических выражениях. Для удобства пользования большинство расчётов дополняется пояснительными схемами. Поскольку большая часть технологических комплексов может быть использована и при разработке месторождений других типов (косогорных и вершинных) изложенный в статье методический подход применим для соответствующих расчётов и по этим месторождениям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Нгуен Тхан Туан. Открытая разработка нагорных месторождений известняка Вьетнама. –М.: МГИ, 1999.
2. И.Т.Мислибаев, А.Т. Мутавалиев, Г.М.Самадова, З.И.Туйчибоев. Систематизация факторов влияющих на классификации технологических комплексов нагорных карьеров. //«Горные машины и технологии». 2025, № 1(11). –С. 53-57.
3. Лазоватский Г.А. Ресурсосберегающая технология разработки нагорных месторождений. –М.: Строительные материалы, 1990, № 2. –С48-51.
4. Ильин С.А. Технология открытой разработки нагорных месторождений. Учебное пособия. Теплпн -2000. 109 с.

ISSN 3030-3907

5. Samadova G.M., Tuychiboev Z.I. Theory of cascade mining of open pit fields // International Jjurnal on Integrated Education. Vol. 6, Issue 1. Jan -2023. –pp. 135-139.

6. Махин П.А., Седловский Н.Ф., Мухин Н.Е. Новый метод вскрытия месторождений нагорного типа взрывами на выброс минерально-сырьевая база цветных и редких металлов северного кавказа. - Новочеркасск. - 2013. – С.92-94.

7. Мислибаев И.Т., Самадова Г.М. Разработка графоаналитической модели поперечного профиля месторождения на косогоре // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2022. – № 4 (91). – С. 39-43.

ISSN 3030-3907