

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет**

Кафедра разработки месторождений полезных ископаемых

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛИЗАЦИЮ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов специальности 21.05.04*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021**

УДК 622.271 (073)

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛИЗАЦИЮ: Методические указания к практическим занятиям / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *В.В. Иванов*. СПб, 2021. 25 с.

Методические указания составлены в соответствии с утверждённой рабочей программой дисциплины «Введение в специализацию» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Открытые горные работы».

Приведены цель, программа и порядок выполнения практических занятий.

Научный редактор доц. *Д.Н. Лигоцкий*

Рецензент к.т.н. *Н.С. Ларин* (АО «Гипронеруд»)

ВВЕДЕНИЕ

Цель дисциплины-подготовка выпускника, владеющего основными принципами технологий добычи твердых полезных ископаемых открытым способом.

В процессе изучения дисциплины студенты должны усвоить теоретические основы открытой разработки месторождений полезных ископаемых, сформировать представление об основных принципах открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых, приобрести навыки выбора и обоснования основного и вспомогательного карьерного оборудования.

Темы практических занятий:

- определение общих показателей трудности осуществления производственных процессов;
- расчет параметров буровзрывных работ;
- определение основных параметров месторождения полезных ископаемых;
- выбор и определение производительности карьерного экскаватора;
- выбор и определение производительности карьерных автосамосвалов.

Над темами курса следует работать в соответствии с программой, методическими указаниями и рекомендованной литературой.

Для выполнения практических работ исходные данные для расчётов задаются преподавателем. Отчёт по каждому практическому занятию следует предоставлять оформленным с помощью текстового и графического редакторов на листах формата А4, по правилам, принятым в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРУДНОСТИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Цель занятия – усвоение принципов определения общих показателей трудности осуществления основных производственных процессов открытой разработки месторождений полезных ископаемых.

Определение относительного показателя трудности бурения горной породы

Для сопоставления различных горных пород по буримости (механическим способом) используют относительный показатель трудности бурения горной породы, который рекомендуется принимать исходя из следующего выражения:

$$П_б = 0,07 \cdot (\sigma_{сж} + \sigma_{сдв}) + 0,0007 \cdot \gamma_p \quad (1)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности породы на одноосное сжатие (МПа); $\sigma_{сдв}$ – предел прочности породы на сдвиг (МПа); γ_p – плотность горной породы (кг/м^3).

Все горные породы по относительной трудности бурения делятся на следующие классы:

I – легкобуримые ($П_б = 1 \div 5$);

II – средней буримости ($П_б = 6 \div 10$);

III – труднобуримые ($П_б = 11 \div 15$);

IV – весьма труднобуримые ($П_б = 16 \div 20$);

V – исключительно труднобуримые ($П_б = 21 \div 25$).

Породы с относительным показателем трудности бурения более 25 встречаются редко и относятся к внекатегорийным.

Определение относительного показателя трудности экскавации горной породы

Показатель трудности экскавации горных пород в массиве рассчитывается по эмпирической зависимости:

$$П'_б = 3\lambda \cdot (0,2 \sigma_{сж} + \sigma_{сдв} + \sigma_{раст}) + 0,0003 \cdot \gamma_p \quad (2)$$

где $\sigma_{\text{раст}}$ – предел прочности породы на растяжение (МПа); λ – коэффициент структурного ослабления горных пород в массиве в направлении копания.

Для вскрышных горных пород:

- при копании по трещинам $\lambda = 0,1$;
- при копании перпендикулярно трещинам $\lambda = 1,0$;
- при копании параллельно трещинам $\lambda = 0,475$;
- при копании под углом к трещинам $\lambda = 0,715$.

Для полезных ископаемых:

- при копании по трещинам $\lambda = 0,03$;
- при копании перпендикулярно трещинам $\lambda = 1,0$;
- при копании параллельно трещинам $\lambda = 0,36$;
- при копании под углом к трещинам $\lambda = 0,645$.

По величине P'_3 горные породы, экскавация которых из массива возможна существующими и перспективными выемочными машинами, разделяют на пять классов:

I – $P'_3 = 1 \div 5$:

- сплошные песчаные и неуплотненные горные породы ($\sigma_{\text{сж}}$ менее 1,5 – 5 МПа);
- плотные горные породы средней трещиноватости ($\sigma_{\text{сж}} = 5 – 10$ МПа);
- плотные горные породы сильнотрещиноватые ($\sigma_{\text{сж}} = 8 – 12$ МПа).

II – $P'_3 = 6 \div 10$:

- плотные сплошные, практические монолитные горные породы ($\sigma_{\text{сж}} = 5 – 12$ МПа);
- плотные горные породы средней трещиноватости ($\sigma_{\text{сж}} = 10 – 18$ МПа);
- полускальные горные породы чрезвычайно трещиноватые ($\sigma_{\text{сж}} = 20 – 30$ МПа).

III – $P'_3 = 11 \div 15$:

- плотные сплошные горные породы ($\sigma_{\text{сж}} = 12 – 18$ МПа);
- полускальные горные породы сильнотрещиноватые ($\sigma_{\text{сж}} = 20 – 30$ МПа);

- полускальные горные породы чрезвычайно трещиноватые ($\sigma_{сж} = 30 - 40$ МПа).

$$\underline{IV - П'_3 = 16 \div 20:}$$

- полускальные горные породы средней трещиноватости ($\sigma_{сж} = 20 - 30$ МПа);

- полускальные горные породы сильнотрещиноватые ($\sigma_{сж} = 30 - 40$ МПа);

- полускальные горные породы чрезвычайно трещиноватые ($\sigma_{сж} = 40 - 50$ МПа).

$$\underline{V - П'_3 = 21 \div 25:}$$

- полускальные горные породы малотрещиноватые ($\sigma_{сж} = 20 - 30$ МПа);

- полускальные горные породы средней трещиноватости ($\sigma_{сж} = 30 - 40$ МПа);

- полускальные горные породы сильнотрещиноватые ($\sigma_{сж} = 40 - 50$ МПа).

Горные породы у которых $П'_3 > 25$, относятся к внекатегорийным.

Каждый класс горных пород включает и мерзлые породы предыдущих классов при равной глубине промерзания.

Показатель трудности экскавации из развала взорванных вскрышных горных пород и полезного ископаемого:

$$П''_3 = k'' \cdot \left(\gamma_p \cdot d_{ср} + 0,1 \cdot \sigma_{сдв} + \frac{10 (\gamma_p \cdot d_{ср} + 0,1 \cdot \sigma_{сдв})}{(k_p)^9} \right) \quad (3)$$

где k'' – эмпирический коэффициент ($k'' \approx 0,022$); $d_{ср}$ – средний размер куска взорванной горной массы в развале ($т/м^3$); k_p – коэффициент разрыхления горных пород.

Ориентировочно средний размер куска взорванной горной породы (м) определяется по зависимости:

$$d_{ср} = (0,15 \div 0,2) \cdot \sqrt[3]{E} \quad (4)$$

где E – вместимость ковша экскаватора (м³).

Разрушенные горные породы по величине показателя трудности экскавации делятся на X классов. К I – III классам с показате-

лем трудности экскавации Π_3'' от 3 до 9 относятся в основном горные породы мелкой кусковатости, к IV – VI классам с Π_3'' от 9 – 12 до 15 – 18 – горные породы средней кусковатости, к VII – X классам с Π_3'' до 27 – 30 – горные породы крупной кусковатости.

Определение относительного показателя трудности транспортирования горной породы

Показатель трудности транспортирования горных пород учитывает использование геометрической вместимости транспортного сосуда, износостойкость, трудность разгрузки, налипание и примерзание; рассчитывается по эмпирической зависимости:

$$\Pi_T = 0,6 \cdot \gamma_p + 5 \cdot d'_{cp} \cdot A + 20 \cdot W_{п} \cdot n \cdot B \cdot C \quad (5)$$

где d'_{cp} – средний размер кусков горной породы в транспортном средстве (м); $A = 1 + 0,1 \cdot \sigma_{сдв}$; $W_{п}$ – влажность перевозимой породы (в долях единицы); n – содержание в породе глинистых частиц (в долях единицы); $B = 1 + \lg(T + 1)$; T – продолжительность транспортирования породы (ч); $C = 1 - 0,025 t$, t – температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$) (учитывается только при отрицательных температурах).

Все транспортируемые горные породы по величине Π_T подразделяются на пять классов:

- I класс – весьма легко транспортируемые ($\Pi_T \leq 2$);
- II класс – легкотранспортируемые ($2 < \Pi_T \leq 4$);
- III класс – средней трудности транспортирования ($4 < \Pi_T \leq 6$);
- IV класс – труднотранспотируемые ($6 < \Pi_T \leq 8$);
- V класс – весьма трудно транспортируемые ($8 < \Pi_T \leq 10$).

Породы с $\Pi_T > 10$ относятся к внекатегорийным.

Железнодорожный транспорт имеет наиболее широкую область применения по характеристикам перевозимых горных пород. Автомобильный транспорт применяют главным образом на карьерах с показателем трудности транспортирования горных пород $\Pi_T \leq 8$. Конвейерами рекомендуется перемещать горные породы с $\Pi_T \leq 4-5$

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные технологические процессы открытых горных работ.
2. Каковы основные показатели трудности осуществления основных производственных процессов?
3. Методика выбора основных видов карьерного транспорта с использованием показателя трудности транспортирования горных пород.

2. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Цель занятия – изучение методов определения основных параметров буровзрывного способа подготовки горных пород к выемке.

Определение основных параметров скважинного заряда

Масса заряда в скважине (t) по условию дробления горных пород рассчитывается по зависимости:

$$Q_{\text{ВВ}} = q \cdot W \cdot a \cdot h \quad (6)$$

где q – удельный расход взрывчатого вещества (t/m^3); W – линия сопротивления по подошве уступа (m); a – расстояние между скважинами в ряду (m); h – высота обрабатываемого уступа (m).

Удельный расход взрывчатого вещества (t/m^3) может быть установлен по зависимости С.А. Давыдова

$$q = 0,000175 \cdot \gamma_p \quad (7)$$

Линия сопротивления по подошве уступа (m) может быть определена по зависимости:

$$W = 24 \cdot d_{\text{СКВ}} \cdot \sqrt{\frac{\Delta}{q}} \quad (8)$$

где $d_{\text{СКВ}}$ – диаметр взрывных скважин (m), устанавливаемый исходя из характеристик выбранной модели бурового станка; Δ – плотность заряжения (t/m^3) (для сыпучих и гранулированных взрывчатых веществ – 0,7 – 0,9; для водонаполненных 1,2 – 1,3).

Диаметр взрывных скважин (mm) может быть определен по методике ФГУП «Союзвзрывпром»:

$$d_{\text{СКВ}} = 28 \cdot h \cdot \sqrt{\frac{\Delta}{q}} \quad (9)$$

Проверка величины линии сопротивления по подошве по условию безопасного расположения бурового станка при бурении первого ряда скважин:

$$W \geq W_6 = h \cdot ctg\alpha + c \quad (10)$$

где α – угол откоса рабочего уступа (градус); c – минимальное безопасное расстояние от оси первого ряда скважин, при условии расположения бурового станка за пределами призмы возможного обрушения (не менее 2 м от бровки до ближайшей точки опоры станка).

Расстояние между скважинами в ряду a (м) и расстояние между рядами скважин b (м)

$$a = m \cdot b \quad (11)$$

$$b = m \cdot W \quad (12)$$

где $m = 0,8 \div 1,1$ – коэффициент сближения скважин.

Глубина буримых скважин (м):

$$l_{\text{скв}} = h + l_{\text{пер}} \quad (13)$$

где $l_{\text{пер}} = (10 \div 15) d_{\text{скв}}$ – глубина перебура (м).

Длина заряда взрывчатых веществ (м):

$$l_{\text{зар}} = \frac{Q_{\text{вв}}}{p} \quad (14)$$

где $p = \frac{\pi \cdot d_{\text{скв}}^2}{4} \cdot \Delta_{\text{вв}}$ – масса взрывчатого вещества в одном метре скважины (кг/м).

Определение необходимого количества буровых станков

Количество буровых станков, необходимых для подготовки горной массы к выемке, определяется исходя из общей годовой длины бурения скважин.

$$N_{\text{б.с.}} = \frac{L_{\text{б}}}{Q_{\text{б.с.}} \cdot N_{\text{см}}} \cdot k_{\text{рез}} \quad (15)$$

где $L_{\text{б}}$ – годовой метраж бурения скважин (м/год); $Q_{\text{б.с.}}$ – эксплуатационная производительность бурового станка (м/год); $N_{\text{см}}$ – количество смен работы бурового станка в год; $k_{\text{рез}} = 1,1 \div 1,3$ – коэффициент резерва оборудования.

Годовой метраж бурения скважин (м/год)

$$L_{\text{б}} = \frac{A_{\text{кб}} \cdot \eta}{B} \quad (16)$$

где $A_{\text{кб}}$ – производительность карьера по породам, подлежащим предварительному разрыхлению буровзрывным способом ($\text{м}^3/\text{год}$); η – коэффициент потерь скважин при взрыве; B – выход горной массы с одного метра скважины ($\text{м}^3/\text{м}$).

$$B = \frac{a \cdot W \cdot h}{l_{\text{скв}}}, \quad (17)$$

Производительность бурового станка ($\text{м}/\text{год}$)

$$Q_{\text{б.с.}} = \frac{60 \cdot T_{\text{см}}}{T_0 + T_{\text{в}}} \cdot k_{\text{и}} \quad (18)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены (ч); T_0 и $T_{\text{в}}$ – продолжительность выполнения основных и вспомогательных операций, приходящихся на 1 метр скважины (мин) (при расчетах значение $T_{\text{в}}$ можно принимать равным для станков вращательного бурения скважин 300 с, для станков шарошечного бурения скважин 200 с, для станков пневмоударного бурения скважин 350 с, а для станков термического бурения скважин 250 с); $k_{\text{и}}$ – коэффициент использования бурового станка.

$$k_{\text{и}} = \frac{60 \cdot T_{\text{см}} - (T_{\text{п.з}} + T_{\text{р}} + T_{\text{в.п}})}{60 \cdot T_{\text{см}}} \quad (19)$$

где $T_{\text{п.з}}$, $T_{\text{р}}$, $T_{\text{в.п}}$ – соответственно продолжительность подготовительно-заключительных операций, регламентированных перерывов и внеплановых простоев (мин).

Продолжительность основных операций бурения, приходящихся на 1 метр скважины (мин):

$$T_0 = \frac{1}{v_{\text{б}}} \quad (20)$$

где $v_{\text{б}}$ – техническая скорость бурения скважин станками с шарошечным долотом ($\text{м}/\text{мин}$).

Техническая скорость бурения скважин станками с шарошечным долотом ($\text{м}/\text{мин}$):

$$v_{\text{сб}} = \frac{f \cdot \omega}{50 \cdot \Pi_{\text{б}} \cdot d} \quad (21)$$

где f – коэффициент крепости породы по шкале проф. М.М. Протодяконова; ω – частота вращения бурового става (об./мин) (табл. 1); d – диаметр коронки (м); Π_6 – показатель буримости породы.

Таблица 1

Основные рабочие параметры карьерных буровых станков

| Модель бурового станка | Коэффициент крепости буримых пород | Частота вращения бурового става, об./мин | Диаметр рабочего органа, мм | Работа единичного удара при работе пневмоударника, Дж | Число ударов пневмоударника в минуту |
|------------------------|------------------------------------|--|-----------------------------|---|--------------------------------------|
| СБР 160Б-32 | До 6 | 205 | 160 | - | - |
| СБР 200-24 | До 6 | 200 | 200 | - | - |
| СБШ-160/200-40 | 4-18 | 120 | 160; 171; 215 | - | - |
| СБШ-250-МНА-32 | 6-18 | 120 | 250 | - | - |
| СБШ-250-МНА-32 | 4-20 | 120 | 250, 270, 295, 311 | - | - |
| СБШ-320-36 | 16-18 | 150 | 320 | - | - |
| СБУ-125 | 14-16 | - | 125 | 140 | 1260 |
| СБУ-160 | 14-16 | - | 160 | 175 | 1700 |
| СБУ-200 | 14-16 | - | 200 | 205 | 2500 |

Техническая скорость бурения скважин станками с резцовыми коронками (м/мин):

$$v_{сб} = \frac{f \cdot \omega}{6 \cdot \Pi_6^2 \cdot d} \quad (22)$$

Техническая скорость бурения скважин станками с погружным пневмоударником (м/мин):

$$v_{сб} = \frac{6 \cdot A_y \cdot n_y}{10^6 \cdot k_6 \cdot \Pi_6 \cdot d^2 \cdot k_\phi} \quad (23)$$

где A_y – работа единичного удара при использовании пневмоударника (Дж) (табл. 1); n_y – число ударов пневмоударника в минуту; k_ϕ – коэффициент, учитывающий форму коронки (при трехперых коронках $k_\phi = 1$, при крестовых $k_\phi = 1,1$); k_δ – коэффициент, учитывающий показатель буримости Π_δ , при $\Pi_\delta = 10-14$ $k_\delta = 1$; при $\Pi_\delta = 15-17$ $k_\delta = 1,05$; при $\Pi_\delta = 18-25$ $k_\delta = 1,1$.

Контрольные вопросы

1. С учетом чего определяется глубина буримых взрывных скважин?
2. Основное условие безопасного расположения бурового станка при бурении первого ряда скважин.
3. Методика определения количества бурового оборудования.

3. ВЫБОР И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРНОГО ЭКСКАВАТОРА

Цель занятия – ознакомление с методами выбора экскаватора и определения его эксплуатационной производительности.

Выбор экскаватора и определение параметров забоя

С целью обеспечения безопасной разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом принятая высота забоя одноковшового экскаватора не должна превышать максимальную высоту его черпания (табл.2).

Величина ширины экскаваторной заходки (м):

$$A = (1,5 \div 1,7) \cdot R_{ч,у} \quad (24)$$

где $R_{ч,у}$ – радиус черпания экскаватора на уровне стояния (м).

Выбор экскаватора и определение параметров забоя

Величина сменной эксплуатационной производительности экскаватора ($\text{м}^3/\text{смену}$):

$$Q_{эс} = \frac{3600 \cdot E \cdot T_{см} \cdot k_n \cdot k_{и}}{t_{ц} \cdot k_p} \quad (25)$$

где E – вместимость ковша экскаватора (м^3)(табл.2); $T_{см}$ – продолжительность рабочего времени смены (в соответствии с Трудовым кодексом РФ нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю) (ч); k_n – коэффициент наполнения ковша экскаватора(табл.3); $k_{и} = 0,6 \div 0,8$ – коэффициент использования экскаватора в течение смены; $t_{ц}$ – продолжительность рабочего цикла экскаватора (с)(табл.2); k_p – коэффициент разрыхления горной массы в ковше экскаватора при выемке из массива или развала (табл.4).

Типажный ряд механических лопат

| Модель экскаватора | Параметры | | | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| | Вместимость ковша, м ³ | Максимальные значения | | | | |
| | | Радиус черпания, м | Радиус черпания на уровне стояния, м | Высота черпания, м | Высота разгрузки, м | Радиус разгрузки, м |
| Карьерные электрические экскаваторы типа «механическая лопата» | | | | | | |
| ЭКГ-5А | 5 | 14,5 | 9 | 10,3 | 6,7 | 12,65 |
| ЭКГ-8И | 8 | 18,34 | 12 | 13,16 | 8,3 | 16,3 |
| ЭКГ-10 | 10 | 18,4 | 12,6 | 13,5 | 8,6 | 16,3 |
| ЭКГ-12 | 12 | 21 | 14,3 | 15 | 10 | 18,5 |
| ЭКГ-15 | 15 | 22,6 | 15,6 | 16,4 | 10 | 20 |
| Cat -7295 HD | 17,6 | 17,3 | 11,1 | 13 | 8,1 | 14,9 |
| ЭКГ-20А | 20 | 23,4 | 15,2 | 17 | 11,5 | 20,9 |
| Cat-7182 | 31 | 20,7 | 14,7 | 15,6 | 8,4 | 17,5 |
| Карьерные гидравлические экскаваторы | | | | | | |
| Komatsu PC750-7 | 4,5 | 10,3 | 9,9 | 10,6 | 7,1 | 9 |
| Liebherr R9100 | 7 | 11 | 10,5 | 11,5 | 8,1 | 9,3 |
| Hitachi EX-1900-6 | 11 | 13,4 | 12,5 | 14,6 | 10,4 | 11,5 |
| Liebherr R 9350 | 18 | 14,5 | 13,7 | 17 | 11,2 | 11,7 |
| Hitachi EX-3600-6 | 23 | 15,2 | 13,9 | 16,3 | 10,9 | 13 |
| Komatsu PC5500-6 | 28 | 16,5 | 15 | 19,5 | 13,4 | 13 |
| Liebherr R9100 | 34 | 16,5 | 15,1 | 20 | 12,9 | 13,1 |
| Hitachi EX-8000-6 | 40 | 18,5 | 16,7 | 20,5 | 13,8 | 15,5 |

Таблица 3

Значения коэффициента наполнения ковша экскаватора в зависимости от вида разрабатываемых пород

| Порода | Коэффициент наполнения |
|---|------------------------|
| Слабо связные грунты, песок естественной влажности | 1,2 |
| Песок, гравий сухие | 1,1 |
| Породы средней связности (лёгкие суглинки) | 1,0 |
| Связные породы (тяжёлые суглинки) | 0,9 |
| Скальные породы мелкораздробленные, хорошо разрыхленные | 0,75 |
| Скальные породы с кусками 100-200 мм | 0,65 |
| Глина влажная пластичная | 0,6 |
| Скальные породы слаборазрыхленные с кусками 200 мм | 0,55 |

Таблица 4

Значения коэффициента разрыхления породы в ковше в зависимости от вида разрабатываемых пород

| Порода | Коэффициент разрыхления |
|--|-------------------------|
| Гравий сухой | 1,12 |
| Гравий влажный | 1,14 |
| Связные породы (грунты) с песком и гравием | 1,18 |
| Суглинок | 1,2 |
| Глина сухая, грунты сухие или влажные | 1,25 |
| Глина рыхлая | 1,3 |
| Глина плотная, пластичная или влажная | 1,33 |

Величина годовой эксплуатационной производительности экскаватора ($m^3/год$):

$$Q_{эс} = Q_{эс} \cdot n_{см} \quad (26)$$

где $n_{см}$ – количество смен работы экскаватора в год.

Контрольные вопросы

1. Основной критерий для выбора карьерного экскаватора по условиям безопасности.
2. Как определяется ширина заходки экскаватора?
3. Как определяется эксплуатационная производительность экскаватора?

4. ВЫБОР И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Цель занятия – ознакомление с методами выбора автосамосвала и определения его эксплуатационных показателей.

Выбор автосамосвала и определение параметров транспортной бермы

Выбор автосамосвала производится на основании величины вместимости ковша экскаватора. Для расстояний транспортирования на карьерах до 4÷4,5 км оптимальное отношение объема кузова к вместимости ковша экскаватора - 3÷4. При длинах транспортирования свыше 5 км это отношение составляет 4÷5 и свыше 10 км – 5÷6. Технические характеристики автосамосвалов, применяемых при ведении открытых горных работ приведены в табл.5.

$$n = \frac{V_{\text{ар}}}{E} = 3 \div 6 \quad (27)$$

где $V_{\text{ар}}$ – геометрический объём кузова автосамосвала (м^3) (табл.5); E – вместимость ковша экскаватора (м^3).

Возможность перевозки установленного объема горной массы выбранной моделью автосамосвала по грузоподъемности:

$$G_{\text{т}} \geq G_{\text{ф}} = \frac{V_{\text{ар}} k_{\text{н}}}{k_{\text{р}}} \gamma \quad (28)$$

где $G_{\text{т}}$ – техническая грузоподъемность автосамосвала (т); $G_{\text{ф}}$ – вес фактически перевозимого автосамосвалом груза (т); γ – плотность пород вскрыши в массиве или полезного ископаемого; $k_{\text{н}}=0,9 \div 1,05$ – коэффициент наполнения кузова автосамосвала; $k_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления пород при погрузке.

Технические характеристики автосамосвалов

| Автосамосвал | Основные показатели | | | | |
|---------------|--------------------------|-----------|-------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| | Мощность двигателя (кВт) | Масса (т) | Погрузочная высота (мм) | Грузо-подъёмность (т) | Габариты (длина, ширина, высота) (мм) |
| БелАЗ-540А | 265 | 21 | 3255 | 27 | 7250*3480*3580 |
| KomatsuND405 | 379 | 32 | 3860 | 40 | 8365*4150*4525 |
| БелАЗ-7509 | 772 | 67,5 | 4550 | 75 | 10250*5360*4790 |
| Komatsu ND785 | 895 | 72 | 4285 | 91 | 10490*5660*5050 |
| БелАЗ-7519 | 956 | 85 | 4600 | 110 | 11250*6100*5130 |
| EuclidR170 | 1190 | 101 | 5300 | 154 | 11900*6650*5690 |
| KomatsuND1500 | 1109 | 105 | 4965 | 141,1 | 11370*5980*5850 |
| Unit-Rig M200 | 1820 | 144 | 5510 | 180 | 14630*7800*6450 |
| KomatsuND830 | 1865 | 158 | 6710 | 231 | 14150*7290*6710 |

Автомобильная транспортная берма состоит из следующих элементов (м):

$$B_{\text{атб}} = c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + c_5 + c_6 \quad (29)$$

где $c_1 = 0,5 \div 2,5$ м - закуветная полка или обрез, зависит от физико-механических свойств пород вышележащего уступа; $c_2 = 0,5 \div 2,5$ м - ширина кювета или лотка поверху, учитывает гидравлический расчет на пропуск максимально-возможного суточного притока воды; $c_3 = 1,75 \div 3,75$ м - ширина обочины автодороги, учитывает расположение объектов у дороги и ее категорию; c_4 - ширина проезжей части дороги, принимается в зависимости от: числа полос движения, габаритов автомобилей, категории автодороги (м); c_5 - ширина предохранительного вала (м); $c_6 = 2$ м - призма возможного обрушения откоса уступа.

$$c_4 = n_{\text{пд}} \cdot b_{\text{ас}} + 1,35 \quad (30)$$

где $n_{\text{пд}}$ – количество полос движения; $b_{\text{ас}}$ - ширина автосамосвала (м).

$$c_5 = 2h_{\text{пв}} \cdot \text{ctg } \alpha_{\text{пв}} \quad (31)$$

где $h_{\text{пв}}$ – высота предохранительного вала (м), для автомобилей грузоподъемностью более 10 т высота вала составляет не менее 1 м; $\alpha_{\text{пв}} = 45^\circ$ - угол откоса насыпи вала.

Определение производительности карьерного автосамосвала

Продолжительность рейса автосамосвала (ч):

$$T_{\text{р}} = \frac{1}{60} \cdot (t_{\text{п}} + t_{\text{р}} + t_{\text{дв}} + t_{\text{м}}) \quad (32)$$

где $t_{\text{п}}$ – продолжительность погрузки автосамосвала (мин); $t_{\text{р}}$ – продолжительность разгрузки автосамосвала (мин); $t_{\text{дв}}$ – продолжительность движения груженого и порожнего автосамосвала (мин); $t_{\text{м}}$ – продолжительность маневровых операций и ожидания за рейс (мин).

$$t_{\text{п}} = \frac{V_{\text{ар}} \cdot t_{\text{ц}}}{60 \cdot E \cdot k_3} \quad (33)$$

где $t_{\text{ц}}$ – продолжительность рабочего цикла экскаватора (с); k_3 – коэффициент экскавации.

Коэффициент экскавации:

$$k_3 = \frac{k_{\text{н}}}{k_{\text{р}}} \quad (34)$$

Продолжительность движения груженого и порожнего автосамосвала (мин):

$$t_{\text{дв}} = t_{\text{гр}} + t_{\text{пор}} = k_{\text{раз}} \cdot \left(\frac{60 \cdot L_{\text{гр}}}{v_{\text{гр}}} + \frac{60 \cdot L_{\text{пор}}}{v_{\text{пор}}} \right) \quad (35)$$

где $t_{\text{гр}}$ – продолжительность движения груженого автосамосвала; $t_{\text{пор}}$ – продолжительность движения порожнего автосамосвала; $k_{\text{раз}} = 1,1$ – коэффициент учитывающий разгон и торможение самосвала; $L_{\text{гр}}$ и $L_{\text{пор}}$ – длина пути в грузовом и порожнем направлениях соответственно; $v_{\text{гр}} = 30 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ и $v_{\text{пор}} = 40 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ – скорость движения груженого и порожнего автосамосвала соответственно;

Эксплуатационная производительность автосамосвала:

$$Q_{\text{а}} = \frac{V_{\text{ар}} \cdot k_{\text{тг}} \cdot T_{\text{см}}}{T_{\text{р}}} \quad (36)$$

где $k_{\text{тг}}$ – коэффициент использования грузоподъемности; $T_{\text{см}}$ – продолжительность рабочей смены (ч);

Количество автосамосвалов, необходимых для обслуживания экскаватора:

$$N_a = \frac{T_p}{t_n} \quad (37)$$

Величина суточного грузооборота карьера по горной массе (т/сутки):

$$G_{\text{кc}} = \frac{A_{\text{гм}}}{N_{\text{га}}} \quad (38)$$

где $A_{\text{гм}}$ – годовая производительность карьера по горной массе ($\text{м}^3/\text{год}$); $N_{\text{га}}$ – количество суток работы автотранспорта в год.

Величина рабочего парка автосамосвалов, обеспечивающего суточный грузооборот карьера:

$$N_{\text{ра}} = \frac{G_{\text{кc}} \cdot k_{\text{нер}}}{Q_a \cdot n_{\text{см}}} \quad (39)$$

где $G_{\text{кc}}$ – суточный грузооборот карьера по горной массе; $k_{\text{нер}} = 1,1$ – коэффициент неравномерности работы автотранспорта; $n_{\text{см}}$ – количество смен работы экскаватора в сутки.

Величина инвентарного (списочного) парка автосамосвалов:

$$N_{\text{ас}}^{\text{сп}} = N_{\text{ра}} \cdot n_{\text{сп}} \quad (40)$$

где $n_{\text{сп}} = 1,15$ – коэффициент резерва автосамосвалов.

Контрольные вопросы

1. Основной критерий для выбора автосамосвала по условию эффективной погрузки.
2. Основные элементы автомобильной транспортной бермы.
3. Как определяется эксплуатационная производительность автосамосвала?

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Цель занятия – ознакомление с методами определения основных эксплуатационных затрат и себестоимости добычи полезного ископаемого.

Расчет основных эксплуатационных затрат при ведении открытых горных работ

Расчет амортизационных отчислений на оборудование, задействованное на открытых горных работах (руб.)

$$З_A = \sum A_o = \sum S \cdot N_A \quad (41)$$

где A_o – амортизационные отчисления по каждому виду горного оборудования (руб.); S – стоимость оборудования, руб.; $N_A = \frac{100\%}{T_3}$ – норма амортизации, (%/год); T_3 – предельный срок эксплуатации горного оборудования (лет)(7-10 лет для автосамосвала, 10-15 лет для экскаватора).

Расчет затрат горного предприятия на электроэнергию (руб.)

$$З_э = \sum Q_E \cdot Ц_{кВт} \quad (42)$$

где $Ц_{кВт}$ – стоимость 1 кВт электроэнергии (руб./кВт); Q_E - годовое потребление электроэнергии горным оборудованием (кВт/год).

$$Q_E = Э \cdot T_{см} \cdot K_{и} \cdot N_{см} \quad (43)$$

где $Э$ – энерговооруженность оборудования (кВт/час).

Расчет затрат горного предприятия на топливо и смазочные материалы

Годовой расход топлива (л/год):

- Автотранспорт

$$Q_{год} = L_{ср} \cdot R \cdot N_{см} \cdot P_T \quad (44)$$

где $L_{ср} = 2 \cdot L$ – среднее преодолеваемое расстояние автосамосвалом за один рейс (км)[L – расстояние от забоя до пункта разгрузки автосамосвала (км)]; P_T – средний расход топлива для автосамосвала (л/100км).

- Выемочно-погрузочное и другое оборудование

$$Q_{\text{год}} = T_{\text{см}} \cdot N_{\text{см}} \cdot K_{\text{и}} \cdot P_{\text{т}} \quad (45)$$

где $P_{\text{т}}$ – среднечасовой расход топлива оборудования (л/час).

Затраты на топливо

$$З_{\text{т}} = \sum Q_{\text{год}} \cdot Ц_{\text{т}}, \text{ руб.} \quad (46)$$

где $Ц_{\text{т}} = 40$ руб./л – стоимость 1 литра топлива.

Расход на смазочные материалы в среднем горным предприятиям составляет 10% от суммы затрат на топливо.

Расчет затрат горного предприятия на фонд оплаты труда

$$З_{\text{фот}} = \sum З_{\text{п}} + C_{\text{отч}} \quad (47)$$

где $\sum З_{\text{п}}$ – суммарная годовая заработная плата, руб./год; $C_{\text{отч}}$ – социальные отчисления

Расчет себестоимости добычи полезного ископаемого

$$\text{Себестоимость добычи полезного ископаемого (руб./т)} \quad (48)$$

где $A_{\text{пи}}$ – годовая производительность карьера по полезному ископаемому (т/год)

$$C_{\text{пи}} = \frac{\sum З}{A_{\text{пи}}} = \frac{З_{\text{а}} + З_{\text{э}} + З_{\text{т}} + З_{\text{фот}}}{A_{\text{пи}}}$$

Контрольные вопросы

1. Что входит в основные эксплуатационные затраты на ведение открытых горных работ?
2. Что входит в фонд оплаты труда предприятия?
3. Как определяется себестоимость добычи полезного ископаемого?

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основной

1. *Арсентьев А.И.* Разработка месторождений твёрдых полезных ископаемых открытым способом // СПб: СПГГИ(ТУ), 2009. - 137 с.
2. *Ермолаев В.А.* Основы горного дела (открытые горные работы): учебное пособие // Кемерово: КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, 2012. — 66 с.
3. *Иванов В.В.* Введение в специализацию «Открытые горные работы»: учебное пособие // СПб: СПГУ, 2019. – 68 с.
4. *Фомин С.И.* Открытые горные работы / С.И. Фомин, Д.Н. Лигоцкий // М.: ФГУП НТЦ «ИНФОРМРЕГИСТР», 2015 - 268

Дополнительный

5. Справочник: Открытые горные работы / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Виноцкий и др. // М.: Горное бюро, 1994.
6. Правила оформления курсовых и квалификационных работ: Методические указания / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: И.О. Онушкина, П.Г. Талалай. СПб: 2016. - 58 с.
7. *Репин Н.Я.* Выемочно-погрузочные работы: учебное пособие / Н.Я. Репин, Л.Н. Репин // М.: Горная книга. 2012. – 267 с.
8. *Шпанский О.В.* Технология и комплексная механизация добычи нерудного сырья для производства строительных материалов / О.В. Шпанский, Ю.Д. Буянов // М.: Недра, 1996. – 461 с.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 3 |
| 1. Определение общих показателей трудности осуществления производственных процессов | 4 |
| Определение относительного показателя трудности бурения горной породы | 4 |
| Определение относительного показателя трудности экскавации горной породы | 4 |
| Определение относительного показателя трудности транспортирования горной породы | 7 |
| 2. Расчет параметров буровзрывных работ | 9 |
| Определение основных параметров скважинного заряда | 9 |
| Определение необходимого количества буровых станков | 10 |
| 3. Выбор и определение производительности карьерного экскаватора | 14 |
| Выбор экскаватора и определение параметров забоя | 14 |
| Выбор экскаватора и определение параметров забоя | 14 |
| 4. Выбор и определение производительности карьерных автосамосвалов | 17 |
| Выбор автосамосвала и определение параметров транспортной бермы | 17 |
| Определение производительности карьерного автосамосвала | 19 |
| 5. Определение себестоимости добычи полезных ископаемых | 22 |
| Расчет основных эксплуатационных затрат при ведении открытых горных работ | 22 |
| Расчет себестоимости добычи полезного ископаемого | 23 |
| Рекомендательный библиографический список | 24 |
| Основной | 24 |
| Дополнительный | 24 |

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛИЗАЦИЮ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов специальности 21.05.04*

Сост.: *В.В. Иванов*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
разработки месторождений полезных ископаемых

Ответственный за выпуск *В.В. Иванов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 10.12.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,5. Усл.кр.-отт. 1,5. Уч.-изд.л. 1,2. Тираж 50 экз. Заказ 1118.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2