МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Забайкальский государственный университет»

(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Факультет горный

Кафедра подземной разработки месторождений полезных ископаемых

**УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**для студентов заочной формы обучения**

по дисциплине «Горные машины подземных рудников»

для специальности 21.05.04Горное дело

направленность Подземная разработка рудных месторождений

Общая трудоемкость дисциплины (модуля)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Виды занятий | Распределение по семестрам в часах  | Всего часов |
| 9семестр | ----семестр | ----семестр |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Общая трудоемкость | 252 |  |  | 252 |
| Аудиторные занятия, в т.ч.: | 22 |  |  | 22 |
| лекционные (ЛК) | 10 |  |  | 10 |
| практические (семинарские) (ПЗ, СЗ) | 12 |  |  | 12 |
| лабораторные (ЛР) | - |  |  | - |
| Самостоятельная работа студентов (СРС) | 194 |  |  | 194 |
| Форма промежуточного контроля в семестре\* | Экзамен = 36 |  |  | Экзамен = 36 |
| Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП) |  |  |  |  |

**Краткое содержание курса**

|  |  |
| --- | --- |
| №Темы, раздела  | Наименование тем, разделов дисциплины  |
| 1 | 2 |
| **I.** | **Общие сведения о горных машинах и оборудовании.** |
| 1 |  **Общие сведения и классификация горных машин. Основы теории горных машин.**Классификация машин для подземной разработки месторождений полезных ископаемых по функциональному назначению. Виды производительности горных машин, типы проводимых ремонтов. Надежность горных машин, расчет основных показателей надежности, производительности и эффективности машин. |
| **II.** | **Машины и оборудование для бурения шпуров и скважин.** |
| 2 | **Способы и средства бурения шпуров и скважин.** Машины вращательного и ударного бурения.Пневматические перфораторы.Телескопные и колонковые перфораторы. Гидроперфораторы и буровой инструмент.Шахтные бурильные установки.Самоходные буровые станки и колонковые установки.Буровые станки с пневмоударниками. Станки шарошечного бурения. |
| **III.** | **Машины и комплексы для погрузки и транспортирования горной массы, крепления горных выработок и заряжания шпуров и скважин.** |
| 3 | **Машины и комплексы для погрузки и транспортирования горной массы.**Погрузочные машины. Локомотивный транспорт. Шахтные откаточные сосуды. Самоходные транспортные машины. Скреперные установки. Конвейерный транспорт. |
| 4 |  **Машины и механизмы для крепления горных выработок и заряжания шпуров и скважин.**Машины для возведения анкерной крепи, штучной крепи, обделки из сборных элементов, крепи из бетона, тампонажа и закладки. Зарядные устройства и машины эжекторного, нагнетательно-эжекторного и нагнетательного типов. |
| **IV.** | **Выемочные, проходческие машины, очистные комплексы и агрегаты.** |
| 5 |  **Выемочные, проходческие комбайны и комплексы.** Выемочные комбайны. Очистные комплексы и агрегаты для добычи полезных ископаемых.Проходческие комбайны. Проходческие комплексы для проведения горизонтальных и наклонных выработок.Проходческие комплексы для проведения восстающих.Проходческие комплексы для проведения вертикальных стволов шахт. |

**Форма текущего контроля**

**Контрольная работа часть 1:**  **Расчет буровых машин**

Расчет заданий контрольной работы производится по методикам приведенным ниже.

*Задание на контрольную работу* по сумме двух последних номеров зачетки (например: две последние цифры зачетки 32 вариант задания номер №5).

Задание 1. Эксплуатационный расчет шахтных бурильных установок

*Задание: Определить техническую скорость бурения, теоретическую, техническую и эксплуатационную сменную производительность шахтной бурильной установки. Расход материалов на бурение шпуров в смену.*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №вар. | Тип бурильнойустановки | Коэфф. крепости пород | Диаметр шпура D , мм | Глубина шпураL, м | Кол-во шпуров в забое, m |
|  | Boomer T1L | 20 | 41 | 2,0 | 32 |
|  | Boomer M1 | 18 | 41 | 2,0 | 42 |
|  | Boomer 282 | 16 | 41 | 2,0 | 52 |
|  | Boomer L2 | 14 | 41 | 2,0 | 62 |
|  | Boomer E3 | 12 | 41 | 2,0 | 72 |
|  | Boomer T1L | 11 | 45 | 3,0 | 65 |
|  | Boomer M1 | 13 | 45 | 3,0 | 55 |
|  | Boomer 282 | 15 | 45 | 3,0 | 45 |
|  | Boomer L2 | 17 | 45 | 3,0 | 35 |
|  | Boomer E3 | 19 | 45 | 3,0 | 27 |
|  | Boomer T1L | 12 | 56 | 2,5 | 64 |
|  | Boomer M1 | 10 | 56 | 2,5 | 58 |
|  | Boomer 282 | 16 | 56 | 2,5 | 44 |
|  | Boomer L2 | 14 | 56 | 2,5 | 36 |
|  | Boomer E3 | 16 | 56 | 2,5 | 32 |
|  | Boomer T1L | 9 | 43 | 3,4 | 62 |
|  | Boomer M1 | 11 | 43 | 3,4 | 58 |
|  | Boomer 282 | 13 | 43 | 3,4 | 54 |
|  | Boomer L2 | 15 | 43 | 3,4 | 53 |
|  | Boomer E3 | 17 | 43 | 3,4 | 51 |

***Расчет ударно-вращательного бурения гидроперфораторами с незави­симым вращением бура.***

Начальная механическая скорость бурения (мм/с) (перевести после расчета в м/мин) — скорость бурения первого метра шпура ударно-вращательными установками

  ,

где *А*—энергия удара перфоратора, Дж;

*п—*частота ударов, Гц;

*d*—диаметр шпура, мм;

 *f—* коэффициент крепости пород.

Теоретическая скорость бурения шпуров ударно-вращательной установкой (м/ч)

.

 Техническая скорость бурения (м/ч) шпуров

,

где  *kг —* коэффициент готовности 0,9;

*R —* число бурильных машин на установке;

*ko —* коэффициент од­новременности, *kо=* 1; 0,8; 0,7 при числе бу­рильных машин соответственно 1; 2; 3;

*υ*н— начальная механиче­ская скорость бурения шпуров, м/мин;

*υ*ох — скорость обратного хода бурильной головки, 16 (12-24) м/мин;

*Тз—*время замены резца (ко­ронки), 2 мин;

*В—* стойкость резца (коронки) на одну заточку, м;

*Тн—* время наведения бурильной машины с одного шпура на другой, 1 мин;

*Тзб—* время забуривания шпура (скважины), 2 мин;

*L—*глубина шпура, м.

Стойкость резца (коронки) на одну заточку, м;

;

где *qшт* – расход коронок на 1000м шпуров, кг (табл.1);

Здесь α—декремент затухания энергии силового импульса. Его величина зависит от глубины шпура или скважины, типа перфора­тора.

*Тип перфоратора ..... URA-475 гидроперфоратор*

 *Декремент затухания α . . 0,03 0,02*

Эксплуатационная производительность (м/смену) подсчитыва­ется исходя из длительности смены, затрат времени на подгото­вительно-заключительные операции и простои по организацион­ным причинам:

,

где *Тсм*—длительность смены, мин;

*Тпз*—время на подготови­тельно-заключительные операции, 20…40мин;

*Ton*—время организаци­онных простоев, 30 мин;

*Тп*—время перегона установки, 20…30 мин;

*т—*число шпуров в забое.

*Расход материалов на бурение шпуров в смену*

Расход буровых штанг, кг *Qшт* = 

Расход коронок, шт *Nкор* = 

где *qшт* - расход буровых штанг на 1000м шпуров, кг (*табл.1*);

 *nкор -* расход коронок на 1000м шпуров, шт (*табл.1*)

.

Таблица 1. Расход коронок буровой стали для пород различной крепости на 1000 м шпуров при ударно-вращательном бурении.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Коэффициент крепости пород | 6-8 | 8-10 | 10-12 | 12-14 | 14-16 | 16-18 | 18-20 |
| Число коронок при диа­метре шпура: |  |  |  |  |  |  |  |
| 40мм | 17 | 21 | 26 | 33 | 45 | 66 | 111 |
| 43мм | 19 | 24 | 30 | 38 | 52 | 76 | 130 |
| 46мм | 22 | 27 | 34 | 43 | 59 | 86 | 144 |
| Масса буровых штанг, кг | 30 | 45 | 65 | 90 | 135 | 165 | 330 |

Таблица 2. Техническая характеристика шахтных бу­рильных установок

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип установки | Boomer T1L | Boomer M1 | Boomer 282 | Boomer L2  | Boomer E3 |
| Глубина бурения шпуров, м | 4,015 | 6,14 | 4,625 | 6,14 | 6,14 |
| Площадь обуриваемого забоя, м2 | 6-20 | 8-34 | 8-45 | 15-104 | 20-137 |
| Число бурильных машин | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| Тип бурильной головки | COP 1238 | COP 1638 | COP 1638 | COP 1838МЕ | COP 1838МЕ |
| Тип ходовой части | Пневмокол. | Пневмокол. | Пневмокол. | Пневмокол. | Пневмокол. |
| Мощность электропривода, кВт | 79 | 83 | 125 | 158 | 273 |
| Дизельный двигатель, кВт | 58 | 120 | 58 | 120 | 173 |
| Основные размеры в транспортном положении, мм: |  |  |  |  |  |
| длина | 9651 | 13770 | 11830 | 14232 | 17402 |
| ширина | 1300 | 2245 | 1990 | 2550 | 2926 |
| высота  | 2700/2985 | 3019/2307 | 3000/2300 | 3091/2375 | 3664 |
| Масса, т | 11.0 | 17,8 | 18,3 | 27,0 | 41,2 |

Таблица 3. Технические характеристики гидравлических перфораторов **с**истемы COPROD

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип перфоратора** | **COP 1132** | **COP 1238** | **COP 1638** | **COP 1838МЕ** | **COP 2238** |
| Ударная мощность max, кВт | 11  | 15 | 16 | 18 | 22 |
| Энергия удара, Дж | 110 | 250 | 266 | 300 | 350 |
| Частота ударов, Гц | 100 | 60 | 60 | 60 | 73 |
| Рабочее давление, max, бар | 210 | 250 | 266 | 300 | 340 |
| Скорость вращения, об/мин | 0-320/500 | 0-300 | 0-190/310 | 0-210 | 0-210/ 275/340/460 |
| Рабочее давление вращателя, бар | 225 |  | 210 | 210 | 150/175 |
| Крутящий момент, max, Н м | 330/550 | 500 | 520/660 | 545/740 | 430/545/700/740 |
| Масса (с хвостовиком), кг  | 75 | 151 | 170 | 170 | 170 |
| Длина (без хвостовика), мм  | 735 | 1002 | 1008 | 1008 | 1008 |
| Диаметр бурения, мм | 33-51 |  | 38-76 | 38-76 | 41-76 |

Задание 2. Эксплуатационный расчет буровых станков с перфораторами.

*Задание: Определить техническую скорость бурения, теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность шахтного бурового станка. Расход материалов, воды, сжатого воздуха на смену.*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №вар. | Тип бурового станка | Тип перфоратора | Коэфф. крепости пород | Диаметр скважины D , мм | Глубина скважинL, м | Кол-во скважин в веере, m |
|  | ПБУ-80М | ПК-75А | 6 | 64 | 35 | 5 |
|  | SIMBA S7 D | COP1638 | 7 | 64 | 20 | 7 |
|  | SIMBA М3 | COP1838МЕ | 8 | 64 | 30 | 9 |
|  | SIMBA М6 | COP 2550 | 9 | 64 | 30 | 11 |
|  | DL 311 | HL510 | 10 | 51 | 30 | 13 |
|  | DL 421 | HL710 | 11 | 64 | 30 | 6 |
|  | ПБУ-80М | ПК-75А | 12 | 70 | 25 | 8 |
|  | SIMBA S7 D | COP1638 | 13 | 70 | 15 | 10 |
|  | SIMBA М3 | COP1838МЕ | 14 | 70 | 25 | 12 |
|  | SIMBA М6 | COP 2550 | 15 | 70 | 25 | 14 |
|  | DL 311 | HL710 | 16 | 70 | 25 | 15 |
|  | DL 421 | HL1060 | 17 | 70 | 25 | 13 |
|  | ПБУ-80М | ПК-75А | 15 | 76 | 10 | 11 |
|  | SIMBA S7 D | COP1638 | 16 | 89 | 20 | 9 |
|  | SIMBA М3 | COP1838МЕ | 17 | 89 | 20 | 6 |
|  | SIMBA М6 | COP 2550 | 18 | 89 | 20 | 14 |
|  | DL 311 | HL710 | 19 | 89 | 20 | 12 |
|  | DL 421 | HL1560T | 20 | 89 | 20 | 10 |
|  | ПБУ-80М | ПК-75А | 20 | 75 | 15 | 16 |
|  | SIMBA S7 D | COP1638 | 18 | 75 | 15 | 12 |

При ударно-вращательном бурении перфораторами с незави­симым вращением бура оптимальная частота вращения (с-1) бу­рового инструмента

 *пвр*  = 145/*d*,

где *d—*диаметр скважины, мм.

Формула справедлива при 35< *d* <80 мм.

Практика показывает, что пневматические бурильные головки ударно-вращательного действия целесообразно эксплуатировать на повышенном давлении сжатого воздуха (0,6—0,7 МПа). Увеличе­ние давления на 0,1 МПа позволяет увеличить механическую ско­рость бурения на 20 %.

Начальная механическая скорость бурения (мм/с) (перевести после расчета в м/мин) — скорость бурения первого метра скважины ударно-вращательными установками

,

где *А*—энергия удара перфоратора, Дж;

*п—*частота ударов, Гц;

d—диаметр скважины, мм;

 f—коэффициент крепости пород.

При бурении перфораторами глубоких взрывных скважин необходимо учитывать уменьшение скорости бурения с глубиной скважины и время на производство спускоподъемных операций.

Механическая скорость бурения υ (м/мин) перфоратором на глубине скважины L находится по формуле



где υ0 - начальная механическая скорость бурения, м/мин;

 α - показатель потери скорости бурения с глубиной скважины, идентичен декременту затухания энергии силового импульса;

 L - глубина скважины на которой ведется бурение, м.

Перфораторы с независимым вращением и большой массой поршня имеют α наименьшие.

Тип перфоратора ПП54В ВВС-53 ПК60А ПК75А URA-475 гидроперфоратор

 Декремент затухания α . 0,24 0,062 0,05 0,04 0,03 0,02

Средняя скорость бурения скважины на интервале 0 - *L*:

*,*

 Время бурения скважины до глубины *L*

*,*

Время бурения 1 м скважины до глубины *L*

*.*

Бурение скважин мощными колонковыми перфораторами сопровождается производством вспомогательных операций, таких, как свинчивание и развинчивание бурового става, замена долота, забуривание скважины, установка податчика на новую скважину.

Теоретическая скорость бурения скважин буровым станком

.

 Техническая скорость бурения (м/ч) скважин буровым станком

,

где  *kг —* коэффициент готовности 0,9;

*R —* число бурильных машин на установке;

*ko —* коэффициент од­новременности, *kо=* 1; 0,8; 0,7 при числе бу­рильных машин соответственно 1; 2; 3.;

*υ*0— начальная механиче­ская скорость бурения скважины, м/мин;

α - показатель потери скорости бурения с глубиной скважины, идентичен декременту затухания энергии силового импульса;

 L - глубина скважины, м.

Тз—время замены долота, 4,2 мин;

В—стойкость долота на одну заточку (около 5 заточек на коронку), м;

tн,  tр - время навинчивания или развинчивания одной штанги, 2 мин;

l – длина буровой штанги, м;

Тнп—время наведения бурильной машины с одной скважины на другую, 5…12 мин;

Тзб— время забуривания скважины, 2 мин;

Коэффициент готовности



где *Т*—наработка на отказ;

*Тв*—время восстановления отказа.

Эксплуатационная производительность (м/смену) бурения скважин буровым станком будет зависеть от времени на перегонку станка на новый веер и от простоев по организационным причинам

,

где *Тсм*—длительность смены, мин;

*Тпз*—время на подготови­тельно-заключительные операции, 40мин;

*Ton*—время организаци­онных простоев, 30 мин;

*Тп*—время перегона установки, 30…165 мин;

*m* – число скважин в веере.

Таблица 1. Расход бурового инструмента и материалов на 1000 м скважин.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Коэффициент крепости пород | 10-12 | 12-14 | 14-16 |
| Крестовые коронки, шт: |  |  |  |
| диаметром 56мм | 10 | 17 | 22 |
| диаметром 65мм | 14 | 21 | 28 |
| Буровые штанги (длина 1000 мм) шт: |  |  |  |
| диаметром 32 мм | 9 | 23 | 46 |
| диаметром 38 мм | 7 | 26 | 38 |
| Соединительные муфты, шт | 18 | 36 | 46 |
| Хвостовики, шт | 1 | 2 | 4 |
| Сжатого воздуха, м3  | 80000 | 100000 | 128000 |
| Вода, м3 | 50 | 60 | 70 |

Таблица 2. Техническая характеристика буровых станков с пневмоперфораторами

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип станка (установки) | Буровые станки | Колонковые установки |
| ПБУ-80МБУ-80СА | СБ-1П | СБУ-55/85 | КБУ-50МБУ-50Н | КБУ-80БУ-80Н |
| Диаметр скважин, мм | 65…80 | 50…85 | 5,…85 | 52 и 65 | 65 и 75 |
| Глубина бурения скважин, м | 40 | 25 | 25 | 25 | 30 |
| Число бурильных машин | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Тип перфоратора | ПК-75А | ПК-75А | ПК-75А | ПК-60А | ПК-75А |
| Тип податчика | Винтовой | Пневматич. | Винтовой | Винтовой | Винтовой |
| Диаметр буровых штанг, мм | 38 | 32 | 38 | 25 | 38 |
| Длина буровых штанг, мм | 1220 | 1200 | 1000 | 1220 | 1220 |
| Размеры выработки, м | 2,8×2,8 | 2,8×2,8 | 2,5×2,5 | 2,5×2,5 | 2,5×2,5 |
| Скорость передвижения, км/ч | 1 | 5 | 2 | - | - |
| Давление в воздушной системе, МПа | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Давление в гидросистеме, МПа | 6 | 6,5 | 6,5 | 8…12 | 8…12 |
| Расход сжатого воздуха, м3/мин | 15 | 15 | 30 | 12 | 13 |
| Расход воды , л/мин | 25 | 25 | 40 | 20 | 25 |
| Основные размеры, мм: |  |  |  |  |  |
| длина | 3100 | 3100 | 3380 |  |  |
| ширина | 1860 | 1450 | 1350 |  |  |
| Высота в рабочем положении | 2600 | 2600 | 2250 |  |  |
| Высота в транспортном положении | 2000 | 1900 | 1500 | - | - |
| Масса, кг | 4000 | 3870 | 3200 | 430 | 570 |

Таблица 3. Технические характеристики колонковых перфораторов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип перфоратора | ПК60А | ПК75А |
| Масса, кг | 60 | 75 |
| Длина, мм | 600 | 700 |
| Диаметр поршня, мм | 110 | 125 |
| Ход поршня, мм | 40 | 55 |
| Расход воздуха, м3/мин | 9,1 | 13 |
| Частота ударов, с- | 45 | 37 |
| Энергия удара, Дж | 95 | 176 |
| Мощность, кВт | 5,25 | 8,1 |
| Крутящий момент, Н м | 160 | 255 |
| Диаметр коронки, мм | 40-65 | 45-85 |
| Максимальная глубина бурения, м | 25 | 50 |
| Диаметр воздушного шланга, мм | 32 | 38 |
| Диаметр водяного шланга, мм | 18 | 18 |
| Осевое усилие подачи, Н | 8000 | 10000 |

Таблица 4. Техническая характеристика буровых станков с гидроперфораторами

|  |  |
| --- | --- |
| Тип станка (установки) | Буровые станки |
| SIMBA S7 D | SIMBA М3 | SIMBA М6 | DL 311 | DL 421 |
| Диаметр скважин, мм | 51…89 | 51…89 | 51…89 | 64-89 | 64-102 |
| Глубина бурения скважин, м | 20 | 51 | 51 | 38 | 54 |
| Число бурильных машин | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Тип перфоратора | COP1638, СОР1838МЕ | СОР 1838МЕ, COP 2550 | СОР 1838МЕ, COP 2550 | HL510HL710 | HL710HL1060HL1560T |
| Тип податчика | BMH 6804 | BMH 214 | BMH 214 | LF704 | LF1604 |
| Диаметр буровых штанг, мм |  |  |  | 38-45 |  |
| Длина буровых штанг, мм | 1220 (1525) |  | 1220 (1525; 1830) | 1035 |  |
| Размеры выработки, м | 5,17×5,87 | 4,91×7,44 | 5,65x8,52 | 3,0×3,0 | 3,24×3,24 |
| Скорость передвижения, км/ч | 12 | 15 | 15 | 12 | 15 |
| Установленная мощность двигателей, кВт | 55 | 120 | 120 | 73 | 80, 102, 119 |
| Основные размеры, мм: |  |  |  |  |  |
| длина | 9470 | 10500 | 10500 | 11415 | 11250 |
| ширина | 2000 | 2380 | 2210 | 1990 | 3045 |
| Высота в рабочем положении | 28000 | 2965 | 2945 | 2970 | 2675 |
| Высота в транспортном положении | 2100 | 2875 | 3200 | 2670 | 3050 |
| Масса, кг | 11800 | 17000 | 20900 | 15500 | 22000 |

Таблица 5. Технические характеристики гидравлических перфораторов **с**истемы COPROD

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип перфоратора** | **COP 1132** | **COP 1238 МЕ** | **COP 1638** | **COP 1838МЕ** | **COP 2550** |
| Ударная мощность max, кВт | 11  | 15 | 16 | 18 | 25 |
| Энергия удара, Дж | 110 | 240 | 267 | 330 | 570 |
| Частота ударов, Гц | 100 | 60 | 60 | 60 | 42-55 |
| Рабочее давление, max, бар | 210 | 250 | 266 | 300 | 340 |
| Скорость вращения, об/мин | 0-320/500 | 0-300 | 0-190/310 | 0-210 | 0-140 |
| Рабочее давление вращателя, бар | 225 |  | 210 | 210 | 210 |
| Крутящий момент, max, Н м | 330/550 | 500 | 520/660 | 545/740 | 1380 |
| Масса (с хвостовиком), кг  | 75 | 151 | 170 | 170 |  |
| Длина (без хвостовика), мм  | 735 | 1002 | 1008 | 1008 |  |
| Диаметр бурения, мм | 33-51 | 33-89 | 38-76 | 38-76 | 76-115 |

Таблица 6. Технические характеристики гидравлических перфораторов **с**истемы HLX

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип перфоратора** | **HLX5** | **HL510** | **HL710** | **HL1060** | **HL1560T** |
| Ударная мощность max, кВт | 20 | 16 | 19,5 | 25 | 33 |
| Энергия удара, Дж | 330 | 267 | 350 | 417 | 500 |
| Частота ударов, Гц | 67 | 59 | 45-52 | 33-38 | 30-40 |
| Рабочее давление, max, бар | 120-220 | 120-175 | 100-190 | 90-160 | 90-200 |
| Скорость вращения, об/мин |  | 0-250 | 0-180 |  |  |
| Рабочее давление вращателя, бар | 175 | 175 | 200 | 160 | 200 |
| Крутящий момент, max, Н м | 400 | 470-750 | 1335 | 2115-2540 | 1710-2330 |
| Масса (с хвостовиком), кг  | 210 | 130 | 245 | 470 | 470-490 |
| Длина (без хвостовика), мм  |  |  | 1035 |  |  |
| Диаметр бурения, мм | 43-64 | 43-51 | 64-115 | 89-152 | 89-152 |

**Задание 3. Эксплуатационный расчет буровых станков с погружными пневмоударниками**

*Задание: Определить начальную скорость бурения, теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность бурового станка с пневмоударником. Расход материалов, воды, сжатого воздуха на бурение скважи.*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №вар. | Тип станка | Тип пневмоударника | Коэфф. крепости пород | Глубина скважиныL, м | Кол-во скважин, m |
|  | НКР-100МА | ПП-105-2.4 | 14 | 35 | 10 |
|  | НКР-100МВА | ПП-105-2.4 | 14 | 70 | 8 |
|  | НКР-100МПА | ПП-105-2.4 | 14 | 35 | 6 |
|  | НКР-100МПВА | ПП-105-2.4 | 14 | 70 | 4 |
|  | НКР-100МА | ПП-105-2.2 | 16 | 40 | 11 |
|  | НКР-100МВА | ПП-105-2.2 | 16 | 75 | 9 |
|  | НКР-100МПА | ПП-105-2.2 | 16 | 40 | 7 |
|  | НКР-100МПВА | ПП-105-2.2 | 16 | 75 | 5 |
|  | НКР-100МА | ПП-105-2.4 | 9 | 43 | 14 |
|  | НКР-100МВА | ПП-105-2.4 | 9 | 67 | 12 |
|  | НКР-100МПА | ПП-105-2.4 | 9 | 33 | 10 |
|  | НКР-100МПВА | ПП-105-2.4 | 9 | 71 | 8 |
|  | НКР-100МА | ПП-105-2.2 | 11 | 31 | 15 |
|  | НКР-100МВА | ПП-105-2.2 | 11 | 73 | 13 |
|  | НКР-100МПА | ПП-105-2.2 | 11 | 27 | 11 |
|  | НКР-100МПВА | ПП-105-2.2 | 11 | 57 | 9 |
|  | НКР-100МА | ПП-105-2.4 | 6 | 15 | 4 |
|  | НКР-100МВА | ПП-105-2.4 | 6 | 50 | 6 |
|  | НКР-100МПА | ПП-105-2.4 | 6 | 15 | 8 |
|  | НКР-100МПВА | ПП-105-2.4 | 6 | 50 | 10 |

 Производительность буровых станков с погружными пневмоударниками определяется механи­ческой скоростью бурения бурильной машины, затратами времени на спуско-подъемные операции, стойкостью долота, числом скважин, временем, затрачиваемым на перестановку станка.

Начальную механическую скорость бурения скважин с пневмоударниками (мм/с) (после расчета перевести м/мин) можно определить по формуле

,

где *А –* энергия удара, Дж;

 *n –* частота ударов, с-1;

 *d –* диаметр долота, мм;

 *f* *-* коэффициент крепости пород.

Механическая скорость бурения пневмоударниками на заданной глубине скважины *L,* м/мин

.

где *β* – коэффициент падения скорости бурения с глубиной скважины; β=0.0004 мин-1;

 *L –* глубина скважины, м.

 Средняя скорость бурения скважин до их глубины *L,* м/мин

.

 Время бурения скважины, мин

*.*

Время бурения 1 м скважины, мин/м

*.*

Теоретическая производительность станка (м/ч)

*.*

Техническая производительность, м/ч

,

где *Кг –* коэфф. готовности станка 0.9;

*β* – коэффициент падения скорости бурения с глубиной скважины; β=0.0004 мин-1;

*υ*0— начальная механиче­ская скорость бурения скважины, м/мин;

L - глубина скважины, м.

 *tн*  - время навинчивания одной штанги, (0,5…1) 2 мин;

 *tР* - время развинчивания одной штанги, (0,9…1,6) 2 мин;

l – длина буровой штанги, м;

 *TЗ*  - время замены долота, (1..5) 16 мин;

*В –* стойкость долота на одну заточку, м;

*Tнп*  - время наведения станка на скважину, (2…6) 10…30 мин;

 *Tзб*  - время забуривания скважины, (0,5…1,5) 3 мин.

Эксплуатационная производительность станка



где *Tсм*  - время длительность смены, мин;

*Tпз*  - время на подготовительно-заключительные операции, (10..25) 20…30 мин;

*Tоп*  - время организационных простоев, (30) 10 мин;

*Tп*  - время перемещения станка с одного веера (скважины при параллельном их расположении) на другой, 20..110 мин,

 *m* - число скважин в веере.

**Контрольная работа часть 2: Расчет рудничного транспорта**

Расчет заданий контрольной работы производится по методикам, приведенным ниже или более полно с примерами в учебном пособии Медведев В.В. Подземный транспорт рудников, - Чита: ЗабГУ, 2013. – 220 с.

*Задание на контрольную работу* по сумме двух последних номеров зачетки (на пример: две последние цифры зачетки 32 вариант задания №5 номер).

**Задание 1. Эксплуатационный расчет локомотивного транспорта**

 Рассчитать число вагонеток в составе, скорости движения составов на отдельных участках пути, потребное количество вагонеток и электровозов, пропускную способность электровозного транспорта.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Тип электровоза | Тип вагонетки | Грузопоток участка Q, т/см | Длина участка пути L,м | Насыпная плотность руды, т /м3  |
|  | 7КР-1У | ВГ-2,0 | 460 | 1050 | 1,8 |
|  | К-10 | ВГ-2,2 | 830 | 2520 | 2,0 |
|  | К-14 | ВГ-9А | 1620 | 2650 | 1,6 |
|  | 2КТ-28 | ВГ-4,5А | 2100 | 2840 | 2,4 |
|  | 5АРВ-2М | ВГ-1,2 | 540 | 3100 | 1,6 |
|  | АРП-7 | ВГ-2,0 | 480 | 1600 | 2,2 |
|  | АРП-10 | ВГ-2,2 | 620 | 4800 | 2,1 |
|  | АРП-14 | ВГ-4,5А | 1200 | 2400 | 2,0 |
|  | К-10 | ВГ-2,2 | 840 | 2640 | 1,9 |
|  | КТ-14 | ВГ-4,5А | 1400 | 3200 | 1,8 |
|  | 7КР-1У | ВГ-1.2 | 320 | 1560 | 1,7 |
|  | 7КР-1У | ВГ-2.0 | 680 | 1330 | 2,0 |
|  | К-10 | ВГ-2.0 | 620 | 1420 | 2,1 |
|  | КТ-14 | ВГ-4.5А | 840 | 2150 | 2,3 |
|  | АРП-7 | ВГ-1.2 | 450 | 1860 | 1,9 |
|  | АРП-10 | ВГ-2.0 | 960 | 2320 | 2,1 |
|  | АРП-14 | ВГ-2.2 | 1050 | 2460 | 2,2 |
|  | АРП-28 | ВГ-4,5А | 1120 | 2800 | 2,3 |
|  | 7КР-1У | ВГ-2,2 | 530 | 2400 | 2,1 |
|  | К-10 | ВГ-2,0 | 550 | 2720 | 2,2 |

**Эксплуатационный расчет локомотивного транспорта**

В общем виде расчет параметров электровозной откатки в зави­симости от размера грузопотока, протяженности и назначения горной выработки сводится к определению величины состава поезда и числа вагонеток (секций) в составе; числа и производительности электро­возов, числа аккумуляторных батарей и зарядных столов (при откат­ке аккумуляторными электровозами); параметров зарядной и тяговой подстанций (выбирается тип оборудования и определяется его мощ­ность); параметров контактной сети (для контактных электровозов); расхода электроэнергии на электровозную откатку.

Исходными данными для проектирования являются: план и про­филь пути всех откаточных выработок, включая околоствольный двор и места погрузки или составления поездов; число, производитель­ность и местонахождение погрузочных пунктов; сменный грузопоток от добычных и подготовительных участков; способ организации откатки. При проектировании средний уклон откаточных путей принимают обычно равным *i*=3…5 0/00, в сторону околоствольного двора.

Средневзвешенное значение уклона *iсв*, находят по формуле

 ,

где *i1,i2,in* - спрямленный уклон каждого из маршрутов, 0/00;

 *L1,L2,Ln*- длина откатки каждого из маршрутов, м

Средневзвешенная длина откатки *Lсв*, м, определяется из выра­жения



где A1,A2,An- грузопоток на каждом из маршрутов, т/смену.

Сменная производительность откатки A, т/смену, принимается равной сумме всех грузопотоков

 *А=А1+А2+…+Аn*.

Допустимую массу поезда G, т, определяют по условию трогания состава с места и по условию сцепления колес электровоза с рель­сами при движении с установившейся скоростью, принимая наименьшее из полученных значений. Масса поезда *G* определяется через вес поезда *Q*, с которым она связана соотношением *G*=*Q*/*g* (где *g*=9,81 м/с2 – ускорение свободного падения).

В общем виде вес поезда *Q*, кН, по условию трогания состава с места вычисляется по формуле

, (1.4)

где *Р*  - масса электровоза, т;

*ψ* - коэффициент сцепления колес с рельсами, принимается по табл. 1;

*ωг(п)* – основное удельное сопротивление движению груженых (порожних) вагонеток, Н/кН, принимается по табл.2.;

*ωкр* – дополнительное удельное сопротивление вагонетки от движения в кривой, *ωкр* =70/R (где R – радиус закругления) или принимается равным 1,5…2,5 Н/кН;

*ic* – спрямленный откаточный уклон (знак «-» ставится при спуске, знак «+» ставится при подъеме), 0/00;

*amin –* минимальное ускорение поезда при трогании с места 0,03…0,05 м/с2.

Таблица 1. *Значения расчетных коэффициентов сцепления ψ при движении*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика пути | Без подсыпки песка | С подсыпкой песка |
| Чистые сухие рельсы | 0,17-0,18 | 0,18-0,24 |
| Влажные практически чистые рельсы:на рудникахна угольных шахтах | 0,12-0,170,09-0,13 | 0,17-0,20 |
| Мокрые, покрытые грязью рельсы:на рудникахна угольных шахтах | 0,09-0.120,07-0,08 | 0,12-0,16 |

Таблица 2. *Значение удельного основного сопротивления движению шахтных вагонеток, Н/кН*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вместимостьвагонетки, м3 | Груженых, *ωг* | Порожних*ωn* |
| при плотности транспортируемого материала γ,т/м3 |
| 1,6 | 1,8 | 2,5 |
| До 1,6 | 9 | 8 | 7 | 11 |
| До 2,5 | 8 | 7 | 6 | 10 |
| До 4,5 | 7 | 6 | 5 | 8 |
| До 9,5 | 6 | 5 | 4 | 6 |

Допустимый вес поезда принимается по минимальным значениям, полученным по вышеприведенным формулам.

Число вагонеток в составе:

* порожнем *zn=Qn min / (q0* ·*g) ;*
* груженом *z*г*=Q*г *min / ((q+q0)g),*

*где Qn min,, Q*г *min* –минимальное значение веса соответственно порожнего и груженого составов, кН;

 *q0 –* масса вагонетки, т;

*q –* масса груза *q* = *kз* · *V · ϕ* , т;

 *kз* – коэффициент заполнения вагонетки (для проектируемых шахт *kз* =1);

*V* – вместимость вагонетки, м3;

ϕ - плотность транспортируемого груза, т/м3.

 Число вагонеток в груженом и порожнем составах принимают одинаковым, округляя *zn* и *z*г до ближайшего меньшего целого числа.

Предварительно выбранную массу поезда проверяют по условиям нагрева тяговых двигателей и обеспечению тормозного пути.

Критерием проверки массы поезда по нагреву тяговых двигате­лей является величина эффективного тока *Iэф*, А, значение которого, обеспечивающее нормальную работу тяговых двигателей, не должно превышать значение длительного тока *Iдл*, А, т.е. *Iэф* *≤ Iдл*.

Длительный ток находится от величины часового тока *Iдл=(0,4-0,45) Iч,* значение часового тока берется из технической характеристики электровоза или находится по электромеханической характеристике тягового электродвигателя от часовой скорости *υч*.

Средний эквивалентный (эффективный) ток *Iэф*, А, определяется по следующей формуле

  ,

где α - коэффициент, учитывающий дополнительный нагрев двигателей при выполнении маневров (1,15…1,3 для контактных электровозов; 1,05…1,15 для аккумуляторных);

 *Iг, Iп* – токи двигателя соответственно при движении с груженым и порожним составами, А;

 *tг, tп -*  время движения соответственно груженого и порожнего составов, мин: *tг=60L/υг и tп=60L/υп*;

 *υг, υп  -* скорости движения соответственно в грузовом и порожняковом направлениях, км/ч;

 *T –* время рейса, мин.

 Время рейса , мин, определяется по формуле

 *T=tг+tп+θ1+θ2+θ3*,

где *θ1* – продолжительность нахождения электровоза (время маневров) в околоствольном дворе за цикл (15 мин - для вагонеток с глухим кузовом; 10 мин - с донной разгрузкой);

 *θ2* – продолжительность нахождения электровоза в пункте погрузки (10 мин для вагонеток с глухим кузовом и донной разгрузкой);

 *θ3* – продолжительность дополнительных остановок в местах пересечения транспортных магистралей, 5…10 мин.

Время загрузки состава при замене вагонеток локомотивом, мин

 *θ2* = *tпог⋅ z*г ,

где *tзаг* – время загрузки одной вагонетки, мин (табл. 3).

Таблица 3. *Продолжительность маневровых операций*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вместимость кузова вагонетки, м3 | Время загрузки одной вагонетки под люком, мин | Время разгрузки в опрокидывателе, мин |
| одной вагонетки | двух вагонеток |
| 0,7-0,81,22,24,59,5 | 1,01,251,52,03,0 | 0,50,50,580,670,83 | 0,670,670,750,83- |

Необходимые для расчета эффективного тока, значения токов двигателя с груженым и порожним составами *Iг,, Iп*, определяют по элект­ромеханическим характеристикам тяговых двигателей по силе тяги в грузовом и порожняковом направлениях *Fг* и *Fп,* приходящейся на один двигатель.

Таблица 4. *Величина длительного тока*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип электровоза | Часовой ток, А | Длительный ток, А | Тип двигателя |
| К4 | 50 | 22 | ДТН12/7 |
| 7КРМ1 | 145 | 62 | ДТН 33 |
| К10 | 145 | 62 | ДТН 33 |
| К14М | 204 | 85 | ДТН 45 |
| 28КР2М | 204 | 85 | ДТН 45 |
| А5,5 | 116 | 50 | ДРТ 10 |
| АРП7 (АРВ7) | 116 | 50 | ДРТ10 |
| АМ8Д (2АМ8Д) | 113 | 50 | ДРТ13М |
| АРП10Г | 113 | 50 | ДРТ13М |
| АРП14 | 150 | 65 | ДРТ23,5 |
| 2В8 | 150 | 65 | ДРТ23,5 |

Скорости движения соответственно груженого и порожнего сос­тавов *υг, υп* , км/ч, определяют по электромеханическим характеристикам тяговых двигателей как *υ=f(I)*.

 Сила тяги в грузовом и порожняковом направлениях *Fг* и *Fп ,* Н,локомотива определяется по формулам:

 ,

,

Если Iэф>Iдл, необходимо уменьшить число вагонеток в составе и произвести проверочный расчет.

Проверка массы поезда по условию обеспечения тормозного пути производится в зависимости от допустимой скорости движения *υдоп*, км/ч.

Допустимая скорость движения *υдоп*, км/ч, груженного состава на преобладающем уклоне определяется по формуле

,

где *lт* – тормозной путь, по ПБ при перевозке грузов *lт* =40 м, при перевозке людей *lт*=20 м;

 *bт* – удельная тормозная сила, Н/кН.

Удельная тормозная сила *bт*, Н/кН, определяется по формуле:

 ,

где *Вм* – дополнительная тормозная сила электромагнитных рельсовых тормозов (если они установлены) *Вм=1000Рмfм*  , Н;

где *Рм* – сила прижатия электромагнитных тормозов к рельсам (60 кН на 1 м полозьев), кН;

 *fм* – коэффициент трения колодки тормоза о рельс (0,15…0,24 по ДГИ).

Если скорость начала торможения больше допустимой скорости движения *υдоп< υн* , то для движения состава принимают полученную допустимую скорость, устанавливая ограничительные знаки по маршруту движения.

Из полученных значений прицепного веса поезда по условиям трогания, сцепления колес электровоза с рельсами при равномерном движении, нагрева двигателя и торможения выбирают наименьшее зна­чение.

При наличии разминовок производят проверку числа вагонеток в составе по условию размещения длины состава на минимальной дли­не разминовок горной выработки.

Расчет инвентарного числа электровозов в целом по шахте (го­ризонту) сводится к определению числа рабочих электровозов *Nр*, в зависимости от производительности погрузочного пункта и длины от­катки по соответствующему маршруту и к суммированию полученных результатов. Если электровозы не закреплены за погрузочными пунк­тами, то суммируют дробные значения, которые затем округляют до целого числа.

 Число рабочих электровозов на участке

  *Nр*=*nn/n* ,

*где nn –* полное число рейсов в смену, *nn= nг+ nл;*

*nг –* число рейсов для вывоза груза;

 *nл* – число рейсов для перевозки людей;

 *n* - число возможных рейсов одного электровоза в течение одной смены, *n=60(Тсм-0,5)/Т*;

 *Тсм* – продолжительность смены, ч.

 Число рейсов для вывоза груза определяют по формуле

,

где *kн* – коэффициент неравномерности выдачи груза (1,5 – при отсутствии аккумулирующих ёмкостей: 1,25 – при наличии аккумулирующих ёмкостей).

 Инвентарное число электровозов

 *Nи=Nр+Nрез* ,

где *Nр* – число резервных электровозов, принимают: *Nрез=1* при *Nр≤6; Nрез=2* при *Nр=7-12; Nрез=4* при *Nр≥13.*

Расчет показателей производительности электровозной откатки сводится к определению средней сменной производительности одного рабочего и инвентарного электровоза.

Сменная производительность (т·км) одного рабочего локомотива

 *Ар=LA/Nр* .

 Сменная производительность (т·км) одного инвентарного локомотива

 *Аи=LA/Nи.*

Необходимое число вагонеточного парка определяют путем расс­тановки составов по рабочим местам, исходя из условий: на каждый рабочий электровоз принимается по одному составу, на каждый пог­рузочный пункт - по одному обменному (находящемуся под погрузкой) составу плюс число составов, предусмотренных в качестве аккумули­рующей емкости.

Таблица А 1. Технические характеристики контактных электровозов

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | 3КРА-600 | К4 | 7КРМ1 | К10 | К14М | 14КР2М | 28КР2М |
| Масса, тКолея, ммСила тяги max, НСкорость при часовом режиме, км/чСила тока при часовом режиме, АЧисло приводовСуммарная мощность при часовом режиме, кВтТяговый двигательОсновные размеры электровоза, мм:длина по буферамдлина по автосцепкеширина по выступающим частям:при колее 600ммпри колее 750 и 900 ммвысота по кабинеРабочая высота по токосъемнику от головки рельсов, мм:максимальнаяминимальная | 3,3600100008,150×222×12,0ДТН 12/73015-960-150023001600 | 4600; 750; 900120006,850×222×12,0ДТН 123000330012001350151523001600 | 7,9600; 750; 9001800012,2145×222×33 ДТН334200460010501350150024001600 | 10600; 750; 9001900011,7145×222×33ДТН334520492010501350165023001800 | 14750; 9002700010,8204×222×45ДТН45470051000-1350165023001800 | 147502700011,5204×222×45ДТН454800--1350165023001800 | 28 750; 9005400011,5204×444×45ДТН4510200--1350165023001800 |
| Завод-изготовитель | Кыштымский МЗ | Александровск. МЗ | Александровск. МЗ | Александровск. МЗ | Александровск. МЗ | Александровск. МЗ | Александровск. МЗ |

Таблица А 2. Технические характеристики аккумуляторных электровозов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | А5,5 | АРП7 | АРВ7 | АМ8Д | В8 | АРП10Г | АРП14 | 2В8 |
| Масса, тКолея, ммТяговое усилие при часовом режиме, кНСкорость при часовом режиме, км/чЧисло приводовСуммарная часовая мощность двигателей, кВтТяговый двигательОсновные размеры, мм:длина по буферамширина: при колее 600мм при колее 750, 900ммвысотаИсполнение:Тип аккумуляторной батареи | 5600/ 750;9009,0/9,57,2/8,122×10ДРТ103800105013501330РП85ТНЖШ40095ТНЖШ400 | 7600/ 750;9009,5 / 10,07,5 / 8,522×10ДРТ104200105013501450РП90ТНЖШ55102ТНЖШ550 | 7600/ 750;9009,57,522×10ДРТ104200105013501450РВ88ТНК400 | 8,05/8,7600/ 750; 90012,1/12,25,7/6,8221/26ДРТ13М4550105513551415РП96ТНЖШ500112ТНЖШ500 | 8600/750: 90011,57,022×12ДРТ13М45550105013501470РВ106ТНК400 | 10,45/10,8600/90026,0/29,27,2/7,9226/29,2ДРТ13М5515106013601510РП112ТНЖШ500126ТНЖШ550 | 1490018,09,0247ДРТ23,55860-13601750РП161ТНЖШ550 | 16600/ 750: 90023,07,044×12ДРТ13М4550105013501470РВ106ТНК400 |
| Завод-изготовитель | Ясног.МЗ | ЯсногМЗ | ЯсногМЗ | Дружк.МЗ | Ясног.МЗ | Дружк.МЗ | Дружк.МЗ | Ясног.МЗ |

Примечание. В числителе показаны значения для колеи 600 мм, в знаменателе - для колеи 750, 900 мм.

Таблица А 3. Технические характеристики грузовых вагонеток для рудных шахт

|  |  |
| --- | --- |
| Параметры | Модели вагонеток |
| ВГ-1,0 | ВГ-1,2 | ВГ-2,0 | ВГ-2,2 | ВГ-3,3 | ВГ-4,5 | ВГ-9А |
| Вместимость кузова, м3Грузоподъемность, тОсновные размеры, мм:длинаширинавысотаЖесткая база, ммДиаметр колеса по кругу катания, ммКолея, ммВысота от сцепки до головки рельса, ммМасса, кгТип сцепки | 1,02,515008501300500300600320521Звеньевая | 1,23,01850836/9861300600350600/750320892/933Звеньевая | 2,053070125012001000400750; 9003651510Звеньевая | 2,25,52985882/103213001000400600/7503651350/1408 Автоматическаязвеньевая | 3,36,034001350146011004009003651567Звеньевая | 4,513,54050135015501250400750/9003653440/3510Автоматическаязвеньевая | 9257850135015504000400750; 9003659100Автоматическаязвеньевая |
| Завод-изготовитель | Дарасунский МЗ | Александровский МЗ |  | Александровский МЗ | Александровский МЗ | Александровский МЗ | МЗ Звезда |

**Задание 2. Транспортирование горной массы самоходными погрузочно-транспортными машинами**

Задание: Произвести тяговый и эксплуатационный расчет самоходной погрузочно- транспортной машины.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Тип ПТМ | Сменная производительность, Q т/см | Насыпная плотность рудыγ, т/м3 | Характеристика транспортных выработок |
| Погрузочный заезд или очистное пространство | Транспортный щтрек |
| Длина выработки, L, м | Уклон пути i, 0/00 | Длина выработки, L, м | Уклон пути i, 0/00 |
|  | ПТМ: LH 201E | 85 | 2.2 | 40 | 15 | 60 | 3 |
|  | ПТМ: ПД-5А | 95 | 2.1 | 65 | 15 | 40 | 3 |
|  | ПТМ: LH 203E | 105 | 2.0 | 50 | 15 | 210 | 3 |
|  | ПТМ: ST- 14 | 165 | 1.9 | 75 | 15 | 320 | 3 |
|  | ПТМ: LH 209L | 215 | 1.8 | 60 | 15 | 360 | 3 |
|  | ПТМ: ПД-2Э  | 125 | 1.7 | 50 | 10 | 120 | 4 |
|  | ПТМ: ST1520 | 145 | 1.8 | 70 | 10 | 230 | 4 |
|  | ПТМ: ЕST2D | 225 | 1.9 | 80 | 10 | 320 | 4 |
|  | ПТМ: ST1030 | 315 | 2.0 | 100 | 10 | 450 | 4 |
|  | ПТМ: LH 514E | 445 | 2.1 | 120 | 10 | 380 | 4 |
|  | ПТМ: LH 306E | 75 | 2.2 | 20 | 0 | 80 | 4 |
|  | ПТМ: ST3,5D | 135 | 2.2 | 30 | 0 | 70 | 4 |
|  | ПТМ: ПД-8В | 205 | 2.1 | 80 | 0 | 160 | 4 |
|  | ПТМ: LH517 | 265 | 2.0 | 85 | 0 | 130 | 4 |
|  | ПТМ: ST7LP | 325 | 1.9 | 100 | 0 | 150 | 4 |
|  | ПТМ: LH 201E | 265 | 1.7 | 30 | 3 | 170 | 5 |
|  | ПТМ: ПД-2Э | 375 | 1.6 | 40 | 3 | 270 | 5 |
|  | ПТМ: LH 203E | 415 | 1.5 | 12 | 3 | 310 | 5 |
|  | ПТМ: ST- 14 | 120 | 2,3 | 20 | 3 | 180 | 5 |
|  | ПТМ: LH 209L | 165 | 2,5 | 25 | 3 | 2500 | 5 |

**Эксплуатационный расчет транспортирования груза самоходными машинами**

 Эксплуатационный расчет транспортирования груза самоходными транспортными машинами заключается в определении эксплуатационной производительности транспортной машины, продолжительности рейса, числа рейсов машины за смену и числа рабочих машин.

 Эксплуатационная производительность погрузочно-транспортной машины, т/смену

 ,

где *V* – вместимость грузонесущего органа (кузова или ковша), м3;

 *Tсм* - длительность смены, ч;

*t*пер – время перерывов в работе транспортной установки, включающее технологические перерывы в работе забоя (взрывание, проветривание и др.), при работе самоходных машин *t*пер = 0,7…0,8 ч.

*kз*- коэффициент заполнения грузонесущей емкости (*kз* = 0,75 – коэффициент заполнения ковша для крепких руд, *kз*= 0,95 – коэффициент заполнения кузова);

 *tр*- продолжительность одного рейса, мин.

 Продолжительность рейса, мин

*tр = tп+tдв+tраз +tразм* ,

где *t*п – время погрузки машины, которое определяется вместимостью кузова, мин;

*tдв -* время соответствено загрузки, движения, мин;

*tраз* - время разгрузки, мин.

*tразм* – время ожидания на разминовке, 1…3 мин.

 Время загрузки для машин с грузонесущим ковшом, мин

 *tп = ξ tц Kман /60* ,

где *tц*– время цикла черпания грузонесущим ковшом, *tц* = 50 с.

 Время движения машины, мин

  ,

где *L* – длина транспортирования , км;

*υгр , υпор*– скорость движения соответственно груженной и порожней машины, км/ч;

*kдв*– коэффициент, учитывающий неравномерность движения машины, *kдв=*1,25..1,3.

 Время разгрузки машины *tраз* принимается равным с учетом маневров у рудоспуска *tраз* = 0,5…0,7 мин (30…40с).

 Необходимое число машин для работы на участке

 *Nр.м = kн Qсм / Qэ* ,

где *k*н – коэффициент неравномерности поступления полезного ископаемого;

*Qсм*– сменная производительность участка по горной массе, т/смену;

*Qэ*– эксплуатационная производительность самоходной транспортной машины, т/смену.

Инвентарное количество машин

*N*инв = *k*инв*N*р.м,

где *k*инв – коэффициент инвентарности парка, *k*инв = 1,3÷1,4.

Таблица А 1. Технические характеристики дизельных погрузочно-транспортных машин компании Sandviс

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | LH201(Microscoop 100) | LH202(TJC 65D) | LH203 (TORO 151) | LH307(TORO 6) | LH410(TORO 7) | LH514(TORO 9) | LH517(TORO 010) | LH621(TORO 11) | LH205L(ЕJC 155LP) | LH208L(ЕJC 777) | LH209L(ЕJC 400LP) |
| Грузоподъемность, тВместимость ковша,м3: основного сменногоОсновные размеры, мм длина ширина высота (по кабине)Наибольшая высота при разгрузке ковша, мм | 1,00,54-4650105520452320 | 2,9451,21,0-1,5548614482134- | 3,51,51,4-1,86970148018403790 | 6,73,02,7-3,78631223022004900 | 10,04,04,0-5,49680255023955380 | 14,05,44,6-7,010870295025405750 | 17,27,06,5-8,611120300027506520 | 21,08,08,0-10,711993310029507,02 | 5,01,8-796023101600- | 7,712.3-2.87868826421600- | 9,64.2-4.6924032601690- |
| Двигатель | Deutz F3L-912W | Deutz F5L-912W | Deutz ВF6L-914 | Mercedes Benz OM 906 LA | Mercedes OM 926 LA | Detroit S60 DDEC IV | Detroit diesel S60 DDECIV | Detroit diesel S60 DDEC IV | Deutz BF4M2012C | Deutz BF6M2012C | MERCEDES OM906LA |
| Мощность привода, кВтMax скорость движения, км/чМасса, т | 339,03,65 | 5120,06,76 | 71,524,08,7 | 15026,019,6 | 22027,026,2 | 24326,038,1 | 29827,044,0 | 35425,556,8 | 93-24,3 | 140-17,77 | 170-9,6 |

Таблица А 2. Технические характеристики электрических погрузочно-транспортных машин компании Sandviс

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | LH201Е(Microscoop 100Е) | LH202Е(ЕJC 65Е) | LH203Е (TORO 151Е) | LH306Е(ЕJC 145Е ) | LH409Е(TORO 400Е) | LH514Е(TORO 1400Е) | LH625Е(TORO 2500Е) |
| Грузоподъемность, тВместимость ковша,м3: основного сменногоОсновные размеры, мм длина ширина высота (по кабине)Наибольшая высота при разгрузке ковша, мм | 1,00,54-4850105520452320 | 2,9481,21,0-1,5584214482134- | 3,51,51,3-1,756995148018403500 | 6,63,02,7-3,18407215922354390 | 9,63,83,8-4,69736252523205270 | 14,05,44,6-7,010950288025505760 | 25,010,08,0-10,714011390031617,37 |
| Двигатель | Three-phase, asynchronous, squirrelcage | AC induction type, 3 phase | VEM | AC induction type TEAO, 3 phase | VEM KPER 315 S4 | VEM K11R 315 MX4 | Siemens 1 LA8 317 1000 V / 50  |
| Мощность привода, кВтMax скорость движения, км/чМасса, т | 308,03,85 | 3710,07,13 | 5510,39,4 | 946,417,24 | 11012,024,5 | 16018,938,5 | 31516,077,5 |

Таблица А 3. Технические характеристики погрузочно-транспортных машин компании Atlas Copco

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | ST-2D | ST-3,5D | ST-7LP | ST-7 | ST-1030 | ST-1030LP | ST-14 | ST-1520 | ST-1520LP | EST-2D | EST-3,5D |
| Грузоподъемность, тВместимость ковша, м3Основные размеры, мм длина ширина высота (по кабине)Наибольшая высота при разгрузке ковша, мм | 3,61,96645155520853733 | 6,03,18458303822473984 | 6,83,48470192013903920 | 6,83,18620192021604710 | 10,05,09745226023555060 | 10,05,09890226018404750 | 14,06,410850264025505930 | 15,07,511320264826506000 | 15,07,511320264823016000 | 3,61,96880151520853732 | 6,03,18849190521183936 |
| Двигатель | Дизельный:Deutz F6L-912W | Дизельный:Deutz F8L-413FW | Дизельный:Cummins QSB6,7 EPA | Дизельный: Cummins QSB6,7 EPA | Дизельный: Cummins QSL9  | Дизельный: Cummins QSL9 | Дизельный: Cummins QSM11 | Дизельный:Cummins QSX15 | Дизельный:Cummins QSX15 | Электрический 3-фазный 50 или 60Гц | Электрический 3-фазный 50 или 60Гц |
| Мощность привода, кВтСкорость движения уклон 15°, км/чМасса, т | 634,512,32 | 1361,8617,1 | 1445,819,1 | 1445,819,3 | 864,726,3 | 1864,726,3 | 2504,438,0 | 2984,741,3 | 2984,741,3 | 561,8613,0 | 74,62,0717,9 |

**Задание 3. Эксплуатационный и тяговый расчет скреперной установки**

Задание: *По заданной производительности определить объем скрепера и выбрать по тяговому усилию скреперную установку, проверить прочность выбранного каната на разрывное усилие.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Сменная производительность забоя, Qсм т/см | Плотность руды в разрыхленном состоянииγ, т/м3 | Длина скреперования, L м | Угол наклона выработки,β град. | Направление транспортирования | Крупность горной массы,*а* мм | Коэф. загрузки установки в смену, *kи* |
|  | 90 | 2.3 | 30 | 3 | Спуск | 300 | 0.6 |
|  | 150 | 2.2 | 35 | 3 | Спуск | 350 | 0.55 |
|  | 230 | 2.1 | 40 | 3 | Спуск | 400 | 0.5 |
|  | 380 | 2.0 | 45 | 3 | Спуск | 450 | 0.45 |
|  | 510 | 1.9 | 50 | 3 | Спуск | 500 | 0.6 |
|  | 75 | 1.8 | 40 | 5 | Подъем | 250 | 0.6 |
|  | 130 | 1.9 | 45 | 5 | Подъем | 300 | 0.55 |
|  | 210 | 2.0 | 50 | 5 | Подъем | 350 | 0.5 |
|  | 320 | 2.1 | 55 | 5 | Подъем | 400 | 0.45 |
|  | 540 | 2.2 | 60 | 5 | Подъем | 450 | 0.4 |
|  | 60 | 1.8 | 25 | 10 | Спуск | 350 | 0.6 |
|  | 160 | 1.9 | 30 | 10 | Спуск | 400 | 0.55 |
|  | 280 | 2.0 | 35 | 10 | Спуск | 450 | 0.5 |
|  | 420 | 2.1 | 40 | 10 | Спуск | 500 | 0.45 |
|  | 560 | 2.2 | 45 | 10 | Спуск | 550 | 0.6 |
|  | 105 | 1.7 | 30 | 5 | Подъем | 250 | 0.6 |
|  | 160 | 1.9 | 35 | 5 | Подъем | 300 | 0.55 |
|  | 250 | 2,1 | 40 | 5 | Подъем | 350 | 0.5 |
|  | 340 | 2.3 | 45 | 5 | Подъем | 400 | 0.45 |
|  | 480 | 2.5 | 50 | 5 | Подъем | 450 | 0.4 |

Если задана сменная производительность доставки, то объем скрепера, м3, находится из формулы

  . (3.2)

 По полученному объему скрепера и характеристике горной массы выбирают тип скрепера, его массу и вместимость по табл. 1.

 Таблица 1. *Параметры скреперов для подземных работ*

| Скрепер | Расчетная вместимость,м3 | Основные размеры, мм,не более | Масса, кг,не более |
| --- | --- | --- | --- |
| ширина | длина | высота | легкие | тяжелые |
| СГ | 0,10,160,250,40,61,01,62,54,0 | 710860950112012501500170019002260 | 95012501400170020002360265030003550 | 400500560670800900106012501500 | 85160265400560800118016002120 | 1602654005608001180160021203000 |
| СЯ | 0,160,250,40,61,01,62,54,0 | 70085095011201250150017001900 | 8009501120140017002000 25603000 | 360400450500560630710800 | 8516026540056080011801600 | 160265400560800118016002120 |

Примечание. Скреперы изготовляются легких моделей для доставки горной массы насыпной плотностью до 2 т/м3 и тяжелых моделей для горной массы с насыпной плотностью более 2 т/м3.

Эксплуатационная производительность скреперной установки, т/смену, при погрузке горной массы в вагонетки локомотивной откатки или скипы канатной откатки

  ,

где *Vв*– вместимость вагонетки или скипа, м3;

*z* – число вагонеток в составе;

*tп* – время погрузки одной вагонетки или скипа, с;

*tс* – время, затрачиваемое на смену состава или скипа, с.

Время погрузки одной вагонетки, с, находится из выражения

 ,

где *t1* – время затрачиваемое на загрузку и разгрузку скрепера, *t1* = 15…25с.

Производительность скреперного грузчика или скреперной установки, подающей горную массу на конвейер, рассчитывается по формуле так же как и для очистного забоя.

**Тяговый расчет скреперной лебедки**

Сопротивление (Н) перемещению груженого скрепера

 *Wгр=W1+W2+W3+W4* ,

где *W1 , W2 , W3 , W4*  - сопротивление перемещению соответственно горной массы, скрепера, канатов по почве выработки и от подтормаживания барабана, Н.

 Сопротивление (Н) при перемещении горной массы скрепером

 *W1=1000Vcγkз(f1cosβ±sinβ)g* ,

где *f1*  - коэффициент трения горной массы по почве, *f1=*0,6…0,8;

*β* - угол наклона выработки (знак “+” – вверх, “- ” – вниз).

 Сопротивление (Н) при перемещении скрепера по почве

 *W2=G0 (f2cosβ±sinβ)g* ,

где *G0* - масса скрепера, кг;

*f2*  - коэффициент трения скрепера по почве, *f2 =*0,4…0,55.

Сопротивление (Н) при перемещении каната по почве

 *W3=2L q f2 g* ,

где *q*- масса 1 м каната, кг/м.

 Сопротивление (Н) от натяжения хвостового каната лебедки *W4=1000…3000 Н.*

 Сила тяги (Н) каната при перемещении груженого скрепера

 *Fгр=W1+W2+W3+W4*.

 Сила тяги (Н) каната при перемещении порожнего скрепера

 *Fп=W2+W3+W4*.

 Мощность двигателя лебедки (кВт) при движении груженого скрепера

 *N=kустFгрυгр /(1000η)* ,

где *kуст –* коэффициент запаса мощности, *kуст =*1,15…1,2;

*η* - КПД трансмиссии лебедки, *η=*0,75..0,85.

Запас прочности каната составляет

 *m=Sр/Fгр ≥ 3…4* ,

где *Sр –* разрывное усилие каната, находится по каталожным данным соответственно диаметру каната скреперной установки.

Таблица. Технические характеристики скреперных подземных лебедок АО «Кыштымское машиностроительное объединение»

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры  | 10ЛС2СМА | 17ЛС2СМА | 30ЛС2СМА | 30ЛС2ПМА | 30ЛС3СМА | 55ЛС2СМА | 55ЛС5ПМА | 55ЛС3СМСА | 110ЛС2СМА | 110ЛС2ПМА | 1!0ЛС3СМА |
| Мощность электродвигателя, кВтСреднее тяговое усилие на рабочем канате, кНСредняя скорость каната рабочего, м/с холостого, м/сЧисло барабановДиаметр каната, ммРазрывное усилие каната, кНМасса 1 м каната, кгКанатоемкость, мОсновные размеры, мм: длина ширина высотаМасса, кг | 11101,251,721273,10,57451350570561508 | 18,5161,261,7421492,20,73601550650632760 | 30281,31,772151270,959019388067701320 | 30281,31,772151270,9590154012208391450 | 3028131,773151270,959024008607701810 | 55451,462,0219,51731,210023209959242260 | 55451,462,0219,51731,2100199013808952220 | 55451,462,0319,51731,2100286512059252960 | 110801,52,12232241,81252800120212214320 | 110801,52,12232241,81252240163012214660 | 110801,52,13232241,81253480155012215470 |

**Форма промежуточного контроля**

**Экзамен**

***Вопросы на экзамен по дисциплине "Горные машины и оборудование "***

**Общие сведения о горных машинах и оборудовании.**

1. Горные машины, их общая классификация по функциональному назначению.
2. Виды производительности горных машин, типы проводимых ремонтов.
3. Основные показатели качества и надежности горных машин.
4. Основные физико-механические свойства горных пород, определяющие условия работы горных машин.

**Машины и оборудование для бурения шпуров и скважин.**

1. Классификация способов механического бурения шпуров и скважин.
2. Ручные и колонковые сверла (принцип бурения, область применения, конструкции, буровой инструмент).
3. Машины вращательно-ударного бурения (назначение, конструкции, буровой инструмент).
4. Конструкция и принцип действия переносного и телескопного перфораторов.
5. Воздухораспределительные устройства перфораторов ударно-поворотного бурения: классификация, принцип действия, область применения.
6. Установочные механизмы и податчики перфораторов: типы, конструкции, область применения.
7. Буровой инструмент машин ударно-поворотного бурения, методы и средства борьбы с шумом, пылью и вибрациями при работе перфораторов.
8. Пневматические колонковые перфораторы: классификация, особенности конструкции, область применения.
9. Гидравлические перфораторы: конструкции, область применения.
10. Шахтные бурильные установки: назначение, конструкции, буровой инструмент.
11. Конструкции манипуляторов и автоподатчиков шахтных бурильных установок.
12. Классификация буровых станков по типу исполнения: ходового устройства, числу и расположению бурильных машин, оси вращения и крепления податчика.
13. Станки ударно-вращательного бурения: назначение, конструкции, буровой инструмент.
14. Станки с погружными пневмоударниками: назначение, конструкции, буровой инструмент.

**Выемочные, проходческие машины, очистные комплексы и агрегаты.**

1. Широкозахватные очистные комбайны: конструкции и область применения.
2. Узкозахватные очистные комбайны: классификация, конструкции и область применения.
3. Индивидуальные и механизированные крепи: классификация, конструкции, область применения.
4. Очистные и выемочные комплексы и агрегаты: классификация, конструкции, область применения.
5. Угольные струговые установки: назначение, конструкции, режущий инструмент.
6. Проходческие комбайны: классификация, конструкции и область применения.
7. Конструкции исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного и бурового действия.
8. Конструкции погрузочно-транспортного и ходового оборудования проходческих комбайнов.
9. Проходческие комплексы оборудования для проведения горизонтальных и наклонных выработок буровзрывным способом: типы, состав механизмов, конструкции и область применения.
10. Проходческие комплексы оборудования для проведения горизонтальных и наклонных выработок комбайнами избирательного и бурового действия: типы, конструкции и область применения.
11. Проходческие комплексы для проходки восстающих выработок буровзрывным способом: (основные типы, их конструкция и область применения).
12. Проходческие комплексы для проходки восстающих выработок буровым способом.
13. Проходческие комплексы и установки для проведения вертикальных стволов шахт буровзрывным способом: назначение, классификация, конструкции, состав оборудования.
14. Проходческие комплексы и установки для проведения вертикальных стволов шахт буровым способом: назначение, классификация, конструкции.

**Машины и комплексы для погрузки и транспортирования горной массы, крепления горных выработок и заряжания шпуров и скважин.**

1. Ковшовые погрузочные машины: конструкции и область применения.
2. Погрузочные машины непрерывного действия: конструкции и область применения.
3. Самоходные погрузочно-транспортные машины, типы и конструктивные особенности, область применения.
4. Виды рудничных локомотивов и грузовых вагонеток, их исполнение и область применения.
5. Типы самоходных транспортных машин, области применения, конструктивное исполнение.
6. Конвейерный транспорт: типы конвейерных установок, область применения, конструктивное исполнение.
7. Скреперные установки: устройство, схемы скреперования и область применения.
8. Машины и механизмы для возведения разборной крепи: конструкции, область применения.
9. Машины и механизмы для возведения анкерной крепи: конструкции, область применения.
10. Машины и механизмы для возведения крепи из бетона без опалубки: конструкции, область применения.
11. Машины и механизмы для возведения крепи из монолитного бетона с применением опалубки: технологические схемы крепления, конструкции машин, область применения.
12. Зарядные устройства и машины эжекторного, нагнетательно-эжекторного и нагнетательного типов применяемые для заряжания шпуров и скважин.

**Оформление письменной работы согласно МИ 01-03-2023** Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации.

**Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**Основная литература**

**Печатные издания**

1. Бритарев В.А. Горные машины и комплексы : учебник / Бритарев Валентин Алексеевич, Замышляев В.Ф.. - Москва : Недра, 1984. - 288 с.
2. Кантович Л.И., Гетопанов В.И. Горные машины. – М.: Недра, 1989. – 304 с.
3. Медведев В.В. Подземный транспорт рудников / В.В. Медведев - Учебное пособие. - Чита: ЗабГУ, 2013. – 220 с.

**Издания из ЭБС**

1. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий [Электронный ресурс] / Галкин В.И., Дмитриев В.Г., Дьяченко В.П., Запенин И.В., Шешко Е.Е. - 2-е изд. - М. : Горная книга, 2011.
2. Гришко, Л.П. Стационарные машины и установки [Электронный ресурс] / Л. П. Гришко, В. И. Шелоганов; Гришко Л.П.; Шелоганов В.И. - Moscow : Горная книга, 2007.

**Дополнительная литература**

**Печатные издания**

1. Зайков, В.И.. Эксплуатация горных машин и оборудования : учебник / Зайков Витольд Иванович, Берлявский Гаррий Павлович. - Москва : МГГУ, 2006. - 257 с.

**Издания из ЭБС**

1. Морозов В.И. Очистные комбайны [Электронный ресурс] : Справочник / Морозов В.И., Чуденков В.И., Сурина Н.В.; Под общей ред. В.И. Морозова. - М: Издательство Московского государственного горного университета, 2006.
2. Займов, В.И. - Эксплуатация горных машин и оборудования [Электронный ресурс] : Учебник для вузов / Зайков В.И., Берлявский Г.П. - 3-е изд., стер. - М: Издательство МГГУ, 2001.
3. Лагунова Ю.А. Машиностроение. Горные машины. Т. IV-24 [Электронный ресурс] / Энциклопедия Ю.А. Лагунова, А.П. Комиссаров, В.С. Шестаков - М.: Машиностроение, 2011.

**Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы\***

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам:

1. <https://e.lanbook.com/> Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань».
2. <https://www.biblio-online.ru/> Электронно-библиотечная система «Юрайт»
3. <http://www.studentlibrary.ru/> Электронно-библиотечная система «Консультант студента»
4. <http://www.trmost.com/> Электронно-библиотечная система «Троицкий мост»
5. <http://diss.rsl.ru/> Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки.
6. <https://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
7. <http://www.edu.ru> Федеральный портал «Российское образование»
8. <http://law.edu.ru/> Федеральный правовой портал «Юридическая Россия»
9. http://window.edu.ru Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» предоставляет свободный доступ к каталогу образовательных Интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования.
10. http://megabook.ru/ Энциклопедии Кирилла и Мефодия
11. http://www.krugosvet.ru/ Универсальная научно-популярная онлайн-энциклопедия «Кругосвет»
12. http://www.glossary.ru/ Тематические толковые словари
13. https://dic.academic.ru/ Словари и энциклопедии
14. http://www.nlr.ru/ Российская национальная библиотека
15. https://www.prlib.ru/ Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина
16. http://www.gpntb.ru/ Государственная публичная научно-техническая библиотека России
17. http://www.rasl.ru/ Библиотека Российской Академии наук
18. http://studentam.net/ Электронная библиотека учебников
19. http://techlib.org Библиотека технической литературы
20. http://rvb.ru/ Русская виртуальная библиотека

Ведущий преподаватель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.В. Медведев

Заведующий кафедрой ПРМПИ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.В. Медведев