Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 20.12.2023 16:48:55
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Мерзляков В.Г.

# КОНСТРУИРОВАНИЕ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания
к выполнению практических работ при подготовке специалистов
по специальности 21.05.04 Горное дело
всех форм обучения

Содержание

Введение 4
1. Тематика и структура работ 5
1.1. Тема домашних заданий 5
1.2. Структура работ 11
2. Правила оформления работы 14
Список рекомендуемых литературы и электронных ресурсов 16

# Введение

Горное дело относится к одному из основных видов человеческой деятельности, обеспечивающих существование и уровень развития цивилизации. Данный курс «Конструирование горных машин и оборудования» является одним из последних, формирующий профиль подготовки инженера по направлению (специализации) «Горные машины и оборудование». Задачей его изучения является получение знаний об основных принципах конструирования, включающих расчет, патентные исследования, оформление конструкторской документации и испытания горных машин для добычи и обогащения различных ископаемых подземным, открытым, геотехнологическим и другими способами.

Горная промышленность характеризуется большими масштабами добычи самых разных видов полезных ископаемых. Сегодня по всему миру построены мощные шахты и рудники, карьеры и разрезы, прииски и обогатительные фабрики, оснащенные современными машинами и комплексами, проектирование, создание и эксплуатацию которых обеспечивают горные инженеры-механики. Специалисты данного профиля должны иметь соответствующую подготовку, специальные технические знания и навыки и призваны творчески мыслить и решать многочисленные и нередко очень сложные вопросы механизации и автоматизации горных работ.

В связи с вышеизложенным очень важное значение имеет изучение завершающего курса по горным машинам для горных инженеров-механиков перед дипломным проектированием. Изучение данной дисциплины закрепляет ввод студентов в мир их будущих учебных, научных, проектных и производственных задач.

Методические указания к выполнению домашнего задания предназначены для изучения практических вопросов расчета горных машин и оборудования для их конструирования.

## 1. Тематика и структура работ

### 1.1. Тема домашних заданий

На открытых горных работах наиболее часто применяют одно- и многоковшовые экскаваторы, которые относятся к **выемочно-погрузочным машинам**. Экскаватором называется машина, предназначенная для зачерпывания (экскавации) горной массы, перемещения ее на относительно небольшие расстояния и погрузки на транспортные средства или в отвалы.

**Одноковшовые экскаваторы**

Одноковшовые экскаваторы являются машинами периодического (циклического)действия. Цикл одноковшового экскаватора состоит из четырех последовательных операций: наполнения ковша (черпание), перемещения его к месту разгрузки (транспортирование), разгрузки и перемещения порожнего ковша к месту зачерпывания для воспроизведения нового цикла.

Основное рабочее оборудование одноковшовых экскаваторов, применяемых на открытых работах, - прямая напорная лопата, драглайн, гидравлические прямая и обратная лопаты



Рисунок 1 - Экскаватор ЭКГ-10 в карьере

Карьерные экскаваторы (рис. 1) с механическим приводом представляют собой машины, которые обладают значительной единичной массой, составляющей 600-900 т в зависимости от вместимости ковша. Масса рабочего оборудования таких экскаваторов составляет 25-30% от общей массы машины. При уменьшении массы рабочего оборудования снижаются общие динамические нагрузки и на поворотную платформу, и на несущие элементы

опорной рамы. Уменьшение динамических нагрузок на все металлоконструкции машины увеличивает срок ее службы.

**Расчет линейных размеров и массы основных элементов рабочего оборудования**

1 Линейные размеры ковшей механических лопат приближенно могут быть определены через их вместимость Е, м3:

– ширина ковша, м, $B_{к.л.} = 1{,}2\sqrt[3]{\ }$;

– длина ковша, м, $L_{к.л.} = 0{,}77B_{к.л.}$; (1)

– высота ковша, м, $h_{к.л.} = 0{,}75B_{к.л.}$;

– масса ковша, т, $m_{к.л.} = k_к E$, (2)

где $k_к$ – коэффициент тары ковша с подвеской в зависимости от породы, т/м3: 1,0…1,4 – для легких; 1,3…1,9 – для средних; 1,6…2,4 – для тяжелых пород.

2 Масса породы в ковше, т,

$$m_п = E\gamma k_р^{-1}, \quad (3)$$

где γ – плотность породы, т/м3 и $k_р$ – коэффициент разрыхления породы:

3Масса одноковшового экскаватора, т,

$$m_э = k_э E, \quad (4)$$

где $k_э$ – коэффициент металлоемкости, т/м3, для карьерных лопат (Е = 2…20 м3) $k_э$ = 38…55.

4 Масса стрелы с блоками мехлопаты $m_с$, т, а также масса напорного механизма карьерной лопаты $m_н$, т, могут быть определены через массу экскаватора $m_э$, т:

$$m_i = k_m m_э, \quad (5)$$

где $k_т$ – коэффициент массы для механической лопаты ($k_т$ = 0,06…0,07 – для стрелы с блоками; $k_т$ = 0,025…0,026 – для механизма напора).

5 Масса рукояти механической лопаты - через массу ковша, т,

$$m_{рук} = k_{рук} m_{к.л}, \quad (6)$$

где $k_{рук}$ – коэффициент, зависящий от типа рукояти ($k_{рук}$ = 0,3…0,5 – для однобалочной, $k_{рук}$ = 0,8…1,0 – для двухбалочной).

6 Масса поворотной платформы, т,

$$m_{n.n.} = k_n\, m_э\,, \qquad (7)$$

где $k_п$ – коэффициент, равный для карьерных лопат 0,43…0,45.

7 Линейные размеры $L_i$, м, конструктивных элементов могут быть определены в зависимости от массы экскаватора $m_э$, т, по эмпирическому выражению

$$L_i = k_i \sqrt[3]{m_э}\,, \qquad (8)$$

с коэффициентом пропорциональности $k_i$.

Значения $k_i$ для карьерных лопат (Е = 2,0…20,0 м3):

| | |
|---|---|
| Ширина платформы 0,85…0,95 | Длина рукояти 1,15…1,70 |
| Высота кузова 0,85…0,90 | Высота черпания (max)1,70…1,20 |
| Радиус задней стенки кузова 0,95…1,00 | Высота разгрузки (max) 1,23…1,30 |
| Длина стрелы 1,80…1,95 | Высота рабочего забоя 1,1 |
| Высота пяты стрелы 0,45 | Радиус черпания (max) 2,60…2,70 |
| Радиус пяты стрелы 0,40…0,37 | Радиус разгрузки (max)2,40…2,50 |

**Расчёт усилий в механизмах экскаватора**

Усилия в подъемном и напорном механизмах лопаты, соответствующие вертикальному положению подъемного каната ( =90°) и горизонтальному положению рукояти ( =0°), принимают за расчетные (рис.2) при определении мощности двигателя за время копания.

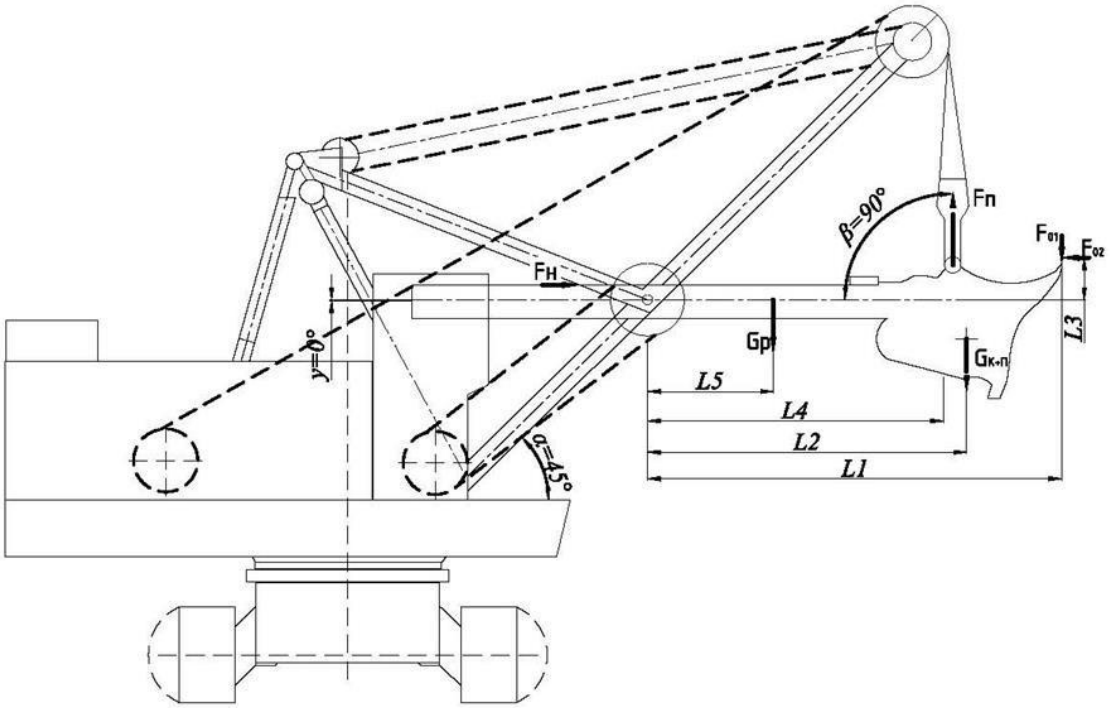



Рисунок 2 - Схема к определению усилий в канатах (масштаб 1:__)

1Усилия в подъемном и напорном механизмах.

Усилие подъема $F_п$ в расчетном положении:

$$F_n = \frac{01\ \ 1+((\ k+\ п)\ \ 2+\ p}{5)*\quad s\ +\ 02\ \ 3}{}_4 \cdot si \text{, кН.} \qquad (9)$$

Усилие напора $F_н$ при условиях =90° и =0°:

$$_н = \ \ 02 + \ \ _п\text{со} \quad \pm (\ _к + \ _п + \ \ ) \ i \ \ \text{, кН,} \quad (10)$$

где $F_{01}$ , $F_{02}$ – касательная и нормальная составляющие усилия копания, кН;

$G_к$, $G_п$, $G_р$ – вес ковша с подвеской, породы в ковше и рукояти соответственно, кН;

$L_1$ ,$L_2$ ,$L_3$, $L_4$ ,$L_5$ – плечи соответствующих сил до оси седлового подшипника, м;

β, γ - углы наклона подъемного каната и рукояти, град.

2 Определение необходимого усилия копания, его касательной $F_{01}$ и нормальной $F_{02}$ составляющих в кН:

$$F_{01} = 1000 \cdot K_{уд} \cdot b \cdot t, \qquad (11)$$
$$F_{02}=(0,5..1) \cdot F_{01},$$

где t ,b - толщина стружки и ширина ковша соответственно, м;

$К_{уд}$ - удельное сопротивление породы копанию, МПа.

Активное напорное усилие, реализуемое на рукояти ковша, должно при его движении преодолевать нормальную реакцию породы $F_{02}$, составляющую усилия подъема ковша, направленную вдоль рукояти, а при положении ковша выше оси напорного вала - и составляющие веса ковша с породой и рукояти. Так как работа ковша обычно совершается ниже оси напорного вала, то эти силы способствуют напору, разгружая механизм напора.

Толщина стружки t определяется:

$$= \frac{\text{н}}{\text{Н}_к\ \ p}\text{, м,} \qquad (12)$$

где Е - вместимость ковша, $м^3$;

b - ширина ковша, м;

$Н_к$ - высота копания, м;

$К_р$ - коэффициент разрыхления;

$К_н$ - Коэффициент наполнения ковша;

Ширина ковша определяется по эмпирической формуле:

$$b \approx (1{,}15-1.2)\sqrt[3]{\ }, \text{м}. \qquad (13)$$

3 Вес порожнего ковша с подвеской в кН может быть определен по эмпирической формуле для тяжелых пород:

$$G_к = 2 \cdot E \cdot g \text{ ,кН}. \qquad (14)$$

4 Вес породы в ковше:

$$G_п = \frac{_{н}g}{p}, \text{ кН}. \qquad (15)$$

где γ – плотность породы, т/м3.

5 Вес рукояти у карьерных экскаваторов для однобалочной рукояти:

$$G_р = (0{,}2\text{-}0{,}5)G_к ), \text{кН}. \qquad (16)$$

Для определения усилия подъема можно воспользоваться графоаналитическим методом. Для этого чертится схема экскаватора в масштабе, прикладываются силы и устанавливаются плечи сил. Для определения усилие подъема составляется уравнение моментов относительно оси седлового подшипника. Плечи сил, действующих во время копания относительно оси седлового подшипника, определяются измерением с учетом масштаба (рис.2). Например, найдем действительное значение плеча $L_1$. Вычертим схему в масштабе М 1:125. Замерив величину плеча, получим 70 мм. Согласно масштабу, в действительности это плечо составит 70×125=8750мм=8,7м.

Расчетно-графическая работа посвящена расчету карьерных экскаваторов производства Ижорского завода.

ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» (далее ИЗ-КАРТЭКС) образовано на основе экскаваторного производства Ижорского завода. 2017 год для «ижорских» экскаваторов является юбилейным, их изготавливают на производственных площадях ИЗ-КАРТЭКС и поставляют на горнодобывающие предприятия на протяжении уже 60 лет.

В настоящее время ИЗ-КАРТЭКС выпускает линейку электромеханических экскаваторов канатного и реечного типа, способных работать в комплексе с карьерным транспортом грузоподъемностью до 360 т. Линейка экскаваторов ИЗ-КАРТЭКС представлена семью моделями 3-х типоразмерных групп.

В общей сложности за 60 лет на горнодобывающие предприятия России, СНГ и зарубежных стран поставлено 3804 карьерных экскаватора производства ИЗ-КАРТЭКС.

**Линейка карьерных экскаваторов ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова»**

| Типоразмерная группа | Модель | Тип напорного механизма | Полезная нагрузка в ковше, т | Вместимость основного ковша, м³ | Рабочая масса, т |
|---|---|---|---|---|---|
| I | ЭКГ-10 | канатный | 20 | 10 | 410 |
| | ЭКГ-12К | канатный | 24 | 12 | 420 |
| II | ЭКГ-15М | канатный | 32,5 | 15 | 700 |
| | ЭКГ-18Р | реечный | 40 | 20 | 720 |
| | ЭКГ-20К | канатный | | | 700 |
| | ЭКГ-20КМ | канатный | 50 | 25 | 760 |
| III | ЭКГ-32Р | реечный | 63 | 35 | 1050 |

**Тема задания** «Рассчитать подъемное и напорное усилия карьерного экскаватора ЭКГ «ИЗ КАРТЭКС» при экскавации горных пород различной категории крепости»

Задания по вариантам:

| № вариан-та | Категория пород по крепости | Модель экскава-тора | Тип напорного механизма | Тип ковша |
|---|---|---|---|---|
| 1 | II | ЭКГ-10 | канатный | основной |
| 2 | III | | | |
| 3 | IV | | | |
| 4 | V | | | |
| 5 | II | ЭКГ-12К | канатный | основной |
| 6 | III | | | |
| 7 | IV | | | |
| 8 | V | | | |
| 9 | II | ЭКГ-15М | канатный | основной |
| 10 | III | | | |
| 11 | IV | | | |
| 12 | V | | | |
| 13 | II | ЭКГ-20К | канатный | основной |
| 14 | III | | | |
| 15 | IV | | | |
| 16 | V | | | |
| 17 | II | ЭКГ-20КМ | канатный | основной |
| 18 | III | | | |
| 19 | IV | | | |
| 20 | V | | | |

Усредненные коэффициенты и параметры при экскавации пород:

| Категория пород по крепости | Коэффициент крепости f | Расчетная средняя плотность горной массы, кг/м³ | Удельное сопротивление породы копанию, МПа. | Коэффициенты | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | разрыхления горной массы Кр | наполнения ковша Кн | | экскавации $Кэ = \frac{Кн}{Кр}$ | |
| | | | | | прямая лопата | драг-лайн | прямая лопата | драг лайн |
| I | 2 - 5 | 1600 | 0,03 – 0,15 | 1,15 | 1,05 | 1,00 | 0,91 | 0,87 |
| II | 5 - 8 | 1800 | 0,15 – 0,5 | 1,25 | 1,05 | 1,00 | 0,84 | 0,80 |
| III | 8 - 12 | 2000 | 0,15 – 0,25* | 1,35 | 0,95 | 0,90 | 0,70 | 0,67 |
| IV | 12 - 16 | 2500 | 0,2 – 0,3* | 1,50 | 0,90 | 0,85 | 0,60 | 0,57 |
| V | 16 - 20 | 3500 | 0,3 – 0,5* | 1,60 | 0,90 | | 0,56 | |

*после взрывного разрыхления

## 1.2. Структура работ

В общем случае структура домашнего задания должна иметь вид:
- Введение;
- Задание;
- Описание экскаватора;
- Техническая характеристика экскаватора;
- Расчет подъемного и напорного усилия с использованием масштабной расчетной схемы;
- Заключение.

*Пример расчёта подъёмного и напорного усилий экскаватора экг-10*

Усилия в подъемном и напорном механизмах лопаты, соответствующие вертикальному положению подъемного каната ( =90°) и горизонтальному положению рукояти ( =0°), принимают за расчетные при определении мощности двигателя за время копания.

Исходные данные для определения необходимого усилия копания:
- Экскаватор ЭКГ-10;
- Категория пород по трудности разработки: вязкие кварциты и базальты – I;
- Коэффициент наполнения ковша: $К_н = 0,8$;
- Коэффициент разрыхления: $К_р = 1,6$;
- Удельное сопротивление породы копанию: $К_F = 0,29$МПа.

1) Толщина стружки t определяется как:

$$t = \frac{н}{Н_к \ p}, \text{ м.}$$

где Е - вместимость ковша, м³;

b - ширина ковша, м;
$H_к$ - высота копания, м;
$K_р$ - коэффициент рыхления

Ширина ковша определяется по эмпирической формуле:

$$b \approx 1{,}15\sqrt[3]{\ } \text{ м.}$$

$$b = 1{,}15\sqrt[3]{10} = 2{,}47 \text{ м.}$$

Тогда

$$= \frac{10 \cdot 0{,}8}{2{,}47 \cdot 8{,}14 \cdot 1{,}6} = 0.25 \text{ м.}$$

2) Определение необходимого усилия копания:

$$F_{01} = 1000 \cdot K_F \cdot b \cdot t.$$

где - $K_F$ удельное сопротивление породы копанию, МПа.

$$F_{01} = 1000 \cdot 0.29 \cdot 2{,}47 \cdot 0{,}249 = 178 \text{ кН.}$$

Активное напорное усилие, реализуемое на рукояти ковша, должно при его движении преодолевать нормальную реакцию породы $F_{02}$, составляющую усилия подъема ковша, направленную вдоль рукояти, а при положении ковша выше оси напорного вала - и составляющие веса ковша с породой и рукояти. Так как работа ковша обычно совершается ниже оси напорного вала, то эти силы способствуют напору, разгружая механизм напора.

$$F_{02} = (0{,}5..1) \cdot F_{01} = 0{,}75 \cdot 178 = 133 \text{ кН.}$$

3) Вес порожнего ковша в кН может быть определен по эмпирической формуле для тяжелых пород:

$$G^1_к = 1{,}75 \cdot E \cdot g \text{ ,кН.}$$

$$G^1_к = 1{,}75 \cdot 10 \cdot 9{,}81 = 171{,}7 \text{кН.}$$

4) Вес ковша с подвеской определяется как:

$$G_{под} = (0{,}24\text{-}0{,}27) G^1_к, \text{ кН.}$$

$$G_{под} = 0{,}24 \cdot 171{,}7 = 41{,}2 \text{ кН.}$$

Тогда

$$G_к = G_{под} + G^1_к, \text{ кН.}$$

$$G_к = 41{,}2 + 171{,}7 = 213 \text{ кН.}$$

5) Вес рукояти у карьерных экскаваторов для однобалочной рукояти:

$$G_р = (0{,}2\text{-}0{,}5)(G_к + G_{под}), \text{кН.}$$

$$G_р = 0{,}3(213 + 41{,}2) = 76{,}26 \text{ кН.}$$

6) Вес породы:

$$G_п = \frac{_{н}g}{_{p}}, \text{ кН.}$$

$$G_п = \frac{10 \cdot 3{,}1 \cdot 0{,}8 \cdot 9{,}81}{1{,}6} = 152 \text{ кН}$$

Усилие подъема рассчитывается графо-аналитическим методом. Для этого чертится схема в масштабе, прикладываются силы и устанавливаются плечи сил. Для определения усилие подъема составляется уравнение момен-

тов. Плечи сил, действующих во время копания относительно оси седлового подшипника, определяются измерением с учетом масштаба (рис.3). Например, найдем действительное значение плеча L1. Вычертим схему в масштабе М 1:125. Замерив расстояние плеча, получим 70 мм. Согласно масштабу, в действительности это плечо составит 70×125=8750мм=8,7м. Аналогично рассчитываем остальные плечи.

$L_1$ = 70·125= 8750мм = 8,7 м

$L_2 = 59 \cdot 125 = 7375мм = 7{,}3\ м$

$L_3 = 0{,}009 \cdot 125 = 1{,}125мм = 1{,}12\ м$

$L_4 = 50 \cdot 125 = 6250мм = 6{,}2\ м$

$L_5 = 25 \cdot 125 = 3{,}125мм = 3{,}1\ м$

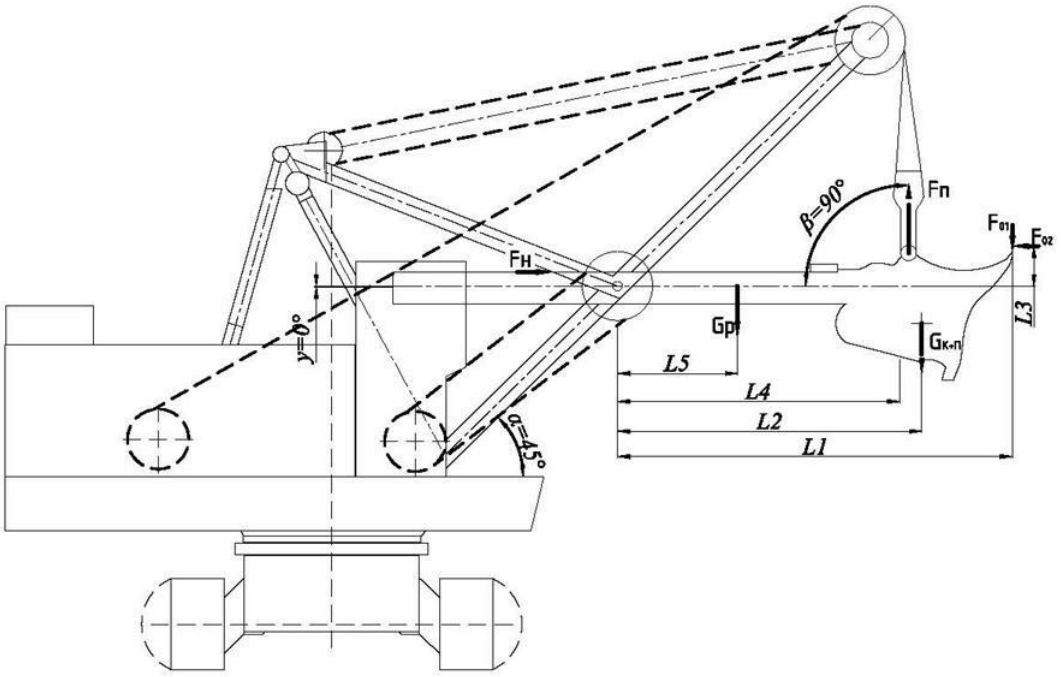



Рисунок 3-Схема к определению усилий в канатах (масштаб 1:125)

7) Усилие подъема в расчетном положении:

$$F_n = \frac{01\ \ 1 + (( \ k + \ п)\ \ 2 + \ p\ \ 5) * \ \ \ s\ + 02\ \ 3}{4 \cdot si}, \text{кН}.$$

$$F_n = \frac{178 \cdot 8{,}7 + ((213+152) \cdot 7{,}3 + 76 \cdot 3{,}1) \quad s0^{\circ} + 133 \cdot 1{,}12}{6{,}2 \cdot si \ \ 90^{\circ}} = 741\text{кН}.$$

8) Усилие напора при условиях =90° и =0°

$$\text{н} = {}_{02} + \text{псо} \pm ({}_{\text{к}} + {}_{\text{п}} + ) \; i \quad ,$$

кН.

$$\text{н} = 133 + 741 \cdot c \quad 90^{\circ} \pm (213 + 152 + 76) \cdot \; i \; 0^{\circ} = 133 \; Кн$$

**2. Правила оформления работы**

Традиционно сложилась определенная композиционная структура учебных и научных работ, в том числе домашнего задания, основными элементами которой в порядке их расположения являются следующие:

1. Титульный лист
2. Задание
3. Расчет
4. Заключение
5. Список рекомендуемых литературных и электронных ресурсов

Титульный лист является первой страницей работы, которая не нумеруется и заполняется по строго определенным правилам.

Текстовый материал не допускает сокращений слов, кроме использования общепринятых сокращений:

а) буквенных аббревиатур (НИОКР, ОАО, ЛПР и т.д.);

б) сложносокращенных слов, составляемых из сочетаний (высшее учебное заведение -ВУЗ);

в) общепринятых условных сокращений, которые употребляются самостоятельно: т.е. (то есть), и т.д. (и так далее), и т.п. (и тому подобное), и др. (и другие) и пр. (и прочие);

г) общепринятых условных сокращений, которые делаются при ссылках: см. (смотри), ср. (сравни).

Слова «и другие», «и тому подобное», «и прочие» внутри предложения не сокращают. Не допускаются сокращения слов «так как» (т.к.), «например» (напр.).

При использовании литературных источников в тексте следует указывать приводимый материал. Для этого при прямом или косвенном изложении (при пересказе и изложении мыслей других авторов своими словами) необходимо после его окончания поставить квадратные скобки, поместив в них цифры: порядковый номер литературного источника в библиографическом списке использованной литературы в работе, например: [6].

Цифровой материал, когда его много или имеется необходимость в сопоставлении о выводах определенных данных и закономерностей, оформляется в виде таблиц.

По содержанию таблицы делятся на аналитические и неаналитические. Аналитические таблицы являются результатом обработки и анализа цифровых показателей. После таких таблиц следует делать обобщения в качестве выводов, которые оформляются в тексте словами: «таблица позволяет сделать вывод, что...», «из таблицы видно, что...», «таблица позволяет заклю-

чить, что...» и т.п. В неаналитических таблицах помещаются, как правило,

необработанные статистические данные, необходимые лишь для информации или констатации.

Любая таблица должна содержать заголовок. Таблицы нумеруют арабскими цифрами в пределах всего текста. Над правым верхним углом таблицы помещают надпись «Таблица...», с указанием порядкового номера таблицы (например, Таблица 4, приложение 3) без знака № перед цифрой и без точки после нее. Заголовок таблицы помещают непосредственно над ней.

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (–), умножения (×), деления (:), или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют.

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле. Формулы следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всей работы арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где», без абзацного отступа и двоеточия после него.

Пример

Плотность материала каждого образца ρ, кг/м$^3$, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}$$

где: m – масса образца, кг;

V – объем образца, м³.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Видами иллюстрированного материала в работе могут быть чертежи, диаграммы и графики. Все виды иллюстрированного материала в тексте носят название «рисунок». Они должны иметь сквозную нумерацию по всей работе. В тексте на рисунки делаются ссылки. В том месте, где речь идет о теме, связанной с иллюстрацией (рисунком), помещают ссылку либо в виде заключенного в круглые скобки выражения «(рис. 3)», либо в виде оборота типа: «... как это видно из рис. 3» или «... как это видно на рис. 3». Каждую иллюстрацию (рисунок) необходимо снабжать подрисуночной подписью.

В «Заключении» делаются выводы по всем заданиям в целом.

Библиографический список использованной литературы помещают после заключения. В работе следует использовать способ построения библиографического списка по тематической группировке.

При систематической (тематической) группировке материала библиографические записи располагают в определенной логической последовательности в соответствии с принятой системой классификации.

1. Книги одного, двух, трех авторов, например:

Лепешкин А.В. Гидравлика и гидропривод: Часть 2. Гидравлические машины и гидропневмопривод: Учебник / А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин, А.А. Шейпак –М.: МГИУ, 2005. -325с.

2. Издание коллектива авторов, например:

Гидравлика и гидропривод: Учеб. Пособие / Н.С. Гудилин, Е.М. Кривенко, Б.С. Маховиков, И.Л. Пастоев –М.: МГГУ, 2001. -520с.

## Рекомендуемая литература и электронные ресурсы


1. Солод В. И. Горные машины и автоматизированные комплексы : [Учебник для вузов по спец. "Горн. машины и комплексы"] / В. И. Солод, В. И. Зайков, К. М. Первов. - М.: Недра, 1981. - 503 с.
2. Подэрни Р. Ю. Горные машины и автоматизированные комплексы для открытых работ [Текст]: [Учебник для вузов по спец. "Горн. машины и комплексы", "Технология и комплекс. механизация открытой разраб. месторождений полез. ископаемых"]. - Москва : Недра, 1979. – 615с.
3. Горные машины и оборудование подземных разработок: учебное пособие к практическим занятиям / А.В. Гилёв, В.Т. Чесноков, В.А. Карепов, Е.Г. Малиновский ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2014. – 128 с.
4. Конструирование горных машин и оборудования/Учебное пособие. – Губкин, ГФ НИТУ МИСиС, 2020. – 104 с.