

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж



УТВЕРЖДАЮ

Директор

/ С.А. Махновский

«27» февраля 2019 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
ОПЦ.06 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
программы подготовки специалистов среднего звена  
по специальности СПО**

**15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного  
оборудования (по отраслям)**

Магнитогорск, 2019

## **ОДОБРЕНО**

Предметно-цикловой комиссией  
Механического и гидравлического  
оборудования

Председатель: О.А. Тарасова

Протокол №6 от 20 февраля 2019 г.

Методической комиссией

Протокол №5 от 21 февраля 2019 г.

## **Разработчик**

Е.С. Савинов,

преподаватель МпК ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Методические указания разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Технологическое оборудование».

## Содержание

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ/ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ.....	4
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ .....	5
Практическая работа № 1 .....	5
Практическая работа №2 .....	7
Практическая работа №3 .....	9
Практическая работа №4 .....	10
Практическая работа №5 .....	12
Практическая работа №6 .....	14
Практическое занятие № 7 .....	16
Практическое занятие № 8 .....	17
Лабораторная работа 1.....	3
Лабораторная работа 2.....	9

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Состав и содержание практических занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) необходимых в последующей учебной деятельности.

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Технологическое оборудование» предусмотрено проведение практических занятий. В рамках практического занятия обучающиеся могут выполнять одну или несколько практических работ.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

**уметь:**

У1. читать принципиальные структурные схемы;

У2. читать чертежи;

У3. определять основные технические параметры промышленного оборудования.

Содержание практических работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 1.1. Осуществлять работы по подготовке единиц оборудования к монтажу;

ПК 1.2. Проводить монтаж промышленного оборудования в соответствии с технической документацией;

ПК 1.3. Производить ввод в эксплуатацию и испытания промышленного оборудования в соответствии с технической документацией.

А также формированию **общих компетенций:**

ОК 1 - Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам;

ОК 2. - Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности

ОК.3 - Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 5. – Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 6. - Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе общечеловеческих ценностей.

ОК 9 - Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности

Выполнение обучающихся практических работ по учебной дисциплине «Инженерная графика» направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ/ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Разделы/темы	Темы практических/лабораторных занятий	Количество часов	Требования ФГОС СПО (уметь)
1	2	3	4
Раздел 1. Технологическое оборудование для хранения и подготовки шихтовых материалов к доменной плавке.			
Тема 1.2. Машины складов металлургического сырья	Практическая работа №1. Расчет мощности электродвигателя привода роторного вагоноопрокидывателя.	4	У1, У2, У3
	Практическая работа №2. Расчет мощности электродвигателя механизма передвижения тележки перегрузочного грейферного крана.	4	
Тема 1.3. Оборудование фабрик производства агломерата и окатышей	Практическая работа №3. Составление кинематических схем привода дробилок и мельниц.	4	
	Практическая работа №4. Расчет мощности электродвигателя привода барабанного смесителя	3	
Раздел 2. Технологическое оборудование доменных цехов			
Тема 2.1. Оборудование для подачи шихтовых материалов к доменному подъемнику	Практическая работа № 5. Составление кинематических схем привода механизмов вагон-весов и перегрузочного вагона	4	У1, У2
Раздел 3. Технологическое оборудование сталеплавильных цехов			
Тема 3.2. Машины для подачи кислорода в конвертер	Практическая работа №6. Определение мощности электродвигателя механизма передвижения кислородной фурмы.	3	У1, У2, У3
Раздел 4. Технологическое оборудование прокатных цехов			
Тема 4.1. Технологическое оборудование прокатных клетей	Лабораторная работа № 1 Проектирование производственных цехов предприятий отрасли	6	У1, У2, У3
Тема 4.2. Детали, узлы и механизмы рабочих клетей прокатных станов	Практическая работа №7. Расчет на прочность прокатных валков	3	У1, У2
	Практическая работа № 8. Сравнительная характеристика подшипников различного типа	3	
		Лабораторная работа № 2. Расчет на прочность нажимного винта и гайки	6

### 3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

#### Тема 1.2. Машины складов металлургического сырья

#### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

#### Расчет мощности электродвигателя привода роторного вагоноопрокидывателя

**Цель работы:** Рассчитать механизм кантования ротора стационарного роторного вагоноопрокидывателя

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

читать кинематические схемы;

определять параметры работы оборудования и его технические возможности.

**Материальное обеспечение:** раздаточный материал

**Задание:**

1. Закрепить знание конструкции роторного вагоноопрокидывателя
2. Зарисовать схему роторного вагоноопрокидывателя.
3. Подписать позиции
4. Рассчитать суммарный статический момент двигателя механизма кантования ротора

**Порядок выполнения работы:**

Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы

Выполнить расчет механизма кантования ротора стационарного роторного вагоноопрокидывателя

**Ход работы:**

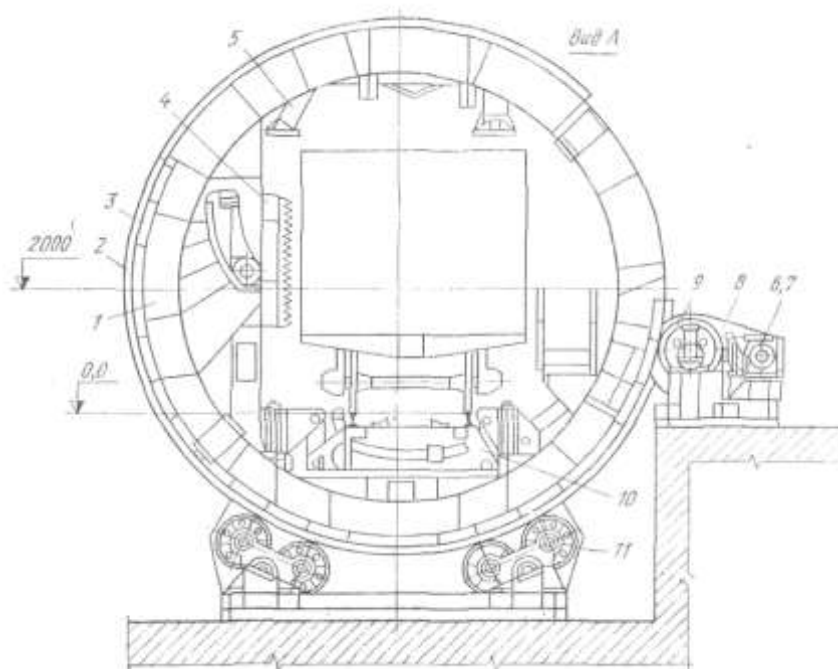


Рисунок 1 – Схема стационарного роторного вагоноопрокидывателя

#### Исходные данные

1. Суммарный вес всех элементов: ротора, вагона, материала  $\sum G_i = 2374 \text{ кН}$
2. Плечо статического момента от сил тяжести  $X_{oi}; 0,13 \text{ м}$
3. Число опорных роликов  $Z \text{ } 12$
4. Угол между осью роликоопоры и вертикальной осью ротора  $\alpha$ ; град  $t \text{ } 30$
5. Угол между осью роликоопоры о осью ролика  $\beta$ ; град  $15$

6. Приведенный коэффициент трения подшипников качения роликов  $f_{пр} = 0,03$
7. Диаметр цапфы опорного ролика  $D_{ц}$ ; мм  $100 = 0,1\text{м}$
8. Радиус бандажа ротора  $R_б$ ; м  $3,7$
9. Радиус опорного ролика  $r_p$ ; м  $0,30$
10. Коэффициент трения качения ролика по бандажу  $R$ ; см  $0,5 = 0,005\text{ м}$

1. Рассчитать статический момент от веса элементов вагоноопрокидывателя, вагона и материала в нем

$$M_{ст} = \sum G_i \cdot X_{oi} \text{ (кНм)}$$

2. Рассчитать момент трения сил в роликовых опорах (кНм)

где  $N_p$  - реакция (нагрузка) ролика (кН)

$$N_p = \frac{\sum G_i}{z \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta}$$

3. Определить суммарный статический момент

$$M_{сумм.ст} = M_{ст} + M_{тр} \text{ (кНм)}$$

4. Определить суммарный статический момент приведенный к валу электродвигателя.

Принять  $n=0,78$  ;  $u= 24$

### **Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе.

### **Критерии оценки:**

Знание конструкции роторного вагоноопрокидывателя

Правильности расчета статического момента двигателя механизма кантования ротора

## Тема 1.2. Машины складов металлургического сырья

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

#### Расчет мощности электродвигателя механизма передвижения тележки перегрузочного грейферного крана

**Цель работы:** Рассчитать и подобрать электродвигатель механизма передвижения тележки мостового крана.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

определять параметры работы оборудования и его технические возможности.

**Материальное обеспечение:** Учебник Руденко Н.Ф. Курсовое проектирование грузоподъемных машин.

**Задание:**

1. Зарисовать кинематическую схему передвижения тележки и подписать позиции.
2. Рассчитать электродвигатель механизма передвижения тележки крана.
3. Выбрать электродвигатель серии МТ и МТВ (см. приложение 11 учебника)

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Выполнить расчет электродвигателя тележки мостового крана
3. Подобрать электродвигатель

**Задание:**

1. Зарисовать кинематическую схему передвижения тележки и подписать позиции.
2. Рассчитать электродвигатель механизма передвижения тележки крана.
3. Выбрать электродвигатель серии МТ и МТВ (см. приложение 11 учебника)

**Порядок выполнения работы:**

Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы  
Выполнить расчет электродвигателя тележки мостового крана  
Подобрать электродвигатель

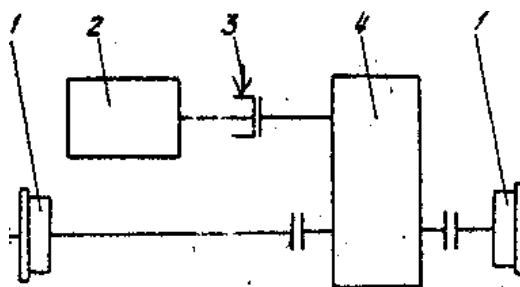


Рисунок 2 – Кинематическая схема передвижения тележки мостового крана

Таблица 1 - Исходные данные

№ вар	$Q$ , $t$	$V_{под}$ , $м/с$	$D_{хк}$ , $мм$	$G_{кр.}$ , $T$
1	3	0,2	650	35
2	4	0,18	700	36
3	5	0,19	750	37
4	6	0,2	800	38
5	7	0,18	650	39
6	8	0,19	700	40



7	9	0,2	750	45
8	3, 5	0,18	800	35
9	4, 5	0,19	650	36
10	5, 5	0,2	700	37

1.

2. Сопротивление передвижению тележки с номинальным грузом, приведенное к ободу ходового колеса, определяется по формуле:

$$W_{mp.} = \frac{Q_{ep} + G_m}{D_{xk.}} * (2 * \mu + f * d) * k_p,$$

где  $G_o$  - собственный вес тележки (кН);

$G_{ep.}$  - вес груза (кН)

$D_{xk}$  - диаметр ходового колеса тележки, м;

$\mu$ - коэффициент трения коле качения ( $\mu = 0,3$ );

$f$ - коэффициент трения в опоре вала колеса ( $f = 0,015$ );

$d$ - диаметр цапфы, м

$$d = (0,2 \div 0,25) * D_{xk}.$$

$k$ - коэффициент трения реборд ходовых колес и торцов ступиц колеса ( $k = 2,5$ ).

2. Выбор электродвигателя для механизма передвижения крановых тележек и кранов производят по максимально-допустимому пусковому моменту двигателя, при котором обеспечивается надлежащий запас сцепления ходового колеса с рельсом, исключающий возможность буксования при передвижении тележки без груза в процессе пуска.

3. При пуске максимально допустимое значение ускорения тележки определяется по формуле:

$$a_{max} = \left[ \frac{n_{np}}{n_k} \left( \frac{\varphi}{1,2} + f \frac{d}{D_{xk}} \right) - (2\mu + fd) \frac{k_p}{D_{xk}} - \frac{P_v}{G_m} \right] * g,$$

где  $n_{np}$  – число приводимых ходовых колес ( $n_{np} = 2$ );

$n_k$  – общее число ходовых колес ( $n_k = 4$ );

$\varphi$  - коэффициент сцепления ходового колеса с рельсом, равно 0,2;

$P_v$  – ветровая нагрузка на кран в рабочем состоянии ( $P_v = 0$ );

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

4. Мощность двигателя по статическому сопротивлению при перемещении тележки с номинальным грузом:

$$N_{cm} = \frac{W_{mp} V_m}{102 * 60 * \eta_0}, \text{ где}$$

$\eta_i$  - КПД при установке ходовых колес на подшипниках качения,  $\eta_i = 0,9$ .

### Форма предоставления результата

#### Критерии оценки:

Правильность построения кинематической схемы передвижения тележки с различными приводами.

Правильность расчета электродвигателя тележки мостового крана и его выбор

**Тема 1.3 Оборудование фабрик производства агломерата и окатышей**  
**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3**  
**Составление кинематических схем привода дробилок**

**Цель работы:** Составить кинематические схемы дробилок

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

–определять параметры работы оборудования и его технические возможности.

**Материальное обеспечение:** раздаточный материал

**Задание:**

- 1.Зарисовать кинематические схемы для разных типов дробилок .
2. Определить каждую из указанных позиций
3. Ознакомится с работой каждой из дробилок

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Определить тип дробилки
3. Зарисовать кинематические схемы

**Ход работы:**

**Типы дробилок**

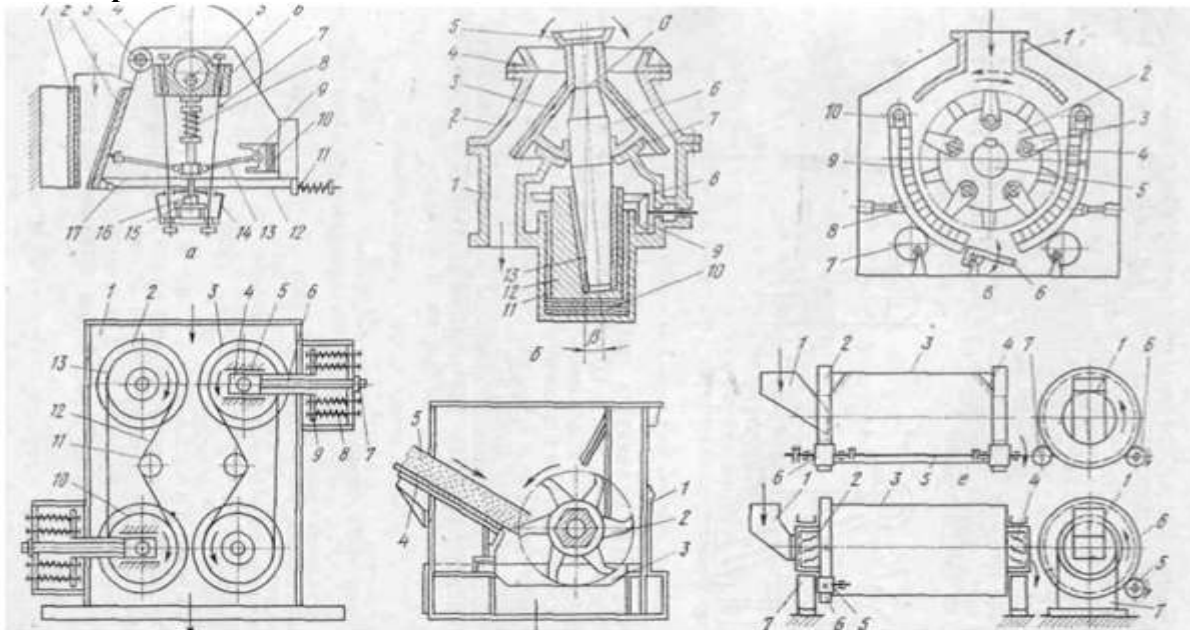


Рисунок 3 – Машины для измельчения материалов

**Форма предоставления результата**

Отчет о проделанной работе.

**Критерии оценки:**

Правильность проставления позиций.

Правильность определения типа дробилок

Знание устройства и работы дробилок.

### Тема 1.3 Оборудование фабрик производства агломерата и окатышей ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

#### Расчет мощности электродвигателя привода барабанного смесителя

**Цель работы:** Рассчитать мощность барабанного смесителя

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

–определять параметры работы оборудования и его технические возможности.

**Материальное обеспечение:** раздаточный материал

**Задание:**

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Выполнить расчет электродвигателя барабанного смесителя
3. Подобрать электродвигатель
4. Выполнить отчет о проделанной работе

Ход работы:

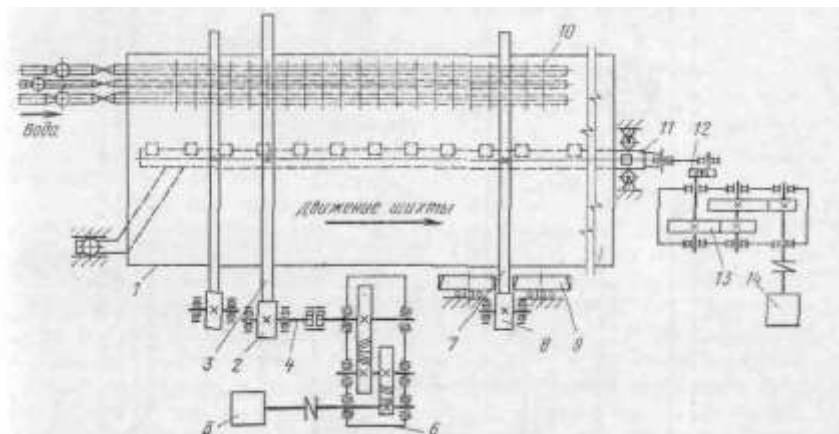


Рисунок 4 – Кинематическая сема привода барабанного смесителя

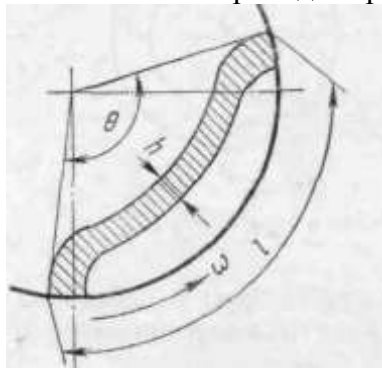


Рисунок 5 – Схема движения материала в барабане

Таблица 2 – Техническая характеристика барабанных смесителей

Параметры	Смесители		Окомкователи		
	СВ 3,2×8,0	СВ 3,2×12,5	ОВ 2,8×11	ОВ 3,2×12,5	ОВ 4,2×24
Производительность, т/ч:					
смесителей (максимальная) . . . . .	850	1200	—	—	—
окомкователей (по годовому продукту) . . . . .	—	—	40	450	1100
Диаметр барабана (внутренний), м . . . . .	3,2	3,2	2,8	3,2	4,2
Длина барабана, м . . . . .	8	12,5	11	12,5	24
Угол наклона барабана . . . . .	2° 30'	2° 15'	3—6°	1—4°	2,5°
Степень заполнения барабана, % . . . . .	<13	<18	<15	<13	8—10,9
Частота вращения барабана, об/мин . . . . .	9,84; 6,55; 4,92	7,71— 11,56	8—12	4—8	4—8
Мощность электродвигателя привода вращения барабана, кВт . . . . .	60/90/120/120	400	90	110/175	630

### Расчет мощности двигателя привода барабана

Нагрузка на опорные ролики складывается из веса барабана  $G_6$ , веса шихты в барабане  $G_{ш}$  и веса гарниссажа  $G_r$ .

Вес шихты  $G_{ш}$  можно определить при известной степени заполнения барабана по следующей формуле:

$$G_{ш} = \frac{\pi D^2}{4} L \gamma g \varphi$$

где  $L$  — длина барабана;

$g$  — ускорение свободного падения;

$\varphi$  — степень заполнения барабана.

Нагрузка на один ролик

$$N_p = \frac{G_6 + G_{ш} + G_r}{Z \cos \alpha}$$

где  $Z$  — число опорных роликов;  $\alpha$  — половина центрального угла между роликами.

Угол  $\alpha$  обычно принимают равным 30–35°. С увеличением угла  $\alpha$  растет величина реакции  $N_p$ , а с уменьшением  $\alpha$  снижается устойчивость барабана.

Влиянием наклона оси барабана к горизонту на распределение нагрузок по роликам, а также сопротивлением от трения в подшипниках упорных роликов при расчете можно пренебречь.

### Форма предоставления результата

Отчет о проделанной работе.

### Критерии оценки:

Правильность расчета электродвигателя барабанного смесителя проставления позиций.

Правильность подбора необходимого электродвигателя

Знание устройства и работы привода барабанного смесителя.

## Тема 2.1 Оборудование для подачи шихтовых материалов к доменному подъемнику

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

#### Составление кинематических схем привода механизмов вагон-весов и перегрузочного вагона

**Цель работы:** Составить кинематические схемы оборудования

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

—определять параметры работы оборудования и его технические возможности.

**Материальное обеспечение:** раздаточный материал

**Задание:**

- 1.Зарисовать кинематические схемы оборудования.
2. Обозначить указанные позиции

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Определить оборудование и подписать позиции
3. Зарисовать кинематические схемы

**Ход работы:**

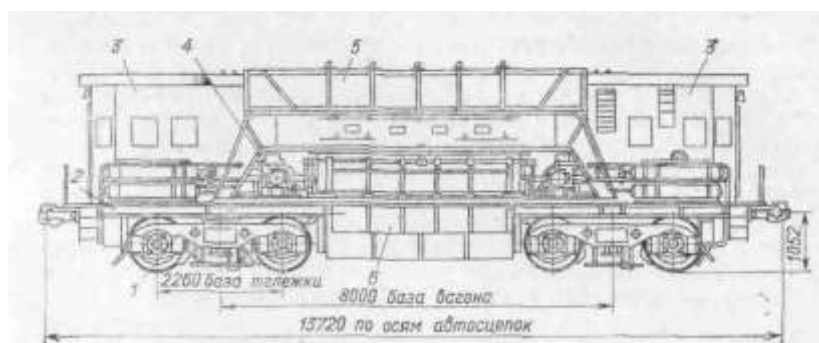


Рисунок 6 – Рудный перегрузочный вагон

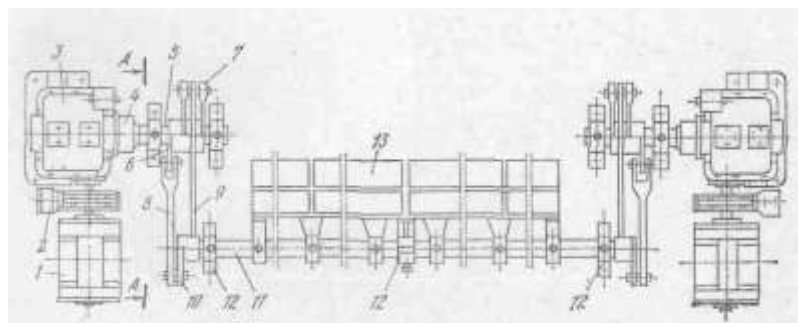


Рисунок 7 – Кинематическая схема

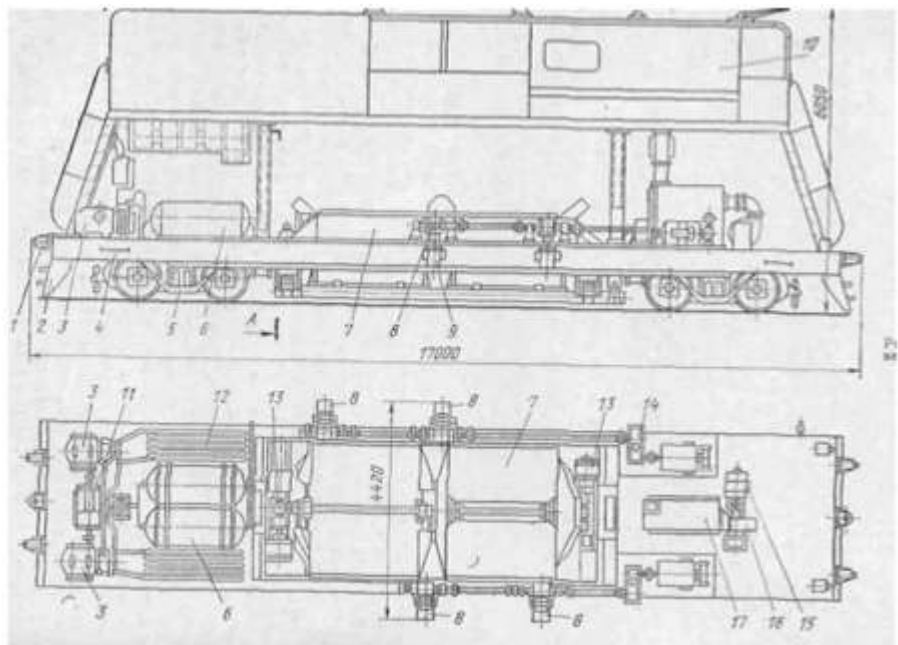


Рисунок 8 – Вагон-весы

**Форма предоставления результата**

Отчет о проделанной работе.

**Критерии оценки:**

Знание основных узлов вагон-весов.

Знание основных узлов привода вагон-весов.

## Тема 3.2 Машины для подачи кислорода в конвертер

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

#### Определение мощности электродвигателя механизма передвижения кислородной фурмы

**Цель работы:** Рассчитать мощность электродвигателя механизма передвижения кислородной фурмы

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

–определять параметры работы оборудования и его технические возможности.

**Материальное обеспечение:** раздаточный материал

**Задание:**

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Рассчитать мощность электродвигателя механизма передвижения кислородной фурмы
3. Подобрать электродвигатель
4. Выполнить отчет о проделанной работе

**Ход работы:**

Механизм перемещения фурменной каретки

Усилие на ходовые ролики каретки при внецентренном приложении силы тяжести каретки и металлорукавов

$$N = (G_{\phi}b + 0.5G_p c)/a$$

где  $G_{\phi}$  — вес фурмы с водой;

$G_p$  — вес комплекта металлорукавов из которых два заполнены водой;

$b$  и  $c$  — расстояния от оси каретки до осей, соответственно, фурмы и металлорукавов;

$a$  — база каретки.

Сопротивление движению каретки на ходовых роликах

$$W = 2Nk_p(\mu d + 2k)/D$$

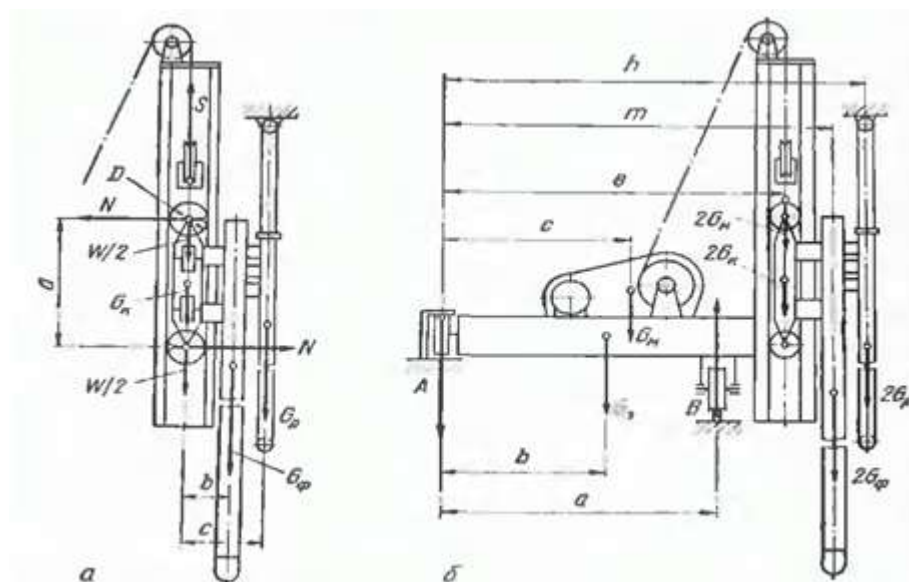


Рисунок 9. Кинематическая схема привода кислородной фурмы

где  $\mu$  — коэффициент трения в подшипниках ходовых роликов;  $d$  — диаметр подшипника;  $k$  — коэффициент трения качения;  $D$  — диаметр ходового ролика;  $k_p$  — коэффициент, учитывающий дополнительное сопротивление на упорных роликах.

Сила тяжести перемещаемых частей фурменной каретки с учетом жесткости мет аллорука

$$G_o = G_\phi + G_k + 0,5G_p k_{ж}$$

где  $G_k$  — вес каретки;

$k_{ж} = 1,2$  — коэффициент, учитывающий жесткость металлоукреплений.

Тяговое усилие на барабане лебедки с учетом потерь на трение в направляющих блоках и на канатном барабане в случае подъема фурмы

$$S = (G_o + W)k_n k_b$$

где  $k_n$  и  $k_b$  — коэффициенты сопротивления соответственно на направляющих блоках и на барабане.

Статическая мощность при подъеме каретки

$$P_c = S v / \eta$$

где  $v$  — скорость тяговых канатов, м/с;

$\eta$  — к. п. д. лебедки.

Расчетная мощность с учетом температуры окружающей среды

$$P_p = P_c / k_t$$

где  $k_t$  — температурный коэффициент.

Электродвигатель, выбранный по каталогу, проверяют на перегрузочную способность в период пуска при подъеме фурмы каретки по общепринятой методике.

### Механизм передвижения платформы

Усилия на ходовые колеса, расположенные со стороны фурм, определим из уравнения моментов относительно опоры  $A$

$$B = \frac{G_n b + 2G_m c + 2(G_n + G_k)e + 2G_\phi m + G_p h}{a}$$

где  $G_n$  — вес платформы;

$G_m$  — вес лебедки механизма перемещения каретки;

$G_n$  — вес направляющей для каретки;

$G_k$ ,  $G_\phi$  и  $G_p$  — имеют то же значение, что и в предыдущем расчете;

$b$ ,  $c$ ,  $e$ ,  $m$ ,  $h$  — плечи соответствующих сил относительно опоры  $A$ ;

$a$  — колея платформы.

Усилия на ходовые колеса со стороны удерживающего рельса

$$A = G_n + 2G_m + 2G_n + 2G_k + 2G_\phi + G_p - B$$

Сопротивление передвижению платформы

$$W = (A + B)k_p k_{ж}(\mu d + 2k)/D$$

где  $k_p = 1,2 \div 1,3$  — коэффициент, учитывающий дополнительное сопротивление на упорных роликах при перекосах платформы или трение в ребордах в случае установки ребордных ходовых колес.

Принятый по каталогу электродвигатель проверяют на допустимую пусковую перегрузку.

### Форма предоставления результата

Отчет о проделанной работе.

### Критерии оценки:

Правильность расчета мощности электродвигателя механизма передвижения кислородной фурмы и его подбор.



**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7**  
**Расчет на прочность прокатных валков**

**Цель работы:** Рассчитать статическую прочность валков

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

–читать кинематические схемы;

–определять параметры работы оборудования и его технические возможности.

**Материальное обеспечение:** Атлас Королева А.А. стр. II - 29

**Задание**

1. Рассчитать статическую прочность валков;
2. Сравнить полученные данные с допустимым значением.

**Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Зарисовать прокатный валок и подписать его основные элементы
3. Найти все исходные данные для расчета из атласа
4. Выполнить расчеты на прочность и жесткость прокатных валков
5. Выполнить отчет о проделанной работе

**Ход работы**

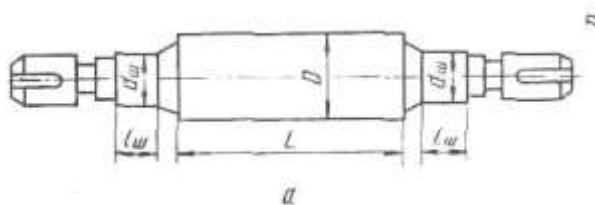


Рисунок 10 – Прокатный валок

1. Напряжение изгиба в бочке валка определяется по формуле:

$$\sigma_{изг.б} = \frac{M_{изг.}}{W_{б}} = \frac{M_{изг.}}{0,1d_b^3} \quad [\text{МПа}],$$

где  $M_{изг.}$ - изгибающий момент, действующий в рассматриваемом сечении бочки валка, Н\*М;

$W_{б}$ - момент сопротивления поперечного сечения бочки валка на изгиб, Н\*М.

2. Для листовых двухвалковых станов максимально изгибающий момент будет в середине бочки валка.

$$M_{изг.} = \frac{P}{2} * \frac{a}{2} - \frac{P}{2} * \frac{b}{4} = \frac{P}{4} \left( a - \frac{b}{2} \right),$$

где P- максимальное усилие при прокатке, Н;

$P = m * g$ , где

m – масса валка, т; (см. технические характеристики заданного валка);

g – ускорение свободного падения ( $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ ).

a - расстояние между опорами, м;

b - ширина полосы, м. ( $1 \text{ МПа} = 1000 \text{ КН/м}^2$ )

3. Шейку листового валка рассчитывают на изгиб по следующей формуле:

$$\sigma_{изг.ш} = \frac{M_{изг.ш}}{W_{изг.ш}} = \frac{\frac{P}{2} * \frac{l}{2}}{0,1d_{ш}^3} = \frac{Pl}{0,4d_{ш}^3},$$

где l- длина шейки валка, м;

4. Кручение шейки листового валка рассчитывается по формуле:

$$\tau_{ш} = \frac{T}{w_{кр.ш}} = \frac{T}{0,2d_{ш}^3}, \text{ где}$$

T- крутящий момент, прикладываемый к валку со стороны привода(полярный момент сопротивления).

$$P=T*\omega ,$$

где P- мощность, Вт. (принимается мощность равную 90 кВт)

$\omega$  - скорость вращения, об/мин. (скорость вращения 90 об/мин)

$$T = \frac{P}{\omega}$$

5. Результирующее напряжение определяется по формуле для стальных валков.

$$\sigma_{рез} = \sqrt{\sigma_{изг.ш}^2 + 3\tau^2}$$

6.Результирующее напряжение не должно превышать допустимое для данных валков.

#### **Форма предоставления результата**

Отчет о проделанной работе – вывод о результирующем допустимом напряжении.

#### **Критерии оценки:**

Правильность указания основных элементов валка.

Правильность расчета на прочность и жесткость прокатных валков

### **Тема 4.2 Детали, узлы и механизмы рабочих клеток прокатных станов ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8 Сравнительная характеристика подшипников различного типа**

**Цель работы:** Сравнить подшипники различного типа

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

–читать кинематические схемы;

–определять параметры работы оборудования и его технические возможности.

**Материальное обеспечение:** Раздаточный материал видов подшипников.

#### **Задание**

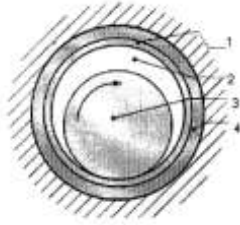
1. Заполнить таблицу и подписать элементы подшипников

#### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Подписать элементы подшипников
3. Заполнить таблицу
4. Выполнить отчет о проделанной работе

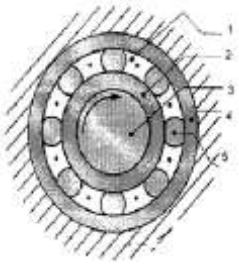
#### **Форма предоставления результата**

Заполненная таблица и выводы о рациональном использовании каждого из видов на валках прокатных станов.

Тип	Схема подшипника и его функциональные элементы	Принцип работы и габариты	Смазка	Станы, на которых применяются	Сравнивание типов: «+» и «-»	Материалы
Подшипники скольжения		<p>Имеют диаметры 140-1200 мм, относительный зазор, т.е отношение разности диаметров отверстия втулки и шейки вала к диаметру отверстия втулки, принимается равным 0,0003-0,02. скоростей скольжения 0,2-60 м/сек и удельных давлений 5-25 Мн/м (50-250 кгс/см<sup>2</sup>)</p>		Обжимные, сортовые станы.	<p>Имеют преимущества:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. высокая скорость вращения</li> <li>2. экономичны при больших диаметров валов</li> <li>3. возможность установки на валах, где подшипник должен быть разъемным.</li> <li>4. допускают регулирование различного зазора и, следовательно, точную установку геометрической оси вала</li> </ol> <p>Недостатки: 1. высокие потери на трение и, следовательно, пониженный коэффициент полезного действия (0,95...0,98)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. необходимость в непрерывном смазывании.</li> <li>3. неравномерный износ подшипника и цапфы</li> <li>4. применение для изготовления подшипников</li> </ol>	

					<p>дорогостоящих материалов 5. относительно высокая трудоемкость изготовления.</p>	
--	--	--	--	--	--	--

Тип	Схема подшипника и его функциональные элементы	Принцип работы и габариты	Смазка	Станы на которых применяются	Сравнение типов подшипников: «+» и «-»	Материалы
Закрытого типа		1. муфта- цапфа 2. втулка- вкладыш между телом шейки и материала подшипника всегда сохраняется масляная пленка. Втулка-вкладыш у ГСД ПЖТ имеет специальные карманы.	Вязкое масло брайт-сток, турбинное. Распределение смазки осуществляется капиллярным и трубочками. Имеет индивидуальную масляную систему.			
Открытого типа		Текстолитовые наборные вкладыши.	Водомасляная эмульсия.			Вкладыши металлические и неметаллические: текстолит, лигнофоль, лигностон. Обоймы: легированная сталь.

тип	Схема подшипника и его функциональные элементы	Принцип работы и габариты	смазка	Станы на которых применяются	Сравнение типов подшипников: «+» и «-»	Материалы
Подшипник качения		Размеры: внутренний диаметр от долей мм до 1345 мм. Масса от долей грамма до 4 т. частота вращения до 200 000 об/мин при температуре до 1000°. в подшипнике качения трение-скольжение заменяется трением качения, благодаря чему снижаются потери энергии на трение и уменьшается	Масло минеральное, цилиндрическое, автотракторное, турбинное или масляный туман.	Четырехвалковые станы горячей и холодной прокатки, двухвалковые тонколистовые, сортовые и заготовочные.	Преимущества: 1.значительно меньшие потери на трение, следовательно, более высокий КПД и меньший нагрев. 2.в 10-20 раз меньше момент трения при пуске. 3.экономия дефицитных цветных материалов. 4.меньшие габаритные размеры в осевом направлении 5.простота обслуживания и замены 6.меньший расход смазочного материала 7.невысокая стоимость 8.простота	Баббит, сталь, бронза.

		износ. По форме тел качения подшипники делятся на: шариковые и роликовые.			ремонта машины в следствие взаимозаменяемос ти подшипников. Недостатки: 1.ограниченная возможность применения при очень больших нагрузках и высоких скоростях 2.значительные габаритные размеры в радиальном направлении и масса 3. повышенная чувствительность к неточности установки.	
--	--	--	--	--	---	--

**Критерии оценки:**

Правильность указания основных элементов подшипников.

Правильность заполнения таблицы

## **Тема 4.1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОКАТНЫХ КЛЕТЕЙ**

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1**

#### **Проектирование производственных цехов предприятий отрасли**

##### **Цель работы:**

1. Формирование производственной структуры предприятия
2. Проектирование размещения подразделений предприятия
3. Размещение оборудования

##### **Выполнив работу, Вы будете уметь:**

- Формировать производственную структуру предприятия;
- Проектировать размещения подразделений предприятия
- Размещать оборудования

##### **Задание**

1. Спроектировать производственных цех.

##### **Порядок выполнения работы**

- 1.Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы;
- 2.Сформирование производственной структуры предприятия
- 3.Спроектировать размещение подразделений предприятия
- 4.Разместить оборудование цеха

Выполнить отчет о проделанной работе.

##### **Ход работы**

1. Определение организационного типа производства (единичное, серийное, массовое).
  2. Определение количества и выбор формы специализации цехов.
  3. Анализ возможных маршрутов движения предметов труда в производстве.
  4. Проектирование внутрифирменной кооперации (формирование вариантов схем внутрипроизводственных связей).
  5. Проектирование производственной структуры цехов основного производства.
  6. Проектирование производственной инфраструктуры.
  7. Графическое изображение производственной структуры предприятия.
- Проектирование производственной структуры цехов полиграфического предприятия начинается с печатных цехов и может осуществляться в следующем порядке:
1. определяется количество основных участков цеха и вид их специализации
  2. производится анализ объектов производства, в ходе которого оценивается уровень унификации продукции и стабильность производственной программы
  3. закрепляются предметы труда за участками
  4. определяется вариант размещения оборудования на участках: технологический; поточный; групповая технология
  5. определяется состав основного оборудования участков и цеха в целом
  6. рассматриваются вопросы внутрицеховой кооперации
  7. определяется состав и количество вспомогательного оборудования
  8. определяется профессиональный состав, структура и численность работников цеха
  9. формируется структура управления цехом
  10. рассчитывается потребность в площадях
  11. осуществляется пространственная планировка цеха
  12. производится расчет основных технико-экономических показателей цеха.

В полиграфическом производстве только после того, как сформирована производственная структура печатного цеха и произведены расчеты основных технико-экономических показателей его деятельности, можно приступать к формированию производственных структур допечатного и послепечатного производств.

При выполнении пространственной планировки цеха в первую очередь производится расчет размеров производственных площадей, и только потом вспомогательных и обслуживающих. При определении размеров площади, занимаемой тем или иным подразделением полиграфического предприятия, необходимо:

1. Вычислить суммарную площадь, занимаемую основным оборудованием цеха. Эти данные содержатся в сопроводительной документации на соответствующее оборудование либо в рекламных проспектах.

2. С учетом поправочного коэффициента, значения которого приведены в таблице 1, определить площадь цеха.

Таблица. 1. Поправочные коэффициенты для определения площади цехов

Цех	Поправочный коэффициент
Цеха по изготовлению форм для офсетной печати	4,0
Печатные цеха	3,0 – 3,5
Брошюровочно-переплетные цеха	4,5 – 5,0
Склады полуфабрикатов	2,5
Бумажные склады	2,2 – 2,7
Ремонтно-механические цеха	3,0 – 4,5

На втором этапе производится выбор здания. Затем определяется количество пролетов и расстояния между ними.

На третьем этапе параллельно ведутся работы по составлению эскизов планов размещения основного и вспомогательного производств. Обычно имеет место несколько альтернативных вариантов эскизов, из которых выбирается наиболее рациональный вариант пространственной планировки цеха, который наносится на план.

Схема проектирования производственной инфраструктуры включает в себя определение потребности в обслуживающих и вспомогательных службах и проектирование структуры вспомогательной и обслуживающей систем предприятия.

Сформированная производственная структура закрепляется в паспорте предприятия и отображается в его генеральном плане

Генеральный план предприятия представляет собой план расположения на конкретной территории всех цехов, служб, сооружений, устройств и коммуникаций, согласованных с особенностями рельефа местности, требованиями благоустройства территории и охраны окружающей среды.

При организационном проектировании производства необходимо:

- руководствоваться принципом прямооточности при проектировании маршрутов движения материалов и полуфабрикатов и располагать цеха по ходу производственного процесса;

- обеспечивать минимум расстояний между технологически взаимосвязанными цехами,
- размещать вспомогательные цеха вблизи тех основных цехов, которые имеют наибольшую потребность в них,

- предусматривать дальнейшее развитие производства и возможность постройки новых зданий без нарушения существующего плана,

- предусматривать разграничение людских и грузовых потоков,



- осуществлять постройку зданий в соответствии с существующими общегосударственными санитарными и пожарными нормами,
- при привязке к местности необходимо учитывать розу ветров и стороны света для обеспечения наилучших условий освещения рабочих помещений и их естественного проветривания.

При проектировании размещения производственных подразделений предприятия решается задача «привязки» отдельных рабочих центров (структурных подразделений) к определенным местоположениям.

Проблема состоит в том, чтобы разработать оптимальное расположение. При этом некоторые комбинации будут более выгодны, чем другие, так как одни отделы и цеха могут извлечь пользу от смежного расположения, а другие непременно следует отделить друг от друга. Так, например, участок фальцовки целесообразно располагать вблизи печатного, потому, что между ними существуют устойчивые технологические связи и характерны большие постоянные грузопотоки. Перемещение печатных форм к печатным машинам не вызывает больших затрат на транспортировку, а их изготовление по СТР - технологии требует соблюдения определенных стандартов по экологическим и климатическим условиям. Поэтому участок изготовления печатных форм может и не находиться поблизости от печатного.

На планировку могут также повлиять такие факторы как расположение входов и выходов, лифтов, грузоподъемников, окон и площадок с укрепленным фундаментом. Так же важны уровень шума, безопасность, размеры и расположение комнат отдыха.

Большинство проблем по размещению подразделений предприятия носят разовый характер и представляют собой уникальную комбинацию факторов, не поддающихся стандартизации. То есть требуют индивидуальных проектов.

С математической точки зрения, задача выбора оптимального расположения подразделений является многовариантной. Так для поиска наилучшего размещения 9 отделов в линию необходимо перебрать 300тыс. вариантов. Различные ограничения на месторасположение сокращают число возможностей размещения, но оставшееся число тоже достаточно значительно. Универсальных алгоритмов размещения подразделений предприятия не существует. Поэтому проектировщик должен полагаться на эвристические правила, которые позволят найти удовлетворительное решение каждой проблемы методом проб и ошибок.

Чаще всего при решении задачи месторасположения подразделений предприятия оптимизируют затраты, расстояния и время на транспортировку материалов и полуфабрикатов, циркулирующих в производственной системе. Это обычно достигается за счет расположения отделов (подразделений) с относительно высоким взаимным потоком работы так близко друг к другу, насколько это возможно.

Важным фактором в выборе планировки являются начальные:

- затраты на осуществление,
- предполагаемые эксплуатационные расходы,
- созданное количество эффективных мощностей и
- возможность достаточно легко модифицировать производственную систему.

При проектировании месторасположения отделов и производственных подразделений необходима следующая информация: список отделов и производственных подразделений, подлежащих планировке; размеры и конфигурация здания (или зданий), в которых эти подразделения будут располагаться; величина площадей самих подразделений; направление материалопотока между различными подразделениями; расстояния между помещениями (центрами) и стоимость перемещения единицы груза; расходы на планировку; список

специальных требований (желательное и нежелательное соседство подразделений и отделов).

Необходимость в размещении оборудования возникает как в процессе проектирования новых мощностей, так и перепроектировании уже существующих предприятий при изменении организационно-технических условий их деятельности. Причинами перепроектирования могут быть:

1. неэффективность организации производственного процесса (например, высокая себестоимость изготовления продукции, нарушение рационального перемещения грузов, возникновение заторов);

2. повышенный риск происхождения несчастных случаев;

3. модернизация производимых изделий;

4. переход на новые технологии;

5. изменения в объемах и ассортименте выпускаемой продукции;

6. комплектация новым оборудованием;

7. выпуск новых изделий;

8. изменения, вызванные экологическими и законодательными требованиями.


В теории производственного менеджмента различают следующие схемы размещения оборудования: поточное; функциональное (для участков); по групповой технологии; фиксированное размещение (когда изделие размещено стационарно и неподвижно, а рабочие, материалы, оборудование перемещаются в соответствии с технологическими требованиями).

При поточном размещении оборудования используется принцип прямоточности, который предполагает расстановку оборудования строго по ходу технологического процесса. Эта схема может быть использована при предметной специализации структурных подразделений предприятий. Поточное размещение оборудования больше характерно для серийного и массового типов производства.

Функциональное (технологическое) размещение предполагает группировку оборудования, выполняющего сходные функции. При этом производственные подразделения могут специализироваться:

- на стадии производственного процесса (допечатная, печатная, послепечатная);
- отдельных видов технологических операций (регулирующих, монтажных);
- отдельных видов работ (например, ремонтных).

В качестве структурного объекта управления в этом случае используются отдельные участки. Размещение оборудования по такой схеме характерно для единичного и мелкосерийного производства.

Групповая технология - тип размещения, в котором оборудование сгруппировано в ячейки по операциям, необходимым для производства сходных изделий или семейств изделий, которые требуют сходного процесса изготовления. Ячейки, по сути, являются миниатюрными версиями поточной схемы размещения. Примером такой ячейки может служить многопредметные несинхронные поточные линии. На рис.6.6  схематично показано размещение оборудования по принципу групповой технологии.

В качестве структурных объектов управления при размещении оборудования по групповой технологии выступают небольшие поточные линии. Этот тип размещения характерен для серийного производства.

В таблице 2 приведены основные преимущества и недостатки описанных выше типов размещения оборудования.

Таблица 2. Преимущества и недостатки вариантов размещения оборудования

Вариант	Преимущества	Недостатки
---------	--------------	------------

размещения		
Поточный	<ul style="list-style-type: none"> <li>• высокая производительность</li> <li>• низкая себестоимость продукции, благодаря большому объему производства</li> <li>• низкая себестоимость внутрипроизводственной транспортировки предметов труда</li> <li>• высокая степень эффективности использования трудовых ресурсов и оборудования</li> <li>• строгая регламентированность маршрутов материальных потоков</li> <li>• высокая степень стандартизации работ по управлению ресурсами.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• монотонность труда в поточном производстве из-за высокой степени повторяемости процессов</li> <li>• система недостаточна гибкая и не может быстро перестраиваться в соответствии с требованиями производства выпуска новой продукции</li> <li>• высокая чувствительность системы к поломкам оборудования и отсутствию рабочих на своих местах</li> <li>• высокие затраты на профилактическое обслуживание, ремонт оборудования, поддержание резерва запасных частей.</li> </ul>
Функциональный	<ul style="list-style-type: none"> <li>• системы отвечают самым разнообразным требованиям</li> <li>• система не особенно чувствительна к сбоям оборудования</li> <li>• обычно меньше, чем в случае поточного производства, затраты на эксплуатацию оборудования</li> <li>• возможно использование индивидуальных систем мотивации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• большие затраты по поддержанию производственных запасов</li> <li>• календарное планирование работ значительно усложнено</li> <li>• невысокий коэффициент использования оборудования</li> <li>• затраты по внутрипроизводственному перемещению грузов в расчете на единицу продукции выше, чем в поточной схеме</li> <li>• большие затраты на контроль качества</li> <li>• более высокая себестоимость изделий, чем при поточной схеме</li> <li>• управление запасами более сложное чем при поточной схеме</li> </ul>
По групповой технологии	<ul style="list-style-type: none"> <li>• сокращение длительности производственного цикла по сравнению с функциональной схемой</li> <li>• повышение уровня ответственности за конечную продукцию и качество</li> <li>• создание условий для повышения уровня механизации и автоматизации производственных процессов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ухудшение использования оборудования и трудовых ресурсов</li> <li>• усложнение управления цехами</li> <li>• усложнение обслуживания и ремонта оборудования</li> <li>• трудности с внедрением новых технологий.</li> </ul>

Для предприятий и его структурных подразделений с ограниченной номенклатурой выпускаемой продукции и с небольшим числом различных технологических маршрутов движения предметов труда нахождение оптимальной планировки оборудования достигается методом анализа движения материальных потоков и расстановки оборудования с использованием описанных выше вариантов размещения. Для того чтобы рационально разместить оборудование на предприятиях с широкой номенклатурой выпускаемой продукции и при наличии большого числа различных технологических маршрутов ее

изготовления необходимо проводить многовариантные расчеты. В этом случае для нахождения варианта оптимальной планировки могут использоваться такие методы, как Монте-Карло, методы теории графов и метод направленного перебора возможных вариантов.

**Критерии оценки:**

- Правильность формирования производственной структуры предприятия
- Правильность проектирования размещения подразделений предприятия
- Правильность расстановки оборудования в цеху.

## Тема 4.2 Детали, узлы и механизмы рабочих клеток прокатных станов ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

### Расчет на прочность нажимного винта и гайки

**Цель работы:** Рассчитать нажимной винт и гайку

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

- читать кинематические схемы;
- определять параметры работы оборудования и его технические возможности.

**Материальное обеспечение:** Атлас Королева А.А.

#### Задание

1. Рассчитать нажимной винт и гайку по заданным параметрам

#### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы;
2. Рассчитать на прочность нажимного винта и гайки;
3. Выполнить отчет о проделанной работе.

#### Ход работы

Исходными данными являются усилие прокатки и скорость перемещения винтов.

Диаметр нажимного винта определяют в зависимости от условия, действующего на него при прокатке.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4Y}{\pi \cdot [\sigma]}} = 1,13 \sqrt{\frac{Y}{[\sigma]}}$$

$d_{\text{вн}}$  - внутренний диаметр нарезки винта, мм.

$Y$  - максимальное усилие, действующее на винт при прокатке, КН.

$[\sigma]$  - допускаемое напряжение на сжатие винта, МПа

Допускаемое напряжение на сжатие материала можно принимать равным 120-150 МПа

Нажимные винты изготавливают из ковanej стали марок Ст5, 40Х, 40ХН с пределом прочности  $\sigma = 600-700$  МПа.

Стан 2500

Диаметр нажимной гайки  $D_{\text{г}}$  и ее высоту  $H_{\text{г}}$  определяют из следующих соотношений:

$$D_{\text{г}} = (1,5 \div 1,8) \cdot d_{\text{нар}}$$

$$H_{\text{г}} = (0,95 \div 1,1) \cdot D_{\text{г}}, \text{ где}$$

$d_{\text{нар}}$  - наружный диаметр резьбы нажимного винта.

Так как на нажимную гайку и на шейку вала действует одно и то же усилие, наружный диаметр нажимного винта можно определить из зависимости:

$$d_{\text{нар}} = (0,55-0,62) d_{\text{ш}}, \text{ где}$$

$d_{\text{ш}}$  - диаметр шейки вала.

1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант
$Y = 18$ КН	$Y = 15$ КН	$Y = 10$ КН	$Y = 20$ КН
$d_{\text{ш}} = 1050$ мм	$d_{\text{ш}} = 840$ мм	$d_{\text{ш}} = 635$ мм	$d_{\text{ш}} = 1200$ мм

#### Форма предоставления результата

Отчет о проделанной работе.

#### Критерии оценки:

Правильность расчета на прочность нажимного винта и гайки.