

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г. И. Носова»  
Многопрофильный колледж



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ  
ПМ.04 Участие в организации технологического процесса  
МДК.04.01 Организация технологического процесса (по отраслям): Оборудование цеха  
обработки металлов давлением, наладка и контроль за его работой**

**для обучающихся специальности**

**44.02.06 Профессиональное обучение (по отраслям). Обработка металлов давлением**

Магнитогорск, 2022

**ОДОБРЕНО:**

Предметно-цикловой комиссией

Обработка металлов давлением

Председатель Шелковникова О.В.

Протокол № 5 от 19.01.2022

Методической комиссией МпК

Протокол №4 от 09.02.2022 г.

**Составитель :**преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» МпК Смирнова Т.В.преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» МпК В.М Агутинпреподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» МпК Шелковникова О.В.

Методические указания по выполнению практических работ разработаны на основе рабочей программы ПМ. 04 Участие в организации технологического процесса основной профессиональной образовательной программы.

Содержание практических работ ориентировано на формирование общих и профессиональных компетенций по программе подготовки специалистов среднего звена по специальности 44.02.06 Профессиональное обучение (по отраслям)/ Обработка металлов давлением

## СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ .....	4
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ .....	6
МДК.04.01 ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА (ПО ОТРАСЛЯМ): ОБОРУДОВАНИЕ ЦЕХА ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ, НАЛАДКА И КОНТРОЛЬ ЗА ЕГО РАБОТОЙ.....	6
Т.4.2.1 ОБОРУДОВАНИЕ ЦЕХОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ.....	6
Т.4.2.2 ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЦЕХОВ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ .....	73

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические занятия и лабораторные работы.

Состав и содержание практических и лабораторных 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) или учебных практических умений (умений производить расчеты энергосиловых параметров оборудования.), необходимых в последующей учебной деятельности.

В соответствии с рабочей программой, предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

**уметь:**

- осуществлять текущее планирование деятельности первичного структурного подразделения;
  - разрабатывать основную и вспомогательную технологическую и техническую документацию;
  - разрабатывать и проводить инструктаж по технике безопасности;
  - обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины;
  - обеспечивать соблюдение техники безопасности;
- осуществлять приемку и оценку качества выполненных работ;

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на формирование общих компетенций по профессиональному модулю программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК.4.1. Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения

ПК.4.2. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов

ПК.4.3. Разрабатывать и оформлять техническую документацию

ПК.4.4. Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины

ПК.4.5. Обеспечивать соблюдение техники безопасности

А также формированию **общих компетенций:**

ОК1 Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК2 Организовывать собственную деятельность, определять методы решения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК3 Оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях

ОК4 Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК5 Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности.

ОК6 Работать в коллективе и команде, взаимодействовать с руководством, коллегами и социальными партнерами.

ОК9 Осуществлять профессиональную деятельность в условиях обновления ее целей, содержания, смены технологий.

ОК10 Осуществлять профилактику травматизма, обеспечивать охрану труда и здоровья обучающихся.

ОК11 Строить профессиональную деятельность с соблюдением правовых норм, ее регулирующих.

Выполнение обучающимися практических и лабораторных работ 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;

- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;

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

Практические и лабораторные работы проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### МДК.04.01 ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА (ПО ОТРАСЛЯМ): ОБОРУДОВАНИЕ ЦЕХА ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ, НАЛАДКА И КОНТРОЛЬ ЗА ЕГО РАБОТОЙ

#### Т.4.2.1 ОБОРУДОВАНИЕ ЦЕХОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

##### Тема 1.1 Оборудование цехов обработки металлов давлением

##### Практическая работа № 1 Расчет на прочность прокатных валков

**Цель:** Рассчитать статистическую прочность валков. Научится определять прочность прокатных валков, и осуществлять выбор прокатных валков для того или иного технологического процесса прокатки

##### **Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

##### **Материальное обеспечение:**

1. Методическое пособие по проведению практической работы.
2. Атлас Королева А.А. стр. II - 29

##### **Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Рассчитать статическую прочность валков.
3. Сравнить полученные данные с допустимым значением.
4. Подготовить устную защиту практической работы.

##### **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Выполнить расчеты на прочность и жесткость прокатных валков
3. Выполнить отчет о проделанной работе

##### **Ход работы:**

1. Напряжение изгиба в бочке валка определяется по формуле:

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

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

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

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

$$M_{\text{изг}} = \frac{P}{2} * \frac{a}{2} - \frac{P}{2} * \frac{b}{4} = \frac{P}{4} (a - \frac{b}{2}), \text{ где}$$

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.

$$(1 \text{ МПа} = \text{Кн/м}^2)$$

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

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

l- длина шейки валка;

$d_{\text{ш}}$ - диаметр шейки валка.

Кручение шейки листового валка рассчитывается по формуле:

$$\tau_{\text{ш}} = \frac{T}{W_{\text{зв.}\phi}} = \frac{\phi}{0,2d_{\phi}^3}, \text{ где}$$

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)

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

3. Результирующее напряжение определяется по формуле для стальных валков.

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

Результирующее напряжение не должно превышать допустимое для данных валков.

### Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; расчет валков на прочность Выводы предоставить в письменной форме.

### Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## Практическая работа № 2

### Сравнительная характеристика подшипников различного типа

**Цель работы:** Сравнить подшипники различного типа

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

**Материальное обеспечение:**

1. Методическое пособие по проведению практической работы.
2. Раздаточный материал видов подшипников

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Заполнить таблицу и подписать элементы подшипников
3. Сделать выводы.

**Порядок выполнения работы:**

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

**Ход работы:**

1. Ознакомиться с методическим указанием к практической работе.
2. Разобрать виды подшипников по наглядным пособиям.
3. Переписать нужный материал в рабочую тетрадь.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; таблицу с характеристиками подшипников различных видов.. Выводы предоставить в тетради.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно



## Практическая работа № 3

### Выбор типа и конструкции нажимного механизма.

**Цель работы:** Ознакомиться по каким параметрам выбирают нажимной механизм для прокатных станов. Произвести расчет нажимного винта и гайки.

### **Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

### **Материальное обеспечение:**

Методическое пособие по проведению практической работы.

### **Задание:**

1. Ознакомиться с методическим указанием к данной практической работе.
2. Произвести расчеты показателей нажимного механизма и гайки.
3. Записать выводы в тетрадь для практических работ.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с вариантами выбора типа нажимного механизма.
2. Подготовить защиту данной практической работы.

### **Ход работы:**

Исходными данными являются усилие прокатки и скорость перемещения винтов.

1. 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

2. Нажимные винты изготавливают из ковальной 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 валка действует одно и тоже 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 валка.

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 представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; Выводы предоставить в письменной форме.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Практическая работа №4****Расчет на прочность нажимного винта и гайки**

**Цель работы:** Научиться производить расчет прочность нажимного винта и гайки

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

**Материальное обеспечение:**

Методическое указание к практической работе.

Справочные материалы.

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Необходимые расчеты сделать в рабочую тетрадь.
2. Сделать выводы.

**Краткие теоретические сведения:**

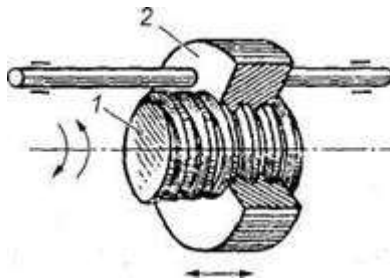
Во многих приводах машин и оборудования используется преобразование вращательного движения в поступательное. Это относится к таким распространенным приводам, как приводы подачи станков и роботов, измерительных машин, сканирующих столиков, регулировки клапанов и задвижек, различных мехатронных устройств и т.д. Требуемые линейные перемещения – от миллиметров до десятков метров, усилия – от единиц ньютонов до тысяч килоньютонов. Допуски на кинематические погрешности могут выражаться единицами микрометров, а требуемая разрешающая способность шагового привода ограничиваться сотыми долями микрометров.

Для преобразования вращательного движения в поступательное наиболее широко используются передачи винт – гайка. Передачи винт – гайка являются изделиями

общемашиностроительного применения, и их качество непосредственно сказывается на качестве машин и оборудования, в состав которых они входят.

*Передача винт-гайка (рис. 1) состоит из винта 1 и гайки 2, соприкасающихся винтовыми поверхностями.*

Передача винт-гайка предназначена для преобразования вращательного движения в поступательное (при больших углах подъема винтовой линии, порядка  $\gamma > 12^\circ$ ). При этом вращение закрепленной от осевых перемещений гайки вызывает поступательное перемещение винта, или вращение закрепленного от осевых перемещений винта приводит к поступательному перемещению гайки. Когда угол подъема больше угла трения, эту передачу можно использовать для преобразования поступательного движения во вращательное.



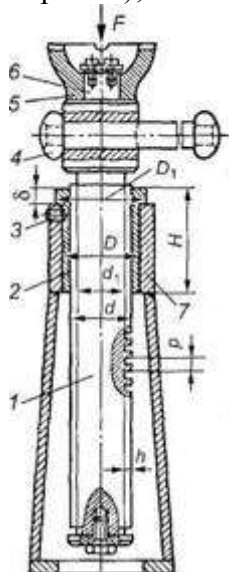
**Рисунок 1**

*Различают два типа передач винт-гайка:*

- передачи трения скольжения или винтовые пары трения скольжения (рис. 1-3);
- передачи трения качения или шариковинтовые пары (рис. 4) Ведущим элементом в передаче, как правило, является винт, ведомым - гайка. В передачах винт-гайка качения на винте и в гайке выполнены винтовые канавки (резьба) полукруглого профиля, служащие дорожками качения для шариков.

Конструктивно передача винт-гайка может быть выполнена:

- передачи с вращающимся винтом и ведомой, поступательно перемещающейся гайкой (наиболее распространенное исполнение) (см.рис.1). Такая схема обычно используется в силовых передачах при больших перемещениях (например, роботы, механизмы изменения стреловидности крыла);
- с вращающимся и одновременно поступательно перемещающимся винтом при неподвижной гайке (простые домкраты) (см. рис. 2);



**Рисунок 2. Винтовой домкрат: 1—винт; 2 — гайка; 3 — стопорный винт; 4 — рукоятка; 5 — чашка домкрата; 6— шип, 7 — корпус**

- передачи с вращающейся гайкой и ведомым поступательно перемещающимся винтом. Такие передачи применяются при небольших перемещениях и значительных осевых нагрузках (например, в механизмах управления стабилизаторами летательных аппаратов) (см. рис. 3).

В зависимости от назначения передачи винты бывают:

- **грузовые**, применяемые для создания больших осевых сил. При знакопеременной нагрузке имеют трапецеидальную резьбу, при большой односторонней нагрузке — упорную. Гайки грузовых винтов цельные. В домкратах (рис. 2) для большего выигрыша в силе и обеспечения самоторможения применяют однозаходную резьбу с малым углом подъема;

- **ходовые**, применяемые для перемещений в механизмах подачи. Для снижения потерь на трение применяют преимущественно трапецеидальную многозаходную резьбу.

- **установочные**, применяемые для точных перемещений и регулировок. Имеют метрическую резьбу. Для обеспечения безлюфтовой передачи гайки делают сдвоенными.

Большое внимание в винтовых передачах, применяемых в металлорежущих станках и приборах, уделяют устранению мертвого хода, возникающего при изменении направления движения. Наличие мертвого хода объясняется зазором в резьбе вследствие неизбежных ошибок при изготовлении и износа в течение эксплуатации. Для устранения мертвого хода винтовые механизмы снабжают специальными устройствами. При этом различают два способа выборки зазора в резьбе - осевое, применяемое для трапецеидальных резьб и радиальное смещение гайки - для треугольных резьб. Первый способ достигается установкой двух раздвигаемых гаек, например, пружиной, второй - разрезной гайки, втягиваемой цанговым зажимом.

Основные показатели качества передач винт – гайка как составной части привода:

- а) диапазон выбора передаточного отношения;
- б) предельная частота вращения винта;
- в) статическая грузоподъемность;
- г) динамическая грузоподъемность и долговечность;
- д) приведенный момент инерции;
- е) жесткость;
- ж) кинематическая точность;
- з) силы трения и КПД.

### Пример расчета

Для удобства рассмотрения сил в винтовой паре развернем виток резьбы по среднему диаметру  $d_2$  в наклонную плоскость, а гайку представим в виде ползуна (рис. 23).

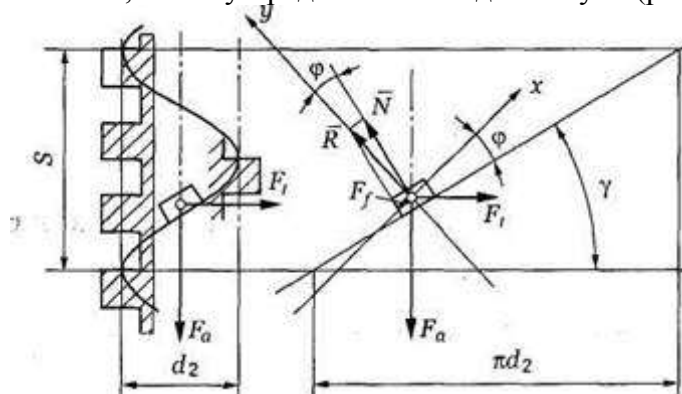


Рисунок 3. Силовые соотношения в винтовой передаче

Силы, возникающие в резьбе:  $F_a$  — осевая сила;  $F_t$  — окружная сила ( $F_t = 2T/d_2$ ;  $F_f = fN$ , где  $f$  — коэффициент трения;  $N$  — нормальная реакция).

На рис. 23  $R$  — равнодействующая сил  $N$  и  $F_f$ , угол  $\varphi$  между векторами сил  $R$  и  $N$  — угол трения. Зависимость между  $F_a$  и  $F_t$  найдем из уравнения равновесия гайки под действием сил  $F_t$ ,  $F_a$ ,  $R$ :

$$\bar{F}_t + \bar{F}_a + \bar{R} = 0,$$

откуда получим соотношение модулей сил

$$F_t = F_a \operatorname{tg}(\gamma + \varphi). \quad (1)$$

Формула (1) справедлива только для прямоугольной резьбы. Для треугольной или трапециевидальной резьбы

$$F_t = F_a \operatorname{tg}(\gamma + \varphi'), \quad (2)$$

где  $\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}}$  - приведенный угол трения;  $\alpha$  - угол профиля резьбы.

### Самоторможение в передаче «винт-гайка»

В этом случае под действием силы  $F_a$  гайка не может поворачиваться (из-за трения) относительно неподвижного винта. Условие самоторможения

$$\gamma \leq \varphi'. \quad (3)$$

По условию (3) проверяют, например, винтовые домкраты (см. рис. 2). Груз не должен опускаться, пока к рукоятке не приложена сила. Резьбы многозаходные для передачи движения (специальные) имеют угол подъема винтовой линии резьбы  $\gamma = 8^\circ - 16^\circ$ , угол трения  $\varphi = 2^\circ - 6^\circ$  (для стального винта и бронзовой гайки) и  $\varphi = 4^\circ - 8^\circ$  (для стального винта и чугунной гайки).

Формула (3) определяет условие самоторможения, а именно для самоторможения передачи винт-гайка необходимо, чтобы угол подъема винтовой линии резьбы ( $\gamma$ ) был меньше приведенного угла трения  $\varphi'$ .

Определение угла  $\varphi'$ :

$$\varphi = \operatorname{arctg} f \text{ — угол трения;} \quad (4)$$

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}} \text{ — приведенный угол трения.} \quad (5)$$

**Передаточное число** передачи винт-гайка условно можно записать

$$u = \frac{C}{S}, \quad (6)$$

где  $C = \pi D$  — длина окружности маховичка, с помощью которого осуществляется вращение винта (рис. 24);  $S$  — ход винта.

При малом ходе винта и большом диаметре маховика можно получить большое передаточное отношение  $u$ .

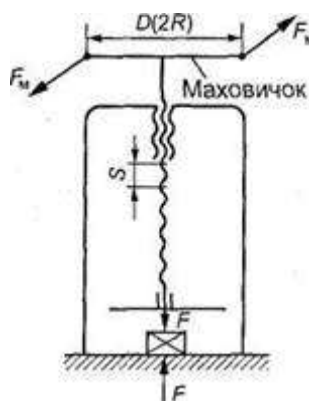


Рисунок 4 Кинематическая схема передачи винт-гайка

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить методические указания к проведению практической работы.
2. Выполнить задание.

3. Сделать выводы.

**Ход работы:**

1. По исходным данным произвести расчет шестеренной клетки на опрокидывание.
2. Полученные данные записать в тетрадь.
3. Подготовиться к защите практической работы.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; алгоритм определения шестеренной клетки на опрокидывание. Выводы предоставить в письменном виде.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Практическая работа № 5**

**Расчет шестеренной клетки на опрокидывание**

**Цель работы:** Научиться производить расчет шестеренной клетки на опрокидывание

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

**Материальное обеспечение:**

Методическое указание к практической работе.

Справочные материалы.

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Необходимые расчеты сделать в рабочую тетрадь.
2. Сделать выводы.

**Краткие теоретические сведения:**

Шестеренные клетки предназначены для разделения крутящего момента и передачи вращения валкам от главного двигателя через шпиндели или валы (рис. 1). Шестерённые клетки предусмотрены во всех прокатных станах, за исключением станов с индивидуальным приводом валков, осуществляемым непосредственно от двух двигателей (большие блюминги, слябинги и в некоторых случаях толстолистовые четырёхвалковые станы). Приводной обычно является нижняя шестерня. За основной параметр сортовых станов принимают диаметр начальной окружности шестерённых валков. Зубчатые колёса шестеренной клетки называют шестерёнными валками (они изготавливаются заодно с валом).

В качестве шестерённых валков применяют шестерни с шевронными зубьями с дорожкой или без дорожки посередине. Это вызвано тем, что:

1. Окружные скорости составляют 5-20 м/с. Прямые зубья не обеспечивают плавного хода передачи.
2. Отсутствие осевых нагрузок.
3. Шестерни с дорожкой проще и дешевле в изготовлении (дорожка предназначена для выхода фрезы), однако при этом уменьшается полезная ширина зубьев.

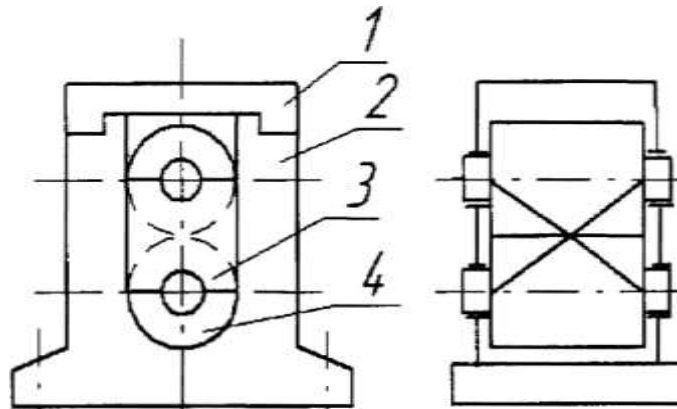


Рисунок 5 - Схема шестеренной клетки:  
1 - крышка, 2 - станина; 3 - шестерённые валки; 4 - подушка

#### Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания к проведению практической работы.
2. Выполнить задание.
3. Сделать выводы.

#### Ход работы:

1. По исходным данным произвести расчет шестеренной клетки на опрокидывание.
2. Полученные данные записать в тетрадь.
3. Подготовиться к защите практической работы.

#### Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; алгоритм определения шестеренной клетки на опрокидывание. Выводы предоставить в письменном виде.

#### Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## **Практическая работа №6**

### **Выбор типа и конструкции рольганга.**

**Цель работы:** Освоить методику выбора конструкции рольганга

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие по проведению практической работы. Атлас Королева А.А.

**Задание:**

1. Рассчитать мощность рольганга по заданным параметрам;
2. Зарисовать кинематическую схему рольганга.

#### **Краткие теоретические сведения:**

Роликовый конвейер (рольганг) состоит из группы роликов, оси которых закреплены в раме, устанавливаемой на стойках. На неподвижных осях рамы конвейера в подшипниках вращаются ролики. В некоторых конструкциях применяются сварные ролики, вращающиеся в подшипниковых узлах, установленных на раме рольганга. Длина ролика в роликовых конвейерах должна быть несколько больше ширины или диаметра груза, а расстояние между роликами несколько меньше половины длины груза. Мелкие грузы со сложной конфигурацией перемещают на роликовых конвейерах в ящиках, на специальных паллетах, или на поддонах.

Рольганги используются для перемещения несьюпучих грузов (контейнеров, поддонов, ящиков, коробок, паллет, штабелей плитных и листовых материалов, длинномерных грузов, например металлопроката, лесо- и пиломатериалов, брусков и т.п.), в случае, когда применение ленточных конвейеров невозможно или нецелесообразно.

На металлургических предприятиях для транспортирования металлопроката, задачи его в валки, приема из валков и передвижения к вспомогательным машинам (ножницам, пилам, правильным машинам и т.д.) применяются рольганги.

От стабильной работы рольгангов существенно зависит надежность всего стана, а также качество металлопроката.

Ролики тяжелых рольгангов работают в сложных условиях воздействия ударно-динамических нагрузок, высоких температур, запыленности, абразивного износа и охлаждающей воды, что может вызывать их поломки.

Рольганги отличаются различной грузоподъемностью и габаритами, диаметрами и длиной роликов, материалом роликов, и назначением.

Рама рольгангов изготавливаются из конструкционной стали с порошковым покрытием, из нержавеющей стали, и из алюминиевого анодированного профиля

Особенностями конструкции рольгангов являются длины секций, из которых собирается рольганговая линия, а также диаметры и шаг роликов.

Ролики для рольгангов изготавливаются из конструкционной стали с оцинкованным или грунтовым покрытием, пластиковые, из нержавеющей стали, из алюминия.

Ролики рольганговые бывают приводные, холостые, фрикционные.

Холостые ролики содержат подшипниковые узлы качения или скольжения.

Фрикционные ролики применяются в приводных рольгангах, на которых происходит накопление и принудительная остановка груза. При накоплении и остановке груза на рольганге происходит остановка роликов счет фрикционной муфты, установленной в ролике. Сила тяги ролика зависит от нагрузки, она устанавливается автоматически.



Приводные ролики приводятся в движение от мотор-редуктора при помощи цепной передачи (роliko-втулочной цепи), через блоки звездочек, жестко установленных на роликах рольганга. Кроме того, применяются ременные передачи — вращение роликов при помощи зубчатых ремней, а также при помощи круглых ремней (пасиков). Ременные передачи применяются

**Рольганги бывают следующих типов:**

- гравитационные (неприводные) рольганги
- приводные рольганги
- наклонные рольганги
- поворотные рольганги
- подающие рольганги
- столы с шариковыми опорами
- гибкие гравитационные рольганги

В гравитационных, (неприводных) рольгангах ролики свободно вращаются под действием силы тяжести перемещаемого груза. Гравитационные, (неприводные) рольганги часто устанавливают под некоторым углом для самостоятельного перемещения груза.

В приводных рольгангах ролики имеют групповой привод от привода (мотор-редуктора). Приводные рольганги применяют, когда нужно обеспечить постоянную скорость движения грузов, перемещать их в строго горизонтальной плоскости, опускать или поднимать под небольшим углом. В зависимости от необходимости, рольганговая линия может включать в себя криволинейные и откидные секции рольгангов, поворотные круги, стрелочные переводы и т.д.

Гибкие гравитационные рольганги предназначены для перемещения упакованных грузов. Особенностью конструкции является растягиваемая наподобие гармошки рама, позволяющая менять длину рольганга и траекторию движения груза, в том числе возможность менять траекторию как по вертикали, так и по горизонтали.

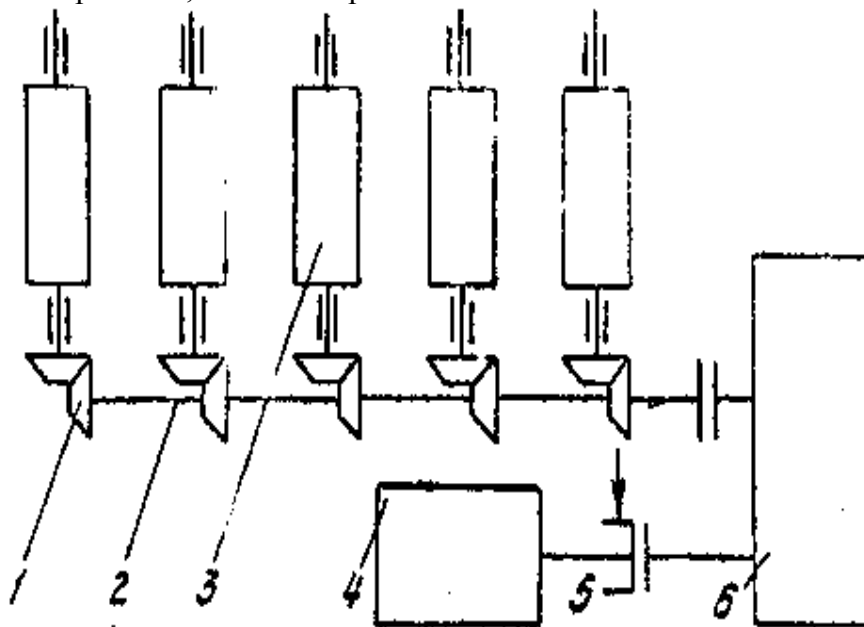


Рисунок 6 – Кинематическая схема рольганга

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; необходимые расчеты, кинематическую схему рольганга. Выводы подготовить в письменном виде.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

### Практическая работа №7

#### Расчет мощности привода рольганга

**Цель работы:** Освоить методику выбора конструкции рольганга, а также научиться рассчитывать мощность привода.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

#### **Материальное обеспечение:**

Методическое пособие по проведению практической работы. Атлас Королева А.А.

#### **Задание:**

1. Рассчитать мощность рольганга по заданным параметрам;

#### **Краткие теоретические сведения:**

*Рольганги* являются основным средством перемещения металла в прокатном цехе. Они подразделяются на рабочие и транспортные. Первые расположены непосредственно у рабочих клетей и служат для подачи металла в валки и приема его из валков. Все остальные рольганги называются транспортными и связывают между собой вспомогательное оборудование стана.

Общая длина рольгангов весьма значительна, их масса достигает 20...30 % массы механического оборудования всего прокатного стана.

Рольганги выполняют как с приводными, так и с холостыми роликами; привод роликов может быть индивидуальным или групповым. Рольганги с холостыми роликами располагают с небольшим уклоном: полоса перемещается по ним под действием силы тяжести.

Каждый ролик приводится в движение мотор - редуктором. Рольганги с индивидуальным приводом роликов транспортируют прокатанный металл большой длины. Нагрузка на каждый ролик обычно невелика, поэтому ролики изготавливают из труб. (рис. 2).

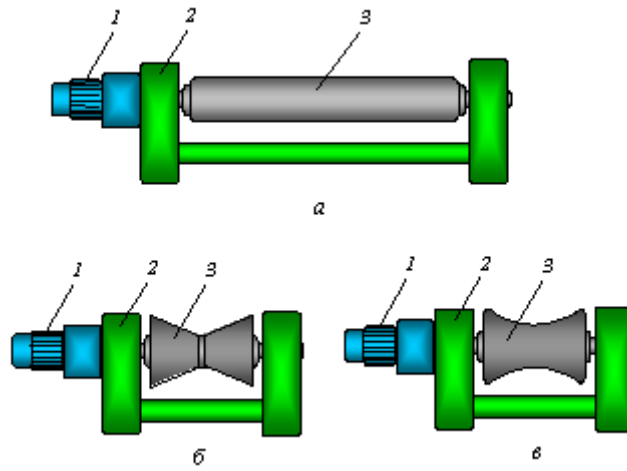


Рисунок 7 - Рольганги с индивидуальным приводом и роликами: а — цилиндрическим; б — биконическим; в — профильным; 1 — мотор-редуктор; 2 — подшипниковая опора; 3 — ролик

### Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием.
2. По атласу выбрать необходимые параметры для расчета.
3. Рассчитать мощность двигателя рольганга.
4. Выводы записать в тетрадь.

### Ход работы:

Расчет мощности и момента рольганга суммируется из 3-х факторов.

- 1) Потери на трение в подшипниках при движении металла

$$M_{\text{тр}} = (Q_m + n_p G_p) \mu_n * \frac{d_n}{2}, \text{ (Н·м) где}$$

$Q_m$ - вес транспортируемого металла.

$n_p$ - число роликов, приводимого от одного электродвигателя.

$G_p$ - вес самого ролика.

$$V_{\text{цил}} = \frac{\pi d_n^2}{4} * h$$

$$G_p = V_{\text{цил}} * \rho, \rho = 7700 \text{ кг/м}^3$$

$\mu_n$ - коэффициент трения в подшипниках ролика ( $\mu_n = 0,005-0,008$ )

$d_n$ - диаметр круга трения в подшипниковых опорах ролика.

- 2) Возможность буксования роликов по металлу при случайном упоре металла в препятствие.

$$M_{\text{бук}} = Q_i * \mu_{\text{бук}} * \frac{d}{2}, \text{ где}$$

$\mu_{\text{бук}}$ - коэффициент трения ролика при буксовании

(0,3- по горячему металлу

0,15-0,2- по холодному металлу)

$d$ - диаметр бочки ролика

Эти моменты составляют статическую нагрузку привода.

$$M_{\text{ст.р}} = M_{\text{тр.р}} + M_{\text{бук}}$$

- 3) Возможность транспортирования металла с ускорением, для чего к роликам необходимо приложить динамический момент.

$$M_{\text{дин.}} = J * \omega = J \frac{d_\omega}{d_r}, \text{ где}$$

$J$ - момент инерции масс, вращающихся с ускорением Н\*М

$d_\omega$ - угловое ускорение вращающейся массы, рад/с

$$J = G_\delta * R_i^2 = G_\delta * \frac{D_i^2}{4}, \text{ где}$$

$D_i$ - диаметр ширины вращения детали, для деталей имеющих форму цилиндра  $R_i = 0,7r$   $D_i = 1,4r$   
где  $r$ - наружный радиус цилиндра

$d_\omega = \frac{j}{r}$ , где  $j$  — поступательное ускорение для горячего металла  $= 3,0 \text{ м/с}^2$

$r$ - наружный радиус

$$M_{\text{рол.}} = M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}}$$

Мощность, требуемая для вращения роликов, кВт

$$N_{\text{рол}} = M_{\text{рол}} \cdot \omega_p$$

$$M_{\text{об}} = \frac{N_{\text{рол}}}{\eta}$$

### Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; необходимые расчеты, кинематическую схему роликанга. Выводы подготовить в письменном виде.

### Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## **Практическая работа №8** **Расчет приводов транспортера**

**Цель работы:** Научиться рассчитывать привод транспортера

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие по проведению практической работы.

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Рассчитать привод агрегатов поточных линий цеха обработки металлов давлением.

3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для защиты практической работы.

**Порядок выполнения работы:**

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы № 6 сделать расчеты конвейера и транспортера по полученным от преподавателя исходным данным.
2. Сделать записи в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

**Ход работы:**

1. Определить основные этапы расчета привода конвейера и транспортера.
2. Произвести расчеты и записать алгоритм в тетрадь.
3. Защитить практическую работу.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчеты. Отчет предоставить в письменном виде.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Практическая работа №9**  
**Расчет привода конвейера**

**Цель работы:** Научиться рассчитывать привод конвейера

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

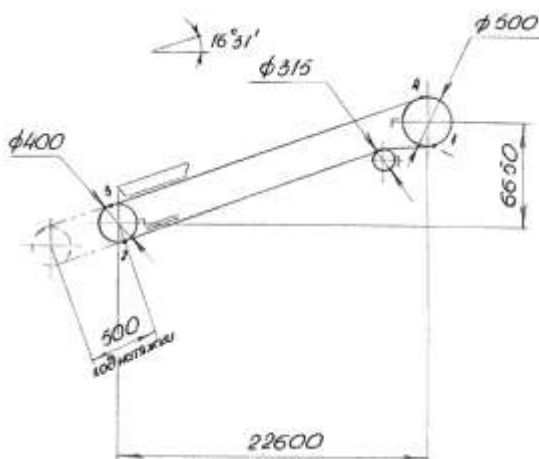
**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие по проведению практической работы.

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Рассчитать привод агрегатов поточных линий цеха обработки металлов давлением.

3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для защиты практической работы.



Задачей расчета является определение необходимых данных для выбора оборудования конвейера

Данные для расчета

Производительность,  $Q$  (т/ч)...160

Скорость движения ленты,  $V$  (м/с)...1

Транспортируемый материал...щебень

Удельный вес транспортируемого материала,  $\gamma$  (т/м<sup>3</sup>)...1,6

Длина конвейера по ленте, м...23,6

Длина проекции конвейера, м...22,6

Ширина ленты,  $B$  (мм)...650

Угол наклона конвейера, ...16°31'

Ускорение свободного падения,  $g$  (м/с<sup>2</sup>)

**Шаг роликкоопор рабочей ветви конвейера принимаем**

$$l_p = 1200 \text{ мм}$$

**Шаг роликкоопор холостой ветви**

$$l_x = 2400 \text{ мм}$$

Нагрузка на 1 п.м. конвейера:

Нагрузка от транспортируемого груза

$$q_{гр} = \frac{Q}{3,6 v}; q_{гр} = \frac{160}{3,6 \cdot 1} = 44,4 \text{ кг/м} = 444 \text{ н/м}$$

Нагрузка от 1 п.м. ленты  $B = 650$  мм из ткани типа ТК-100

$$q_{л} = 10,6 \text{ кг/м} = 106 \text{ н/м}$$

Масса вращающихся частей желобчатой и прямой роликкоопор

$$q_{вр.ж.} = 12,5 \text{ кг} = 125 \text{ н}$$

$$q_{вр.п.} = 10,5 \text{ кг} = 105 \text{ н}$$

Погонная нагрузка от вращающихся частей желобчатых и прямых роликкоопор

$$q_{п.ж.} = \frac{q_{вр.ж.}}{l_p}; q_{п.ж.} = \frac{125}{1,2} = 104 \text{ н/м} \quad q_{п.п.} = \frac{q_{вр.п.}}{l_x}; q_{п.п.} = \frac{105}{2,4} = 44 \text{ н/м}$$

Коэффициенты сопротивления роликкоопор принимаем

$$k_{пр} = 0,022$$

$$k_{ж} = 0,025$$

Коэффициенты увеличения натяжения ленты при огибании барабанов

$$\text{При } 180^\circ \quad k_1 = 1,05$$

$$\text{При } 90^\circ \quad k_2 = 1,04$$

Коэффициент сцепления ленты с барабаном  $\mu$  и тяговый фактор  $1^{\mu\alpha}$

$$\mu = 0,3; 1^{\mu\alpha} = 2,56$$

Коэффициент сопротивления на отклоняющем барабане

$$\varepsilon = 1,02$$

Сопротивление бортов лотка

$$W_{\text{борт}} = f_1 \cdot h_6^2 \cdot \gamma \cdot n_6 \cdot L_i$$

$f_1 = 0,8$  – коэффициент трения груза о стенки лотка

$h_6 = 0,1$  м – высота слоя груза у бортов

$\gamma = 1600$  кг/м<sup>3</sup> – объемный вес груза

$L_i = 2,4$  м – длина лотка

$n_6$  – коэффициент бокового давления

$$n_6 = \frac{1,2 + v}{1 + 2 \cdot f_b^2} \quad n_6 = \frac{1,2 + 1}{1 + 2 \cdot 0,7^2} = 1,1$$

где  $f_b = 0,7$  – коэффициент внутреннего трения груза

$$W_{\text{борт}} = 0,8 \cdot 0,1^2 \cdot 1600 \cdot 1,1 \cdot 2,4 = 33,8 \text{ кг} = 338 \text{ н}$$

Сопротивление загрузочного устройства

$$W_{\text{загр}} = \frac{l_b}{B_b} \cdot q_{\text{гр}} \cdot h_3' + G \cdot K_{\text{ж}}$$

где  $l_b = 0,5$  м – длина загрузочной воронки

$B_b = 0,5$  м – ширина воронки

$h_3' = 0,5$  – коэффициент, имеющий размерность длины

$G$  — сила давления груза на ленту

$$G = 0,1 Q \sqrt{h_1} \quad G = 0,1 \cdot 160 \sqrt{0,5} = 11,2 \text{ кг} = 112 \text{ н}$$

$h_1 = 0,5$  м – высота падения груза

$$W_{\text{загр}} = \frac{0,5}{0,5} \cdot 44,4 \cdot 0,5 + 11,2 \cdot 0,025 = 22,5 \text{ кг} = 225 \text{ н}$$

Определение сопротивлений движению и натяжению ленты

$$S_1 = S_{\text{сб}}$$

$$S_2 = S_1 \cdot \varepsilon + (q_{\text{л}} + q_{\text{п.н}}) \cdot l \cdot K_{\text{пр}} + 2W_{\text{скр}} + W_{\text{пл}} - q_{\text{л}} \cdot H$$

$$W_{\text{скр}} = W_{\text{пл}} = 30B = 30 \cdot 0,65 = 19,5 \text{ кг} = 195 \text{ н}$$

$$S_2 = 1,02S_1 + (10,6 + 4,4) \cdot 22,6 \cdot 0,022 + 2 \cdot 19,5 + 19,5 - 10,6 \cdot 6,65 = 1,02S_1 - 4,5$$

$$S_3 = S_2 \cdot K_1 = (1,02S_1 - 4,5)1,05 = 1,07S_1 - 4,7$$

$$S_4 = S_3 + (q_{\text{гр}} + q_{\text{л}} + q_{\text{пж}}) \cdot l \cdot K_{\text{ж}} + (q_{\text{гр}} + q_{\text{л}}) \cdot H + W_{\text{загр}} + W_{\text{борт}} + W_{\text{скр}}$$

$$S_4 = (1,07S_1 - 4,7) + (44,4 + 10,6 + 10,4)22,6 \cdot 0,025 + (44,4 + 10,6) \cdot 6,65 + 22,5 + 33,8 + 19,5 = 1,07S_1 + 473,8$$

$$S_4 = S_{\text{наб}}$$

$$S_{\text{наб}} = S_{\text{сб}} \cdot 1^{\mu\alpha}$$

$$1,07S_1 + 473,8 = S_1 \cdot 2,56$$

$$S_1 = 317,98 \text{ кг} = 3179,8 \text{ н}$$

$$S_2 = 319,84 \text{ кг} = 3198,4 \text{ н}$$

$$S_3 = 335,54 \text{ кг} = 3355,4 \text{ н}$$

$$S_4 = 814 \text{ кг} = 8140 \text{ н}$$

Тяговое усилие на приводном барабане

$$W_6 = S_{\text{наб}} - S_{\text{сб}}$$

$$W_6 = 8140 - 3180 = 4960 \text{ н}$$

### Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы сделать расчеты конвейера по полученным от преподавателя исходным данным.
2. Сделать записи в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

**Ход работы:**

1. Определить основные этапы расчета привода конвейера
2. Произвести расчеты и записать алгоритм в тетрадь.
3. Защитить практическую работу.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчеты. Отчет предоставить в письменном виде.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Практическая работа № 10**  
**Расчет механизма подъема стола**

**Цель работы:** Выполнить расчет механизма подъема стола пользуясь основными формулами.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие по проведению практической работы.

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Произвести расчет механизма подъемного стола.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки выполненных расчетов.

**Порядок выполнения работы:**

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы № 9 произвести расчеты основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

**Ход работы:**



1. Ознакомиться принципиальными схемами механизмов подъема столов.
2. Ознакомиться с последовательностью расчета этих механизмов.
3. Ознакомиться с расчетом на прочность комбинированной матрицы.
4. Основываясь на методические указания рассчитать механизм подъема по индивидуальным данным.
7. Расчеты записать в тетрадь и сдать преподавателю для проверки.

### Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчеты. Отчет предоставить в письменном виде.

### Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## **Практическая работа № 11** **Расчет усилия на линейках манипулятора**

**Цель работы:** Выполнить расчет усилия на линейках манипуляторов

### Выполнив работу, Вы будете:

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

### Материальное обеспечение:

Методическое пособие по проведению практической работы.

### Задание:

1. Ознакомиться с методическим указанием к данной практической работе.
2. Произвести расчет усилия на линейках по индивидуальным данным.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки выполненных расчетов.

### Краткие теоретические сведения

*Манипулятор* предназначен для передвижения металла по роликам рольганга параллельно их бочке с целью последующего правильного направления металла в рабочие валки. Одновременно с этим линейки манипулятора выпрямляют прокатываемую полосу (блوم, сляб, заготовки), если она искривилась при прокатке (рис.4).

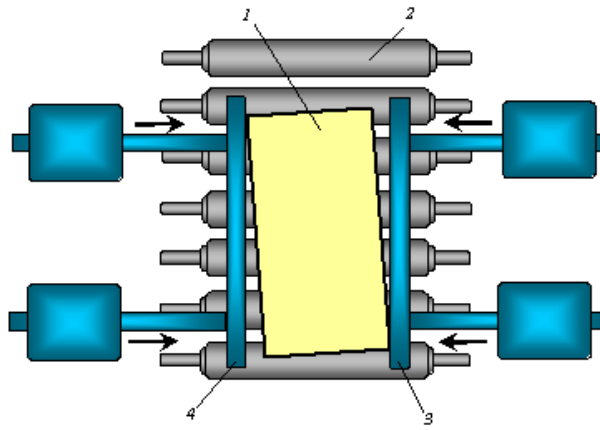


Рисунок 8 - Манипулятор: 1 — прокатываемая полоса; 2 — рольганг; 3, 4 — линейки манипулятора

Манипуляторы применяют только при прокатке слитков и относительно толстой заготовки и полосы, т. е. на блюмингах, слябингах, рельсобалочных, крупносортовых станах и толстолистовых станах.

### Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы № 10 произвести расчет усилия, основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

### Ход работы:

1. Ознакомиться с рекомендациями проведения расчета усилия.
2. Произвести расчет усилия на линейках манипуляторов по индивидуальным данным.
3. Полученные данные свести в таблицу.
4. Вычертить схему манипулятора.
5. Расчеты записать в тетрадь и сдать преподавателю для проверки.

### Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчет усилия.. Отчет предоставить в письменном виде.

### Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## Практическая работа № 12

### Расчет усилия резания на дисковых ножницах

**Цель работы:** Освоить методику расчета усилия резания на дисковых ножницах.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие по проведению практической работы. Атлас А.А. Королева.

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить методику расчета усилия реза.
3. Законспектировать полученную информацию в рабочую тетрадь.

**Краткие теоретические сведения:**

Дисковые ножницы применяют для разрезания широких листов на узкие ленты (ропуска) и для обрезки кромок у широких полос (рис. 3.12). Для обрезки кромок применяют 2-парные дисковые ножницы, а для ропуска широкой полосы — многопарные.

Для получения прямого реза без заусенцев дисковые ножи устанавливают с радиальным перекрытием режущих кромок  $\Delta = 1...3$  мм (чем толще полоса, тем меньше перекрытие) и с небольшим боковым зазором (чем тоньше полоса, тем меньше зазор). Верхний нож смещают относительно нижнего по направлению движения проката для ровного выхода полосы. Угол заострения ножей —  $90^\circ$ . Чтобы лист не изгибался при резке, предусмотрены опорные диски.

Кромкокрошительные ножницы предназначены для резки на короткие куски (длиной 1200 мм) неровных боковых кромок толщиной 4...25 мм и шириной 10...150 мм, отрезаемых дисковыми ножницами от широких толстых полос.

Эти ножницы по кинематике летучие, поскольку режут кромку на ходу. Корпус ножниц совершает качательное движение со скоростью, равной скорости движения кромки (0,3 м/с), отрезанные куски кромки по желобу поступают в короб, периодически удаляемый при помощи мостового крана. Для резки сортового проката применяют салазковые, маятниковые, рычажные, роторные и четырехзвенные пилы.

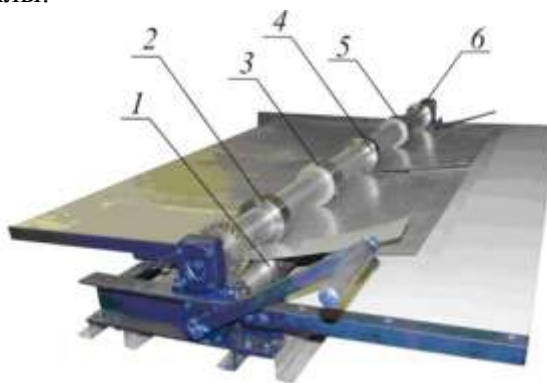


Рисунок 9 - Дисковые ножницы СПР-1250 с ручным приводом: 1, 2, 4, 6 — режущие дисковые ножи; 3, 5 — опорные диски

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы

2. Выполнить расчеты усилия резания ножниц
3. Выполнить отчет о проделанной работе

### Ход работы:

Процесс резания состоит из трех периодов:

1. Вмятие ножей в металл, при этом усилие на ножи постепенно увеличивается до максимального значения  $P_{max}$ . Длительность этого периода, характеризуется коэффициентом  $\dot{E}_B$  равным отношению глубины внедрения ножей в металл при вмятии  $Z_B$  к исходной высоте сечения металла.

$$\dot{E}_B = \frac{Z_B}{h}, \text{ где}$$

$h$ - высота сечения металла, м.

$Z_B$ - глубина внедрения ножей в металл, м.

2. Собственно резания; при этом усилие резания уменьшается по мере уменьшения высоты.

3. Скалывание оставшейся неразрезанной части сечения. Момент окончания резания и начала скалывания характеризуется коэффициентом надреза  $\dot{E}_H$

Максимальное усилие в конце периода вмятия равно усилию в момент начала резания, поэтому можно считать, что

$$P_{max} = \tau_{max} * F_{рез} = K_1 * \sigma_B * F_{рез} \quad (\text{МПа}), \text{ где}$$

$\tau_{max}$ -коэффициент равный отношению максимального сопротивления к пределу прочности

$$K_1 = \frac{\tau_{max}}{\sigma_B} = 0,6 \dots 0,7 \text{ где}$$

$\sigma$ - временное сопротивление разрыву, МПа.

$F_{рез}$ - сечение металла в момент окончания вмятия ножей.

Поэтому площадь сечения, испытывающая напряжение среза равна

$$F_{рез} = h(1 - \dot{E}_B)B, \text{ где}$$

$B$ -ширина разрезаемого металла, м.

$$P_{max} = K_1 * K_2 * K_3 * \sigma_B * B * h * (1 - \dot{E}_B), \text{ где}$$

$K_2$ - коэффициент, учитывающий увеличение усилия резания при затуплении ножей в процессе длительной работы ножниц.

$K_3$ -то же, при условии бокового зазора ножами.

	Горячее резание	Холодное резание
$K_2$	1,10...1,20	1,15...1,25
$K_3$	1,15...1,25	1,2...1,3

Таблица 2. Экспериментальные значения

металл	Горячее резание			Холодное резание		
	$\dot{E}_B$	$\dot{E}_H$	$\sigma_{в, \text{ МПа}}$	$\dot{E}_B$	$\dot{E}_H$	$\sigma_{в, \text{ МПа}}$
Сталь20	0,3...0,35	0,75...1	410	0,25	0,35...0,45	500
Сталь50	0,25...0,3	0,75...0,95	380	0,20	0,3...0,4	520
Сталь50С2	0,23...0,28	0,70...0,95	480	0,20	0,25...0,3	540
Сталь1Х18Н9Т	0,25...0,3	0,65...0,9	370	0,35	0,45	700
Сталь ШХ10	0,20...0,25	0,7...0,8	500	0,15	0,30	750
Медь	0,35	0,65...0,7	430	0,30	0,45	680
Цинк	0,30	0,7	420	0,20	0,40	530
Сплав Д16	0,25	0,5	350	0,15	0,25	675

Таблица 3. Механические свойства материала

металл	$T_{max}$ , МПа
Сталь20	380
медь	160
сплавД16	130
$Z_n$	70-80

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; расчет усилия реза. Отчет предоставить письменной форме.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Практическая работа № 13**  
**Расчет привода листопрямильной машины.**

**Цель работы:** Выполнить расчеты привода и усилия правки листопрямильной машины.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие по проведению практической работы.

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Произвести расчет мощности привода листопрямильной машины по индивидуальным данным.

3. Произвести расчет усилия правки листопрямильной машины.

4. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки выполненных расчетов.

### Краткие теоретические сведения:

#### Правильные машины

После прокатки металл необходимо выравнять (править), чтобы придать ему ровную поверхность (для листов) или правильную геометрическую форму по длине (для сортовых профилей). Правку металла осуществляют на листо- и сортоправильных машинах. Кроме того, существуют косовалковые машины для правки круглого проката и труб.

Наибольшее распространение получили многороликовые листо- и сортоправильные машины. Полосу для правки пропускают между двумя рядами роликов, установленных в шахматном порядке. Нижний ряд роликов обычно неподвижный; ролики установлены в строго горизонтальной плоскости. Ролики верхнего ряда могут перемещаться по высоте при регулировке. Приводным обычно является один ряд роликов. При движении полоса изгибается роликами и выпрямляется. Точность правки зависит от числа роликов.

Основными параметрами *листопрямильных* многороликовых машин являются: диаметр роликов  $D$ , шаг роликов  $t$ , количество роликов  $n$ , длина бочки роликов  $l$  и толщина листов  $h$ , подвергаемых правке на данной машине (рис. 6).

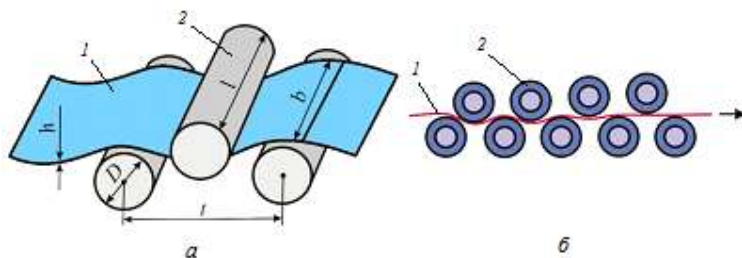


Рисунок 11 - Параметры правильной машины *a* и схема правки листа *б*: 1— лист; 2 — ролик

Диаметр и шаг роликов определяют качество правки и силу на ролики правильной машины. Слишком большие шаг и диаметр роликов не обеспечивают требуемой точности правки, а при уменьшении их увеличивается давление на ролики и усложняется конструкция машины. Шаг роликов принимают равным  $t \approx 1,1D$ .

Листопрямильные машины бывают с параллельным и наклонным расположением валков. Первые применяются для правки листов толщиной более 12 мм, а также для предварительной правки листов меньшей толщины, вторые — для правки листов толщиной до 4 мм.

*Сортоправильные* машины имеют профилированные ролики, состоящие из вала с насадными сменными бандажами, калиброванными по сечению выправляемой полосы. У закрытых машин каждый ролик устанавливается на две подшипниковые опоры, расположенные по его сторонам.

Консольное расположение роликов у открытых машин удобно для смены калиброванных бандажей.

Концы сортовых профилей, недостаточно качественно выправленные на роликовых машинах, и различные балки в плоскости их наибольшей жесткости выпрямляются на правильных прессах.

### Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы № 12,13 произвести расчет мощности привода основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Вычертить схему листопрямильной машины.
4. Подготовить защиту практической работы.

### Ход работы:

1.Принимаем первые три ролика (2,3,4) изгибают полосу пластически, а последние n-5 роликов-упругая деформация.

$$P = \sigma_T W_y \frac{3K + (n-5) \cdot 8}{t} \quad \text{где}$$

$\sigma_T$ - предел текучести материала листа, подвергаемого правке, МПа.

$W_y$ - момент сопротивления сечения полосы при упругом изгибе, [Н·мм<sup>2</sup>]

t- шаг роликов, [ мм ]

K- коэффициент, показывающий соотношение моментов

$$K = \frac{W_n}{W_y} \quad \text{где}$$

$W_n$ - пластический момент сопротивления

$\sigma_T$ МПа	Сталь
220	9Г2С
335	17ГС
980	14ХГС

2. Мощность правки определяется по формуле :

$$N_{пр} = \frac{\sigma_T}{2E} \cdot VFK_{деф} \quad \text{где}$$

F- площадь поперечного сечения

E- модуль упругости материала ролика

$K_{деф}$ - результирующий коэффициент пластической деформации при правке полосы

$$K_{деф} = K_2^2 \left( \frac{1}{1 - K^2} + K_2(n-3) \right)$$

$K_2 = 0,8-0,$

$V = 0,5-0,3$  м/с

$$P = \sigma_T W_y \frac{3K + (n-5) \cdot 8}{t}$$

$$K = \frac{W_n}{2}$$

$$W_h = \frac{a^{3\sqrt{2}}}{6}$$

### Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчет мощности привода и усилия реза.. Отчет предоставить в письменном виде.

### Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

### Практическая работа №14

#### Расчет усилия правки листопрямильной машины

**Цель работы:** Выполнить расчеты привода и усилия правки листопрямильной машины.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие по проведению практической работы.

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.



2. Произвести расчет мощности привода листопрямительной машины по индивидуальным данным.
3. Произвести расчет усилия правки листопрямительной машины.
4. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки выполненных расчетов.

### Краткие теоретические сведения:

Для расчета энергосиловых параметров листопрямительной машины необходимы следующие данные:

1. Толщина полосы  $h$  мм.
2. Ширина полосы  $b$  мм.
3. Предел текучести материала  $\sigma_s$  кг/мм<sup>2</sup>.
4. Скорость правки  $V$  м/с.
5. Количество рабочих роликов  $n$  шт.
6. Диаметр рабочих роликов  $D_p$  мм.
7. Шаг роликов  $t$  мм.
8. Средний диаметр подшипников  $d_{cp}$  мм.
9. Модуль упругости  $E$  кг/мм<sup>2</sup>.

Расчет начинается с определения максимального изгибающего момента под 2-ым и 3-им роликом

$$M_{\max} = M_1 = M_2 = S \times \sigma_s \text{ (кгмм)},$$

$$\text{где } S = b \times h^2 / 4 \text{ (мм}^3\text{)}.$$

Минимальный изгибающий момент под 4-ым и последующими роликами определяется по формуле:

$$M_{\min} = M_4 = M_5 = M_{n-1} = W \times \sigma_s \text{ (кгмм)},$$

$$\text{где } W = b \times h^2 / 6 \text{ (мм}^3\text{)}.$$

Суммарное усилие от давления полосы на ролики рассчитывается по формуле:

$$P = (16 M_{\max} + 8 M_{\min} (n-4)) / t \text{ (кг)}.$$

Крутящий момент, затрачиваемый на пластическую деформацию под 2-ым и 3-им роликами

$$M'_{2-3} = M_{\max} \times D_p / 2 \times \sigma_{пл},$$

$$\text{где } \sigma_{пл} = E \times h / k \times \sigma_s,$$

$$\text{где } k = 3 \text{ при } \sigma_s > 60 \text{ кг/мм}^2 \text{ и } k = 5 \text{ при } \sigma_s < 60 \text{ кг/мм}^2$$

Крутящий момент, затрачиваемый на упругую деформацию под 4-м и последующими роликами

$$M'_{4-8} = M_{\min} \times D_p / 2 \times \sigma_{пл},$$

$$\text{где } \sigma_{пл} = E \times h / 2 \times \sigma_s$$

Крутящий момент, затрачиваемый на преодоления трения качения валков по листу

$$M_{тр1} = P \times m,$$

где  $m$ -коэффициент трения качения ( $m = 0,0001$  м для стального листа и  $m = 0,0002$  м для медного или алюминиевого листа)

Крутящий момент, затрачиваемый на преодоления трения в подшипниках

$$M_{тр2} = \mu P \times d_{cp} / 2,$$

где  $\mu$ -коэффициент трения качения в подшипниках.

Суммарный крутящий момент

$$\Sigma M = M'_{2-3} + M'_{4-8} + M_{тр2} + M_{тр1}$$

Мощность правки

$$N = \Sigma M \times 2 \times V / 102 \times \eta \times D_p \text{ кВт}$$

### Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчет мощности привода и усилия реза.. Отчет предоставить в письменном виде.

### Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## Практическая работа № 15

### Расчет привода моталки

**Цель работы:** Освоить методику расчета привода моталки

### Выполнив работу, Вы будете:

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

### Материальное обеспечение:

Методическое пособие по проведению практической работы.

### Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить методику расчета привода моталки.
3. Законспектировать полученную информацию в рабочую тетрадь.

### Краткие теоретические сведения:

Для сматывания в рулоны листового проката (полосы, ленты, штрипса) применяют барабанные и роliko-барабанные моталки, а для сматывания в бунты мелкосортного проката, катанки и проволоки — моталки со стационарным или вращающимся бунтом.

*Барабанную моталку* применяют для сматывания в рулон холодного листа (рис. 7).

Привод моталки при непрерывно изменяющемся диаметре рулона должен обеспечивать постоянной линейную скорость смотки-размотки ленты с учетом поддержания неизменным

натяжения. Это означает, что угловая скорость барабана моталки должна непрерывно изменяться, что достигается благодаря применению индивидуального электропривода с автоматическим регулированием.

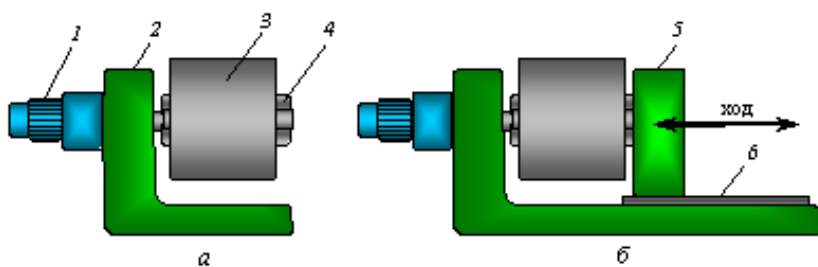


Рисунок 12- Барабанные моталки: *а* — консольная; *б* — 2-опорная; 1— мотор-редуктор; 2— корпус; 3 — бунт; 4— барабан; 5— отводная опора; 6— направляющие

*Ролико-барабанную моталку* применяют для сматывания в рулон горячей полосы (рис. 6.17).

Рулон должен быть плотным, иначе облегчается доступ воздуха к его виткам, в результате чего образуется окалина и ухудшается микроструктура металла вследствие неравномерного охлаждения. Кроме того, необходимо исключить телескопичность витков, поскольку кромки полосы повредятся при последующей транспортировке и хранении рулона на складе. Поэтому полоса сматывается при натяжении и правильном ее направлении, что исключает образование петель на рольганге перед тянущими роликами при захвате полосы моталкой и сматывании ее в рулон.

Ролико-барабанная моталка работает при высоких температурах порядка 500...700 °С и охлаждается водой.

После образования двух-трех первых витков формирующие ролики отводятся от рулона и дальнейшее сматывание тонкой горячей полосы (1...4 мм) осуществляется с натяжением барабаном моталки. При этом верхние тянущие ролики работают в генераторном (тормозном) режиме или же имеют зазор между роликами и полосой. В данном случае достаточно двух формирующих роликов с концентрическими проводками между ними.

В большинстве случаев сматывание толстой полосы (5...16 мм) осуществляется когда в моталке устанавливают 2...3 пары прижимных роликов более жесткой конструкции.

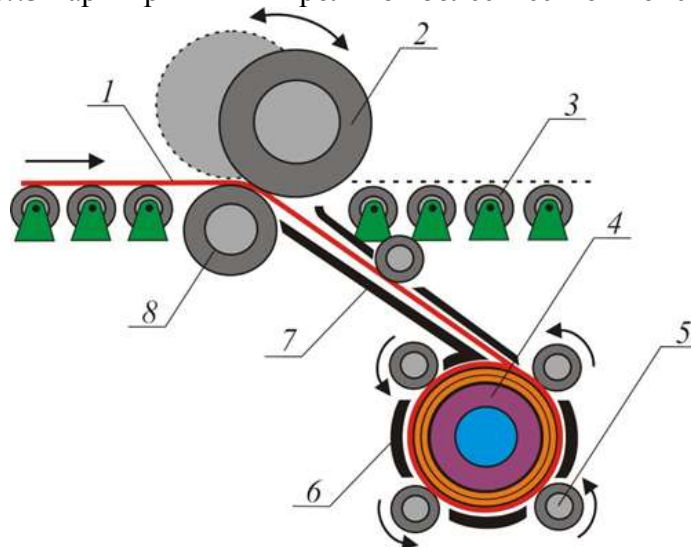


Рис. 13 - Схема ролико-барабанной моталки: 1— горячая полоса; 2, 8— подающие ролики; 3— рольганг; 4— барабан; 5— формирующий ролик; 6, 7— проводки

После захвата переднего конца полосы барабаном моталки прижимные ролики остаются прижатыми к полосе а ее сматывание в рулон с натяжением осуществляется как прижимными роликами, так и барабаном моталки. В этом случае верхние ролики работают в режиме тянущих для полосы на рольганге и подающих для полосы, направляемой в моталку.

*Проволочные моталки* со стационарным бунтом и осевой подачей металла применяют только для круглых сечений из-за возникающего скручивания (рис. 6.18, а).

Проволока проходит по трубке 1, расположенной внутри полого вращающегося вала, который приводится в движение от электродвигателя через коническую зубчатую передачу, и укладывается витками вокруг вертикальных пальцев 2. По окончании сматывания проволоки пальцы опускаются при помощи рычажного механизма, а бунт сталкивается с плиты 3 на транспортер. Преимуществом моталки этого типа является то, что бунт не вращается и сматывание проволоки может происходить при любой скорости ее подачи.

Прокатка мелкосортных профилей на современных прокатных станах осуществляется при меньшей скорости (15...30 м/с) по сравнению со скоростью прокатки проволоки на непрерывных проволочных станах (более 50 м/с). Поэтому для сматывания в бунты простых мелкосортных профилей (круга, квадрата) и катанки применяют моталки с вращающимся бунтом и тангенциальной подачей металла.



Рисунок 14 - Мелкосортные (проволочные) моталки с бунтом: а — стационарным; б — вращающимся, в — общий вид; 1, 5 — трубки; 2 — палец; 3— плита; 4— грибовидный шпиндель; б— катанка (проволока)

Эти моталки обеспечивают сматывание без скручивания металла и потому применяются как для проволоки, так и для мелкого сорта с формой сечения, отличной от круга. Такие моталки часто располагают под полом цеха. Металл поступает по трубке 5 и укладывается на вращающемся грибовидном шпинделе 4. Моталки приводятся в движение обычно от самостоятельных двигателей с электрической синхронизацией скорости с последней клетью стана. Перед отправкой потребителю бунты обвязывают в двух-четырех местах проволокой диаметром 3...6 мм, для чего за моталками устанавливают бунтовязальные машины.

Далее бунты транспортируются крюковым подвесным конвейером, после чего снимаются с крюков и пакетируются.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с алгоритмом расчета привода моталки.
2. Защитить практическую работу.

### **Ход работы:**

1. Записать в рабочую тетрадь алгоритм расчета.
2. Записать в рабочую тетрадь основные формулы для расчета привода моталки.
3. Вычертить схему моталки.
4. Подготовить защиту практической работы.

### **Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схему моталки, расчеты. Отчет предоставить в устной форме.

### **Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Практическая работа № 16**  
**Расчет привода разматывателя**

**Цель работы:** Освоить методику расчета привода разматывателя.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие к практической работе.

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить методику расчета привода разматывателя.
3. Законспектировать полученную информацию в рабочую тетрадь.

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с алгоритмом расчета привода разматывателя.
2. Защитить практическую работу.

**Ход работы:**

1. Записать в рабочую тетрадь алгоритм расчета.
2. Записать в рабочую тетрадь основные формулы для расчета привода моталки.
3. Вычертить схему разматывателя.
4. Подготовить защиту практической работы.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схему моталки, расчеты. Отчет предоставить в устной форме.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений
--------------------------	---

(правильных ответов)	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

### Практическая работа № 17 Выбор каната

**Цель работы:** Выбрать стальной канат для подъема номинального груза.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие к практической работе. ГОСТ 2688-80 КАНАТЫ СТАЛЬНЫЕ.

**Задание:**

1. Рассчитать стальной канат;
2. Зарисовать тип каната;
3. Зарисовать кинематическую схему и подписать позиции.

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Выполнить расчеты по выбору каната
3. Выполнить проверку
4. Выполнить отчет о проделанной работе

**Ход работы:**

В соответствии с нормами Госгортехнадзора РФ, канат выбирается из сортамента канатов по соотношению:

$$S_{\max} * Z_p < S_{\text{раз}},$$

где  $S_{\max}$  - максимальная рабочая нагрузка ветви каната, определяемая при подъеме номинального груза;

$Z_p$  - коэффициент использования канатов;

$S_{\text{раз}}$  - разрывная нагрузка каната в целом.

1. Определяем КПД полиспаста.

$$\eta_{\text{полиспаста}} = \frac{(1-\eta^2)\eta^t}{a(1-\eta)}$$

где  $a$  – кратность полиспаста,  $a=3$ ;

$t$  - количество блоков полиспаста,  $t=5$ ;

$\eta$  – КПД блока,  $= 0,95 \div 0,97$

1. Считаем

$$S_{\max} = \frac{Q}{a\eta^n}$$

где  $Q$  - вес груза,  $H$ .

2. Определим  $Z_p$  коэффициент прочности в зависимости от разрушающей нагрузки.

3. Выбираем канат по ГОСТ

Проверка:

$$Z_p \text{ факт} = \frac{S_p \text{ факт}}{S_{\max}}$$

$$Z_p \text{ факт} > Z_p$$

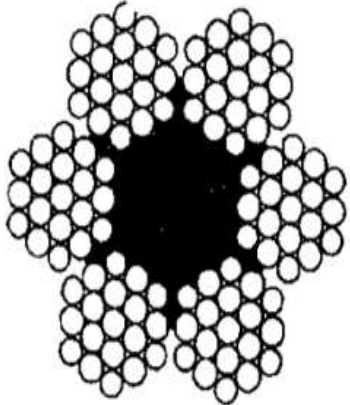
Таблица 1- Исходные данные

<i>№ вар</i>	<i>Q, т</i>	<i>V<sub>под</sub>, м/с</i>	<i>H, м</i>	<i>Режим работы M</i>
1	5	0,2	15	1
2	5	0,1	15	2
3	5	0,3	15	3
4	5	0,3	15	4
5	5	0,2	15	1
6	5	0,2	15	2
7	10	0,25	15	3
8	10	0,35	15	4
9	10	0,2	15	1
10	10	0,1	15	2
11	10	0,25	15	3
12	10	0,3	20	4
13	15	0,1	20	1
14	15	0,2	20	2
15	15	0,3	20	3
16	15	0,25	20	4
17	15	0,1	20	1
18	15	0,35	20	2
19	20	0,2	20	3
20	20	0,3	20	4
21	20	0,35	20	1
22	20	0,1	15	2
23	20	0,35	15	3
24	20	0,3	15	4
25	25	0,2	15	1
26	25	0,1	15	2
27	25	0,25	15	3
28	25	0,35	15	4
29	25	0,2	15	1
30	25	0,1	15	2

Таблица 2 - Минимальные коэффициенты использования канатов, Z<sub>p</sub>

<i>Режим работы механизма</i>	<i>Z<sub>p</sub></i>
1М	3,15
2М	4,0
3М	4,5
4М	5,6
5М	7,1
6М	9,0

Таблица 3 - Параметры каната

Эскиз	Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Ориентировочная масса 1000 м, кг	Маркировочная группа, МПа			
				1372(140)	1568 (160)	1665 (170)	1754(180)
				Разрывное усилие каната в целом $S_{раз}$ , кН, не менее			
 <p>Канат двойной свивки типа ЛК-Р 6*19 проволоч с одним органическим сердечником</p>	8,3	26,15	256		34,8	36,95	38,15
	9,1	31,18	305		41,55	44,1	45,45
	9,9	36,66	358,6		48,85	51,85	53,45
	11	47,19	461,6		62,85	66,75	68,8
	12	53,87	527		71,75	76,2	78,55
	13	61	596,6	75,05	81,25	86,3	89
	14	74,4	728	86,7	98,95	105	108
	15	86,28	844	100	114,5	122	125
	16,5	104,61	1025	121,5	139	147,5	152
	18	124,73	1220	145	163	176	181,5
	19,5	143,61	1405	167	191	203	209
	21	167,03	1635	194,5	222	236	243,5
	22,5	188,78	1850	220	251	267	275,5
	24	215,49	2110	250,5	287	304,5	314
	25	244	2390	284	324,5	345	355,5
	27	274,31	2685	319	365	388	399,5
	28	297,63	2910	346,5	396	421	434
	30,5	356,72	3490	415,5	475	504,5	520
	32	393,06	3845	458,0	523,5	556	573
	33,5	431,18	4220	502,5	574	610,5	748
37	512,79	5015	597	683	725	629	
39,5	586,59	5740	684	781,5	828	856	
42	668,12	6535	779	890	945	975	

#### Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схему каната расчеты. Отчет предоставить в письменной форме.

#### Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо



70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Практическая работа № 18**  
**Расчет барабана механизма подъема на прочность**

**Цель работы:** Освоить методику расчета барабана механизма подъема на прочность

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие к практической работе.

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить методику расчета барабана механизма подъема.
3. Законспектировать полученную информацию в рабочую тетрадь.

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с алгоритмом расчета барабана механизма подъема на прочность.
2. Защитить практическую работу.

**Ход работы:**

1. Записать в рабочую тетрадь алгоритм расчета.
2. Записать в рабочую тетрадь основные формулы для расчета прочностных характеристик механизма подъема.
3. Вычертить схему механизма.
4. Подготовить защиту практической работы.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схему механизма, расчеты. Отчет предоставить в устной форме.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## Практическая работа № 19

### Расчет и подбор элементов привода механизма подъема мостового крана

**Цель работы:** Освоить методику расчета и подбор элементов привода механизма подъема мостового крана.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса;

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие к практической работе.

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить методику расчета привода механизма подъема.
3. Законспектировать полученную информацию в рабочую тетрадь.

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с алгоритмом расчета механизма подъема на прочность.
2. Защитить практическую работу.

**Ход работы:**

1. Записать в рабочую тетрадь алгоритм расчета.
2. Записать в рабочую тетрадь основные формулы для расчета привода механизма подъема.
3. Вычертить схему механизма подъема мостового крана.
4. Подготовить защиту практической работы.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схему механизма, расчеты. Отчет предоставить в устной форме.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## Практическая работа № 20

### Расчет и подбор электродвигателя механизма передвижения крана

**Цель работы:** Освоить методику расчета и подбор элементов электродвигателя механизма передвижения мостового крана.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие к практической работе.

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить методику расчета электродвигателя механизма передвижения крана.
3. Законспектировать полученную информацию в рабочую тетрадь.

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с алгоритмом расчета и подбора электродвигателя передвижения крана.
2. Защитить практическую работу.

**Ход работы:**

1. Записать в рабочую тетрадь алгоритм расчета.
2. Записать в рабочую тетрадь основные формулы для расчета привода электродвигателя механизма передвижения крана.
3. Вычертить схему электродвигателя механизма передвижения крана.
4. Подготовить защиту практической работы.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схему механизма, расчеты. Отчет предоставить в устной форме.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Практическая работа № 21**

**Расчет и подбор электродвигателя механизма передвижения тележки мостового крана**

**Цель работы:** Освоить методику расчета и подбор элементов электродвигателя механизма передвижения тележки мостового крана.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие к практической работе. Справочная литература.

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить методику расчета электродвигателя механизма передвижения тележки мостового крана.
3. Законспектировать полученную информацию в рабочую тетрадь.

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с алгоритмом расчета и подбора электродвигателя передвижения тележки крана.
2. Защитить практическую работу.

**Ход работы:**

1. Записать в рабочую тетрадь алгоритм расчета.
2. Записать в рабочую тетрадь основные формулы для расчета привода электродвигателя механизма передвижения тележки крана..
3. Вычертить схему электродвигателя механизма передвижения тележки.
4. Подготовить защиту практической работы.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схему механизма, расчеты. Отчет предоставить в устной форме.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Практическая работа №22**

**Расчет количества смазочного материала для узлов прокатного оборудования.**

**Цель работы:** Освоить методику расчета смазочного материала для узлов прокатного оборудования, а также выбора и составления системы и карты смазки.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующие смазочные материалы для того или иного технологического оборудования.

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие к практической работе.

**Задание:**

1. Ознакомиться с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить методику расчета, выбор и составление системы смазочных материалов для прокатного оборудования.
3. Законспектировать полученную информацию в рабочую тетрадь.

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с алгоритмом расчета количества смазочного материала.
2. Ознакомиться с показателями выбора смазки для узлов прокатных станков.
3. Составить карту смазки.
4. Защитить практическую работу.

**Ход работы:**

1. Записать в рабочую тетрадь алгоритм расчета.
2. Записать в рабочую тетрадь основные формулы для расчета количества смазки.
3. Вычертить карту подачи смазки на узлы прокатного оборудования.
4. Подготовить защиту практической работы.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схему, расчеты. Отчет предоставить в устной форме.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Практическая работа №23****Выбор смазочного материала, составление системы и карты смазки**

**Цель работы:** правильно выбирать смазку для механизмов как в процессе конструирования машин, так и при их эксплуатации

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- выбирать соответствующие смазочные материалы для того или иного технологического оборудования.

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие к практической работе.

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить методику расчета, выбор и составление системы смазочных материалов для прокатного оборудования.
3. Законспектировать полученную информацию в рабочую тетрадь.

Смазочное масло для механизмов машин следует рассматривать как элемент конструкции и включать сорта масла в спецификацию машин наравне с другими изделиями.

Правильный выбор сорта с режимом смазки для механизмов машин имеет первостепенное значение, так как этим, в основном при правильной эксплуатации, определяются параметры надежности и долговечности.

**Краткие теоретические сведения**

Назначение и функции смазки в машинах

Влияние масел на долговечность и надежность машин определяется их эффективностью защиты трущихся поверхностей от износа, обеспечение необходимых характеристик трения и нормальной работы машин.

Основные функции смазки в машинах: снижение интенсивности износа и сил трения в трущихся поверхностях, охлаждение узлов трения, удаление про­дуктов износа с поверхности трения, уплотнение узлов трения, защита от попадания в них абразивных частиц из внешней среды, защита от коррозии, амортизирующее действие, снижение шума, смазка является демпфером, а в гидравлических механизмах — передаточным элементом.

#### Виды и основные характеристики смазочных материалов

Смазочные материалы выпускают в виде жидких масел, консистентных (мазеобразных) и твердых смазок минерального, растительного, животного и синтетического происхождения.

Для смазки механизмов машин применяют жидкие масла и консистентные смазки нефтяного и синтетического происхождения.

Смазки подразделяются на индустриальные, моторные, трансмиссионные, приборные, консервационные, специальные.

Основные физико-химические и эксплуатационные характеристики масел: вязкость, температурная стабильность, температура вспышки, коррозионность, вспениваемость, эмульгируемость, наличие примесей, сохраняемость, моющие свойства.

Наиболее важное свойство масел— вязкость, которая определяет возможность жидкостной смазки трущихся поверхностей. При выборе масел этот показатель оценивается индексом вязкости.

Густые консистентные смазки характеризуются температурой каплепадения, температурной стабильностью, водостойкостью, морозостойчивостью.

Подробно основные свойства и характеристики смазочных материалов показаны в таблицах 1 и 2.

#### Характеристика и область применения минеральных масел

Таблица 1

Марка масла	ГОСТ	Вязкость кинематическая, м <sup>2</sup> /с		С°Температура,		Область применения
		С°50	С°100	вспышки	застывания	
Индустриальное И-12А И-20А И-30А И-40А И-50А	20799-88	10-14	—	165	- 30	Узлы трения общего назначения, легко-, средненагруженные редукторы
		17-23	—	180	-20	
		27-33	—	190	-15	
		33-45	—	200	-15	
		47-53	—	200	-20	
цилиндровое 11 24 38	6411-76		9-13	215	-5	тяжелонагружен-ные зубчатые, червячные передачи
			20-28	240	-12	
			32-50	300	-7	

#### Характеристика и область применения пластичных смазок

Таблица 2

Наименование	ГОСТ	С°температура каплепадения,	С°температурный предел работ­но­сти,	Область применения
--------------	------	-----------------------------	--------------------------------------	--------------------

Соолидол УС-1 Солидол УС-2	1033-79 1033-79	75 75-87	-30 ... + 50 -25...+65	С.°Узлы трения с температурой не выше +50...+70
Смазка 1-13	1631-61	130 -150	-20...+110	Подшипники электродвигателей
Консталин УТ-1 Консталин УТ-2	1957-73 1957-73	130 - 150 свыше 150	-20...+120 -20...+120	Тяжелонагруженные узлы трения
Литол-24 Циатим 201 202 221	21150-87 6267-74 1110-75 9433-80	185 - 205 свыше 175 200-230 свыше 200	-40...+130 -60...+90 -50...+120 -60...+150	Приборы и механизмы, работающие с малым усилием сдвига Подшипник качения Узлы трения и сопряжения поверхности “металл-металл”, “металл-резина”.

#### Основные рекомендации по выбору смазочных материалов для основных механизмов машин

Основные факторы влияющие на выбор смазки для механизмов; рабочая температура узла; скорость взаимного перемещения трущихся поверхностей; нагрузка на трущиеся поверхности и интенсивность ее приложения; характер нагрузки и кинематика узла (спокойная нагрузка, наличие ударов, вибраций); качество обработки трущихся поверхностей; твердость трущихся поверхностей; степень изношенности сочленений; условия эксплуатации (запыленность, абразивность внешней среды, возможность попадания воды и активных реагентов); климатическая зона и время года.

Детальное изучение и анализ этих факторов позволяют сделать следующие выводы и дать общие рекомендации при выборе смазочных материалов:

- с повышением рабочей температуры следует выбирать масло с большим индексом вязкости;
- для более нагруженных механизмов, работающих в тяжелом режиме, следует применять более вязкие масла, для легко- и средне на

груженных — менее вязкие; чем ниже качество обработки трущихся поверхностей, тем более вязкое масло следует применять;

- с повышением скорости перемещения трущихся поверхностей и частоты вращения следует применять менее вязкое масло; с увеличением степени изношенности и зазора в узлах трения следует применять более вязкое масла;
- в зависимости от климатической зоны и времени года следует применять при более высоких температурах окружающей среды более вязкое (летнее) масло, а при низких температурах — менее вязкое (зимнее).

#### Особенности выбора масел для закрытых зубчатых передач

По возможности следует применять более вязкие масла, что способствует режиму жидкого трения, улучшает демпфирование, защищает зубья от задиrow, истирания и выкрашивания. Однако применение высоковязких масел вызывает повышенный расход мощности на взбалтывание масла, выдавливания его из зазоров между зубьями, при этом ухудшается отвод тепла от поверхностей, затрудняется прокачиваемость масла через трубопроводы при циркуляционном способе подачи к нагруженным поверхностям трения.

В механизмах с зубчатыми передачами (редукторы, коробки передач и т.п.) масло одновременно служит для смазки подшипников, шлицевых передач, муфт, поэтому следует применять менее вязкие масла на основе компромиссного решения, с учетом рекомендаций заводских инструкций по смазке.

В соответствии с заданным вариантом вычерчивается кинематическая схема механизма, где все места и точки смазки пронумеровываются.

При выборе смазок следует по возможности сокращать сорта и типы применяемых смазок и унифицировать точки смазки, периодичность смазочных работ (добавка, полная замена, смазка в узле) должна быть увязана с графиком и нормами планово-предупредительного ремонта машин данного типа.

#### **Форма представления результата:**

Отчет должен содержать кинематическую схему узла с указанием (цифрами) точек смазки; карту смазки по следующей форме

Точка смазки по схеме	Наименование точки смазки	Количество	Способ смазки	Марка смазки		Периодичность добавки или замены	Примечания
				летней	зимней		

#### **Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

### **Практическая работа № 24**

#### **Расчет и исследование привода нажимных винтов**

**Цель работы:** Освоить методику расчета привода нажимных винтов.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие к практической работе.

**Задание:**

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.



2. Изучить методику расчета, выбор и составление системы смазочных материалов для прокатного оборудования.
3. Законспектировать полученную информацию в рабочую тетрадь.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы произвести расчет, основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

#### **Ход работы:**

1. Ознакомиться с рекомендациями проведения расчета усилия.
2. Произвести расчет усилия на линейках манипуляторов по индивидуальным данным.
3. Полученные данные свести в таблицу.
4. Вычертить схему манипулятора.
5. Расчеты записать в тетрадь и сдать преподавателю для проверки.

#### **Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; исходные данные, расчет усилия.. Отчет предоставить в письменном виде.

#### **Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

### **Практическая работа № 25**

#### **Изучение гидравлических приводов барабана моталки и сталкивателя рулонов прокатного стана**

#### **Цель работы**

-изучить состав и конструкцию гидравлических приводов барабана моталки и сталкивателя рулонов прокатного стана 80/150x180;

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

### Материальное обеспечение:

Методическое пособие к практической работе.

### Порядок выполнения

1. Ознакомиться с конструкцией привода механизма вращения барабана моталки. Начертить его гидравлическую схему.
2. Ознакомиться с конструкцией привода механизма изменения диаметра барабана моталки. Начертить его гидравлическую схему.
3. Ознакомиться с конструкцией привода механизма сталкивания рулонов. Начертить его гидравлическую схему.
4. Оформить отчет по работе, в который следует включить: цель работы; назначение, характеристику и состав оборудования гидравлических приводов.

### Описание и гидравлические схемы приводов барабана моталки и сталкивателя рулонов



Рисунок 15 - Общий вид гидропривода моталки и сталкивателя рулонов

Полный гидравлический привод хвостовой части стана предназначен для сматывания прокатываемой полосы в рулон, создания переднего натяжения при прокатке, изменения диаметра барабана моталки и сталкивания с него рулона после завершения процесса прокатки. Общий вид гидроприводов представлен на рис.1 и состоит из трех взаимосвязанных механизмов:

- механизма вращения барабана моталки (рис.2);
- механизма изменения диаметра барабана моталки (рис.3);
- механизма сталкивания рулона (рис.4).

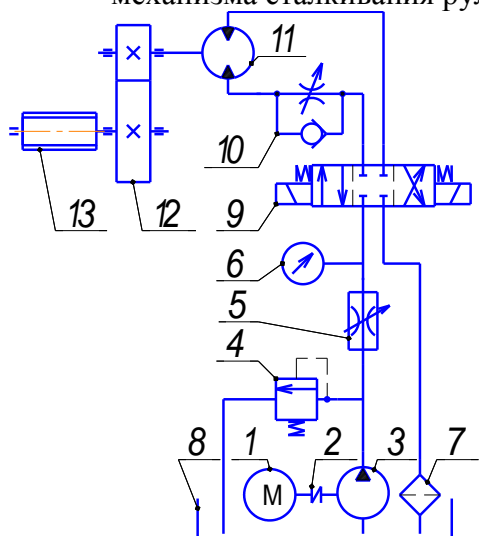


Рисунок 16- Гидравлическая схема вращения барабана моталки

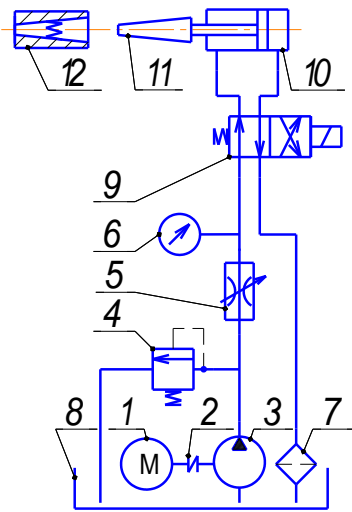


Рисунок 17-. Схема гидропривода изменения диаметра барабана моталки

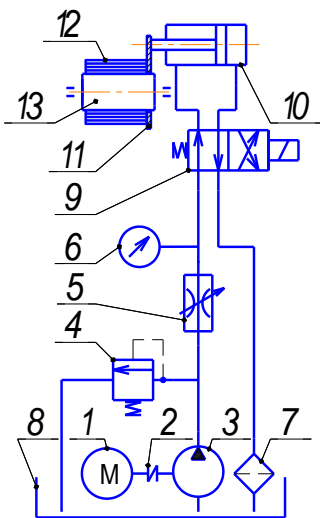


Рисунок 18 - Схема гидропривода сталкивателя рулонов

Все механизмы имеют один и тот же источник питания, состоящий из приводного двигателя 1 (см.рисунки) мощностью  $N_n = 1,1 \text{ кВт}$  с частотой вращения вала  $n_n = 1400 \text{ об/мин}$  и насоса 3, соединенных муфтой 2. В схеме гидропривода предусмотрены предохранительный клапан 4, дроссель 5, манометр 6 и фильтр 7 для очистки масла при сливе его в гидробак 8.

Механизм вращения барабана моталки (рис.9.2) кроме того, включает трехсекционный распределитель 9 с электромагнитным управлением, дроссель с обратным клапаном 10, служащий для регулирования давления и расхода рабочей жидкости в системе, гидромотор 11 с двумя направлениями потока масла, одноступенчатый цилиндрический редуктор 12 и четырехсекторный барабан 13 моталки, закрепленный консольно на выходном валу редуктора 12.

В механизм изменения диаметра барабана моталки (рис.9.3) дополнительно входит двухсекционный распределитель 9, управляющий гидроцилиндр 10, осуществляющий перемещение клинового затвора 11. Изменение диаметра барабана осуществляется взаимодействием клина 11 с четырьмя пружинными подвижными секторами 12 барабана моталки.

Механизм сталкивателя рулонов (рис.9.4) дополнительно включает двухсекционный распределитель 9, управляющий гидроцилиндр 10, поршень которого перемещает пластину 11, сталкивающую рулон 12 с барабана 13 моталки.

В связи с тем, что основы расчета гидропривода металлургических машин подробно рассматриваются в специальном курсе "Гидравлика, гидропривод и гидравлические машины", читаемого для студентов-механиков, в данном учебном пособии оценка работоспособности приведенного гидропривода не рассматривается, заведомо предполагая его высокую надежность.

### Контрольные вопросы

1. Назвать назначение и состав полного гидравлического привода хвостовой части стана.
2. Объяснить назначение, устройство и работу механизма вращения барабана моталки.
3. Объяснить назначение, устройство и работу механизма изменения диаметра барабана моталки.
4. Объяснить назначение, устройство и работу механизма сталкивателя рулонов.

**. Ход работы:**

1. Записать в рабочую тетрадь алгоритм расчета.
2. Записать в рабочую тетрадь основные формулы для расчета
3. Вычертить гидравлические схемы.
4. Подготовить защиту практической работы.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схему, расчеты. Отчет предоставить в устной форме.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Лабораторная работа 1**

**Расчет и исследование главного привода прокатного стана**

**Цель работы**

- изучить состав и конструкцию привода прокатных валков лабораторного стана 80/150x180;
- оценить работоспособность всех узлов привода для заданных преподавателем условий прокатки и исследовать влияние технологических параметров на работоспособность наиболее нагруженных узлов.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие к практической работе.

**Порядок выполнения**

1. Ознакомиться с конструкцией главного привода на действующем стане, его характеристикой и составом оборудования.
2. Выполнить кинематическую схему главного привода.

3. По рассчитанным в работе № 1 значениям энергосиловых параметров выполнить проверочные расчеты всех узлов главного привода и проверку двигателя в соответствии с алгоритмом п.2.4.
4. Сделать заключение о возможности прокатки полосы для заданных условий.
5. Провести исследования и предложить варианты по обеспечению работоспособности неработоспособного узла главного привода.
6. Оформить отчет по расчетно-лабораторной работе, в который следует включить:  
цель работы;  
назначение, характеристику, состав и кинематическую схему главного привода стана;  
результаты расчетов и выполненных исследований;  
выводы по работе.

### Описание и кинематическая схема привода

Главный привод, общий вид и кинематическая схема которого представлены на рис.2.1 и 2.2, предназначен для вращения рабочих валков и включает:

Двигатель 1 постоянного тока типа ДП32 мощностью  $N_n = 12 \text{ кВт}$  частотой вращения  $n_n = 760 \text{ об/мин}$ .

Фланцевую муфту 2, передающую крутящий момент 3,15 Нм.

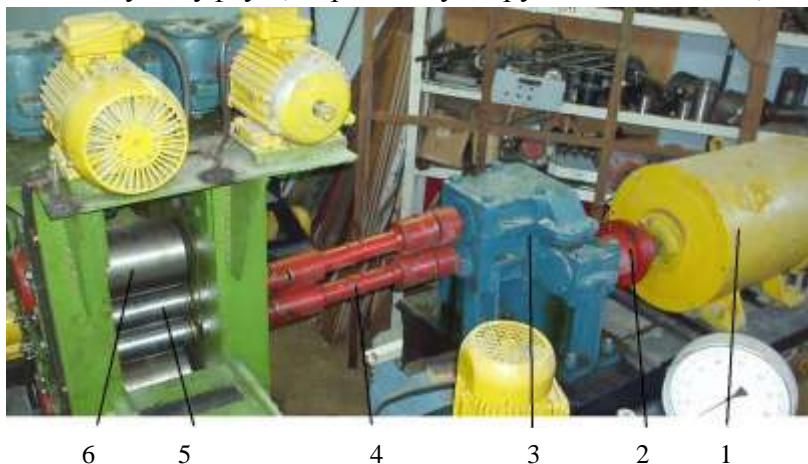


Рисунок 19 Привод рабочих валков

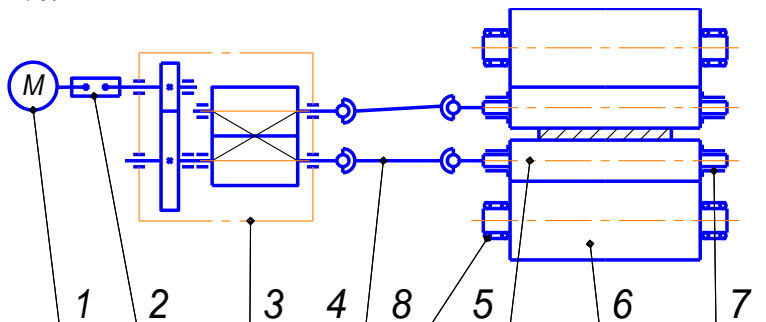
Редуктор и шестеренную клетку, совмещенные в одном корпусе 3, с общим передаточным числом  $i = 3$ .

Универсальные шпиндели 4, соединяющие шестеренную клетку с рабочими валками 5.

Рабочие 5 и опорные 6 валки выполнены из стали 9Х2. Рабочие валки вращаются в бронзовых вкладышах подшипников скольжения 7, а опорные - в двухрядных роликовых подшипниках качения 8.

Для смазывания для подшипников валков используется пластичный смазочный материал марки "Литол 24" по ГОСТ 21150-75.

Привод обеспечивает плавное регулирование окружной скорости рабочих валков от 0 до 2 м/с.



## Рисунок 20-. Кинематическая схема главного привода

Для оценки работоспособности привода в первую очередь необходимо определить нагрузки (мощность и крутящий момент), потребные для реализации процесса пластической деформации прокатываемого металла рабочими валками - собственно процесса прокатки.

Другими словами, необходимо преодолеть сопротивление деформирующейся в зоне контакта с валками полосы, которое численно характеризуется усилием, моментом и мощностью прокатки. Определение этих параметров показано в следующем подразделе.

### Алгоритм оценки прочности деталей главного привода

#### Оценка прочности прокатных валков

В четырехвалковой клети почти 98% давления металла с рабочих валков передается на опорные и воспринимается их подшипниками. В связи с этим расчет на прочность валков клети "кварто" заключается [1,5]: во-первых, в проверке условия прочности опорного валка на изгиб как балки на двух опорах

$$\sigma_u^{\max} < [\sigma_u] \quad (2.1)$$

нагруженной равномерно распределенным межвалковым давлением, во-вторых, в проверке условия контактной прочности в зоне соприкосновения валков

$$\sigma_k < [\sigma_k] \quad (2.2)$$

Нарушение первого условия может привести к поломке опорного валка, второго - к появлению на поверхностях рабочего и опорного валков усталостной выкрошки и отслоений.

Расчет выполняется на статическую прочность, а динамика изменения напряжений учитывается выбором допускаемых напряжений с пятикратным запасом прочности.

Расчет опорных валков на изгиб для условий контрольного примера

Расчетная схема валка приведена на рис.2.3. Замерами определены:  $d_{on} = 100\text{мм}$ ,  $l_{on} = 70\text{мм}$ ,  $D_{on} = 150\text{мм}$ ,  $L = 180\text{мм}$ .

Допускаемые напряжения для стали 9Х2, из которой сделаны прокатные валки, определены с пятикратным запасом прочности

$$[\sigma] = \frac{\sigma_s}{5} = \frac{700}{5} = 140\text{МПа}.$$

Реакции в опорах валка, считая схему нагружения симметричной, будут равны (рис.2.3) (здесь  $P = 121,1\text{Н}$  - максимальное усилие прокатки без натяжения):

$$R_A = R_B = \frac{P}{2} = \frac{121,1}{2} = 60,5\text{кН}.$$

Уравнения изгибающего момента, рис.2.3:

$$\text{На первом участке } M_u^1 = R_A Z_1 = P/2 \cdot Z_1 = 60,5 Z_1;$$

$$\text{При } Z_1 = 0, M_u = 0; \text{ при } Z_1 = \frac{l_{on}}{2} = \frac{0,07}{2} = 0,035\text{м}, M_u^1 = 60,5 \cdot 0,035 = 2,12\text{кНм}.$$

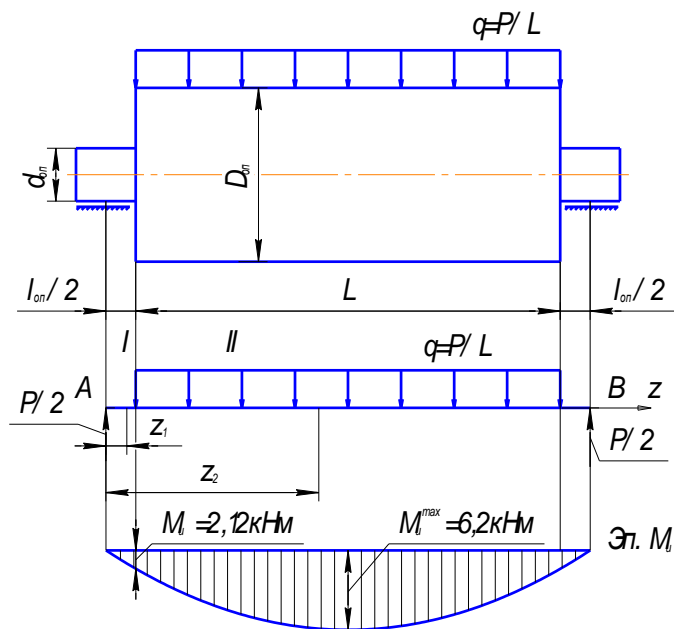


Рисунок 21- К расчету опорного вала

На втором участке

$$M_u^II = R_A Z_2 - q(Z_2 - l_{on}/2)^2 / 2$$

$$\text{при } Z_2 = l_{on}/2 = 0,035 \text{ м } M_u^II = \frac{R_A l_{on}}{2} = 2,12 \text{ кНм}; \text{ (рис.2.3);}$$

$$\text{при } Z_2 = l_{on}/2 + L/2 = 0,035 + 0,18/2 = 0,13 \text{ м}$$

$$M_u^II = 60,5 \cdot 0,130 - \frac{336,3}{0,18} \cdot \frac{(0,130 - 0,035)^2}{2} = 6,2 \text{ кНм}$$

Таким образом, наиболее опасное сечение расположено на середине бочки вала, где действует максимальный изгибающий момент  $M_u^{\max} = 6,2 \text{ кНм}$ .

Максимальное напряжение изгиба в этом сечении

$$\begin{aligned} \sigma_u^{\max} &= M_u^{\max} / W_u = M_u^{\max} / 0,1 D_{on}^3 = \\ &= 6,2 \cdot 10^6 / 0,1 \cdot 150^3 = 18,4 \text{ МПа} \end{aligned}$$

$18,4 \text{ МПа} < [\sigma] = 140 \text{ МПа}$ , следовательно, условие прочности (2.1) выполнено.

Оценим прочность шейки вала.

Максимальный изгибающий момент возникает в поперечном сечении шейки вала в конце I-го участка (рис.2.3) и составляет  $M_u = 2,12 \text{ кНм}$ .

Следовательно, максимальное напряжение изгиба в этом сечении составит

$$\sigma_u^{\max} = M_u / W_u = M_u (0,1 d_{on}^3) = 21,2 \text{ МПа}.$$

Однако при расчете на прочность шейки вала необходимо учитывать касательные напряжения от действия крутящего момента, который равен половине максимального момента прокатки  $T = 0,5 M_{np}$ .

Тогда максимальные касательные напряжения в опасных точках этого сечения равны:

$$\begin{aligned} \tau_{uu} &= 0,5 M_{np.c} / W_p = 0,5 M_{np} / (0,2 d_{on}^3) = \\ &= 0,5 \cdot 201,0 \cdot 10^3 / (0,2 \cdot 100^3) = 1,01 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Результирующее напряжение для стальных валков определяют по 4-й теории прочности

$$\sigma_{pe3} = \sqrt{\sigma_{uu}^2 + 3\tau_{uu}^2} = \sqrt{21,2^2 + 3 \cdot 1,01^2} = 21,3 \text{ МПа}.$$

$$21,3 \text{ МПа} < [\sigma] = 140 \text{ МПа}$$

следовательно, условие прочности для шейки также выполняется и, в конечном итоге, можно говорить о прочности валка в целом при прокатке полосы в заданных условиях.  
Расчет валков по контактным напряжениям для условий контрольного примера

При холодной прокатке тонких полос в зоне контакта рабочего и опорного валков возникают значительные напряжения, которые определяют по формуле Герца для стальных и чугунных цилиндров:

$$\sigma_{\kappa} = 0,58 \sqrt{q \cdot E_{np} / R_{np}}$$

Для предотвращения усталостного выкрашивания необходимо выполнение условия контактной прочности  $[\sigma_{\kappa}] > \sigma_{\kappa}$ . В этих формулах

$$q = \frac{P}{L} \text{ - погонная нагрузка, кНм;}$$

$$E_{np} = \frac{2E_1 E_2}{E_1 + E_2} \text{ - приведенный модуль упругости, МПа;}$$

$$R_{np} = \frac{2R_1 R_2}{R_1 + R_2} \text{ - приведенный радиус валков;}$$

$R_1$  и  $R_2$ ,  $E_1$  и  $E_2$  - радиусы и модули упругости материала рабочего и опорных валков соответственно;

$$[\sigma_{\kappa}] = 1500 \text{ МПа} \text{ - допустимое контактное напряжение для стали 9Х2.}$$

Определим величину  $\sigma_{\kappa}$  по ф. (2.4):

$$E_{np} = E_1 = E_2 = 2,15 \cdot 10^5 \text{ МПа};$$

$$R_{np} = \frac{2 \cdot 40 \cdot 75}{40 + 75} = 52,17 \text{ мм};$$

$$q = \frac{128,6}{0,18} = 714 \text{ кН/м} = 714 \text{ Н/мм};$$

$$\sigma_{\kappa} = 0,58 \sqrt{714 \cdot 2,15 \cdot 10^5 / 52,17} = 0,99 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Условия контактной прочности в нашем случае также выполняется, так как  $[\sigma_{\kappa}] = 1500 \text{ МПа} > \sigma_{\kappa} = 990 \text{ МПа}$ .

### **Оценка долговечности подшипников опорных валков**

Исходные данные:

Подшипники N 3514 двухрядные роликовые с внутренним диаметром  $d = 70 \text{ мм}$ , наружным  $D = 130 \text{ мм}$ .

Коэффициент работоспособности подшипника, гарантируемый заводом-изготовителем  $C = 10^6$ .

Коэффициент динамичности (безопасности)  $k_G = 1,5$  [1].

Радиальная нагрузка на подшипник  $Q = P/2 = 60,5 \text{ кН}$ .

Решение

1. Определяем частоту вращения валков

$$n_B = 30 \omega_6 / \pi = 30 \cdot 25 / 3,14 = 238,7 \text{ об/мин}.$$

2. Определяем расчетную долговечность (в часах) установленных подшипников из условия:

$$(n \cdot h)^{0,3} = \frac{10 \cdot C}{Q \cdot k_G} = \frac{10 \cdot 1 \cdot 10^6}{60,5 \cdot 10^3 \cdot 1,5} = 110,1;$$

$$0,3(\lg 238,7 + \lg h) = \lg 110,1 = 2,042;$$

$$h = 26820 \text{ ч} \approx 3,06 \text{ лет}$$



Т.е. долговечность подшипника составляет около двух с половиной лет непрерывной работы. Это вполне обеспечит работу экспериментального стана в течение времени, необходимого для проведения лабораторных работ, т.к. оно не превышает 1,5...2 часов непрерывной работы.

### Оценка прочности универсальных шпинделей

На лабораторном стане установлены шпиндели универсального типа (рис.2.4). В связи с этим в данном пособии представлен алгоритм расчета шпинделей только данной конструкции. Он включает расчет на прочность лопасти с прорезью и вилки шарнира, который представлен ниже для условий контрольного примера.

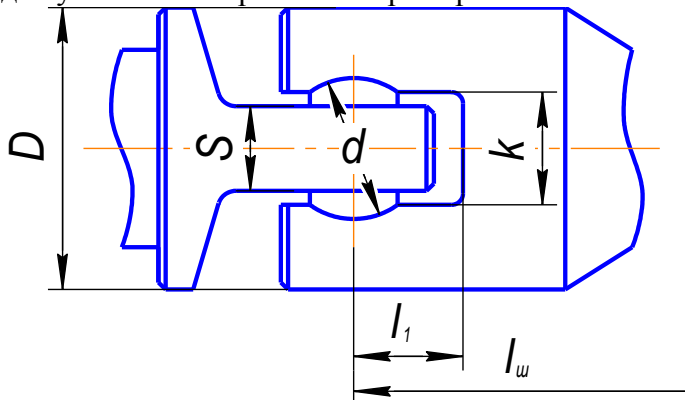


Рисунок 22-. Конструкция универсального шпинделя

#### Расчет лопасти шпинделя

Расчетная схема лопасти шарнира представлена на рис.2.5. Замерами на стане установлено:  $D = 90\text{мм}$ ;  $b = 32\text{мм}$ ;  $S = 30\text{мм}$ ;  $l_2 = 30\text{мм}$ ;  $l_{ш} = 415\text{мм}$  (длина шпинделя), рис.2.4.

Лопать шарнира с прорезью воспринимает со стороны вкладыша давление, распределенное по трапеции (рис.2.5,а). Поэтому равнодействующая  $F$  давления на одну ветвь лопасти будет смещена от центра ее сечения на расстояние  $a = \frac{b}{6}$ . Следовательно, в опасном сечении 1-1 (рис.2.5,б), от действия силы  $F$  кроме напряжений изгиба, будут действовать также напряжения кручения.

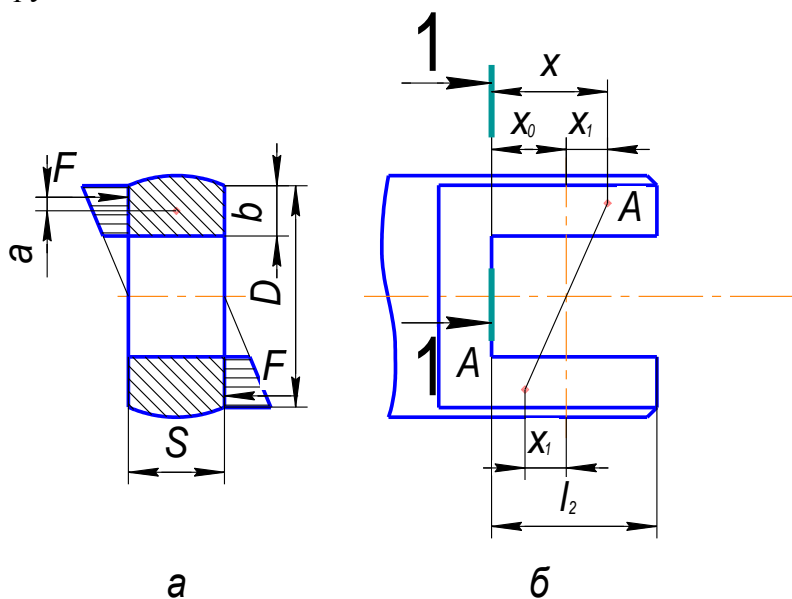


Рисунок 23 -. К расчету лопасти шпинделя

Решение

1. Определяем усилие  $F$

$$F = \frac{M}{D - \frac{2b}{3}}, H$$

где  $M = 0,5M_{np}$  - крутящий момент, передаваемый шпинделем, Нм;

$(D - 2b/3)$  - расстояние между силами  $F$  (плечо пары сил  $F$ )

В нашем случае

$$F = \frac{0,5 \cdot 201,0}{\left(90 - \frac{2 \cdot 32}{3}\right) \cdot 10^{-3}} = 2927,7 H = 2,9 кН$$

2. Изгибающий момент в сечении 1-1 (рис.2.5,б):

$$M_u = F \cdot x, Нм,$$

где  $x = 0,5(D - 2b/3)tg\varphi + x_0$  - плечо силы  $F$ , мм;

$tg\varphi = h_1/l_u$  - тангенс угла наклона шпинделя;

$h_1$  - толщина полосы на выходе из валков, мм;

$x_0 \approx 0,5l_2$ .

В нашем случае

$$x_0 = 0,5 \cdot 30 = 15 мм; tg\varphi = \frac{0,7}{415} = 0,00167;$$

$$x = 0,5 \left(90 - \frac{2 \cdot 32}{3}\right) \cdot 0,00167 + 15 = 15,1 мм$$

$$M_u = 2927,7 \cdot 15,1 \cdot 10^{-3} = 44 Нм.$$

3. Максимальные напряжения изгиба в сечении 1-1

$$\sigma = \frac{M_u}{W_u} = \frac{6M_u}{bS^2} МПа,$$

$$\text{т.е. } \sigma = \frac{6 \cdot 44 \cdot 10^3}{32 \cdot 30^2} = 9,18 МПа.$$

4. Находим момент кручения в сечении 1-1

$$M_{кр} = F \cdot a = F \frac{b}{6}, Нм,$$

$$M_{кр} = 2927,7 \frac{32 \cdot 10^{-3}}{6} = 15,6 Нм.$$

5. Напряжения от кручения в опасных точках сечения 1-1

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p}, МПа,$$

где  $W_p = \eta \cdot S^3$  - полярный момент сопротивления сечения 1-1 кручению,  $мм^3$ ;

$\eta$  - коэффициент, зависящий от соотношения  $b/S$  (см.табл.2.1).

Таблица 2.1

Значения показателя  $\eta$

$b/S$	1	1,5	2	3	4	5
$\eta$	0,208	0,346	0,493	0,801	1,15	1,789

В нашем примере  $b/S = 32/70 = 1,07$ ;  $\eta = 0,222$ ;  $W_p = 0,222 \cdot 30^3 = 5994 \text{ мм}^3$ ,

$$\tau = \frac{15,6 \cdot 10^3}{5994} = 2,6 \text{ МПа}.$$

6. Оценим прочность лопасти шпинделя, принимая допускаемое напряжение материала шпинделя  $[\sigma] = 140 \text{ МПа}$ .

Результирующее напряжение в сечении 1-1 определяем по четвертой теории прочности

$$\sigma_{рез} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \text{ МПа}$$

$$\sigma_{рез} = \sqrt{9,18^2 + 3 \cdot 2,6^2} = 10,2 \text{ МПа}.$$

Условие прочности  $\sigma_{рез} < [\sigma]$  для лопасти шпинделя выполнено с большим запасом:  $10,2 < 140$ .

Расчет вилки шарнира

Расчетная схема вилки шпинделя представлена на рис.2.6. Замерами на стане установлено, что  $b_1 = 80 \text{ мм}$ ;  $x_1 = l_1 = 30 \text{ мм}$ ;  $k = 35 \text{ мм}$ , см. рис.2.4 и 2.6.

Вилка шарнира каждой своей щекой воспринимает со стороны вкладыша давление, распределенное по треугольнику в сечении А-А (рис.2.6).

При этом равнодействующая давления  $F$  будет расположена на расстоянии  $b_1/3$  от оси шарнира.

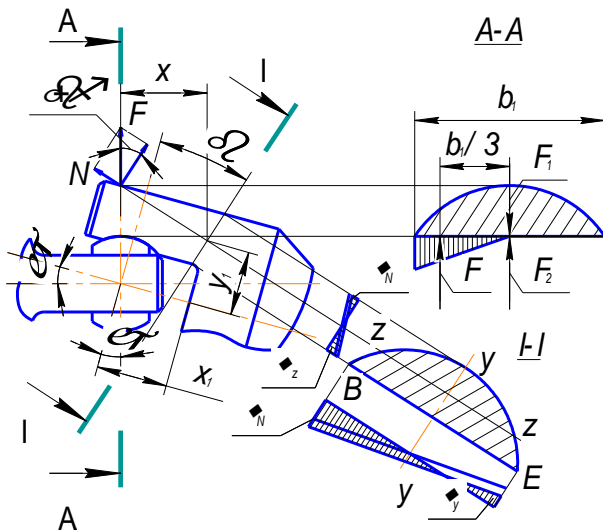


Рисунок 24 - К расчету вилки шарнира

Решение

1. Определяем значение силы  $F$

$$F = \frac{3M}{2b_1}, \text{ Н},$$

где  $M = 0,5M_{np} = 201,0 \text{ Нм}$  – крутящий момент, передаваемый шпинделем.

Для нашего примера

$$F = \frac{3 \cdot 201,0 \cdot 10^3}{2 \cdot 80} = 3769,4 \text{ Н} = 3,8 \text{ кН}$$

2. Если по оси сечения А-А приложить две взаимоуравновешенные силы  $F_1$  и  $F_2$ , равные  $F$ , то можно заметить, что на щеку вилки будет действовать пара сил  $F$  и  $F_1$ , момент которой будет равен половине крутящего момента  $0,5M$  и сила  $F_2$ , вызывающая в щеке вилки изгибающее, растягивающее и сдвигающее действие. В конечном счете, напряжения в точках произвольного сечения 1-1 вилки будут определяться следующими внутренними силовыми факторами:

а) Изгибающим моментом  $M_z$  относительно оси Z-Z сечения 1-1 (рис.2.6):

$$M_z = F \cdot x, \text{ Нм},$$

где  $x = x_1 \cdot \cos \varphi + y_1 \sin \varphi$ ;  $\varphi = \arctg \frac{h_1}{l_u}$ ;  $x_1 = l_1$  (рис.2.4);  $y_1 = \frac{k}{2} + \frac{0,373(D-k)}{2}$ .

Для условий работы исследуемого стана можно принимать  $x = x_1$ , тем не менее в нашем примере

$$\varphi = \arctg \frac{0,7}{415} = 0,10^\circ; \quad x_1 = l_1 = 30 \text{ мм};$$

$$y_1 = \frac{35}{2} + \frac{0,373(90-35)}{2} = 27,75 \text{ мм},$$

$$x = 30 \cdot \cos 0,11 + 27,75 \sin 0,11 = 29,99 + 0,045 = 30,05 \text{ мм}$$

т.е.  $x \approx x_1$ ,

$$M_z = 3769,4 \cdot 30,05 \cdot 10^{-3} = 113,3 \text{ Нм}.$$

б) Растягивающей силой  $N$  (рис.2.6):

$$N = F \cdot \sin(\varphi + \beta), \text{ Н},$$

где  $\beta \approx 25^\circ$  - угол наклона опасного сечения 1-1.

В нашем случае

$$N = 3769,4 \cdot \sin(0,11 + 25) = 1598,8 \text{ Н} = 1,6 \text{ кН}.$$

в) Изгибающим моментом  $M_y$  относительно оси Y-Y сечения 1-1 (рис.2.6):

$$M_y = \frac{N b_1}{3}, \text{ Нм},$$

В нашем примере

$$M_y = \frac{1598,8 \cdot 80 \cdot 10^{-3}}{3} = 42,63 \text{ Нм}.$$

г) Крутящим моментом  $M_{кр}$  в сечении 1-1

$$M_{кр} = \frac{F \cdot \cos(\varphi + \beta) b_1}{3}, \text{ Нм}$$

Для наших условий

$$M_{кр} = \frac{3769,4 \cdot \cos(0,11 + 25) \cdot 80 \cdot 10^{-3}}{3} = 91,0 \text{ Нм}.$$

Определим максимальные напряжения от перечисленных выше внутренних силовых факторов, действующих в сечении 1-1, и выявим наиболее опасные (наиболее нагруженные) точки этого сечения.

а) Максимальные нормальные растягивающие напряжения от изгибающего момента  $M_z$ , действующие во всех точках линии ВЕ, рис.3.7:

$$\sigma_z = \frac{M_z}{W_z}, \text{ МПа}, \quad (2.17)$$

где  $W_z = \frac{C_1^2(3C_2^2 + 6C_2C_3 + 2C_3^2)}{6(3C_2 + 4C_3)}$  (2.18) - момент сопротивления опасного сечения 1-1 изгибу

относительно оси  $Z$ ,  $\text{мм}^3$ ;

$C_1, C_2, C_3$  - элементы периметра трапеции, которой аппроксимирована форма опасного

сечения (сегмента) рис.2.7 ( $C_1 = \frac{D-k}{2 \cos \beta}$ ;  $C_2 = 0,48b_1$ ;  $C_3 = 0,26b_1$ );

$b_1$  - ширина сечения 1-1, рис.2.7.

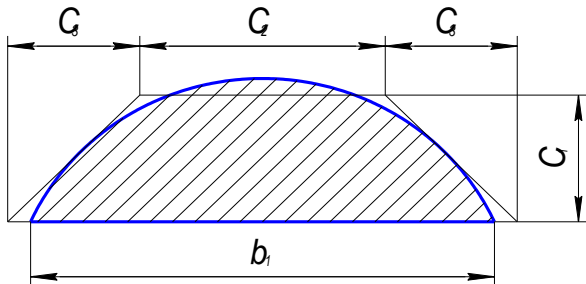


Рисунок 25 -. К расчету моментов сопротивления

В нашем примере

$$b_1 = 80 \text{ мм}; C_1 = \frac{90 - 35}{2 \cos 25} = 30,3 \text{ мм}; C_2 = 0,48 \cdot 80 = 38,4 \text{ мм}; C_3 = 0,26 \cdot 80 = 20,8 \text{ мм};$$

$$W_z = \frac{30,3^2(3 \cdot 38,4^2 + 6 \cdot 38,4 \cdot 20,8 + 2 \cdot 20,8^2)}{6(3 \cdot 38,4 + 4 \cdot 20,8)} = 7797 \text{ мм}^3,$$

$$\sigma_z = \frac{113,3 \cdot 10^3}{7797} = 14,5 \text{ МПа}.$$

б) Нормальные растягивающие напряжения от растягивающей силы  $N$ , действующие в каждой точке сечения 1-1

$$\sigma_N = \frac{N}{A}, \text{ МПа},$$

где  $A = \frac{2b_1C_1}{3}$  - площадь сечения 1-1.

Для наших условий

$$\sigma_N = \frac{1598,8 \cdot 3}{2 \cdot 80 \cdot 30,3} = 0,99 \text{ МПа}.$$

в) Максимальные растягивающие нормальные напряжения от изгибающего момента  $M_y$ , действующие в точке  $B$  сечения 1-1 (рис.2.6):

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y}, \text{ МПа},$$

где  $W_y = \frac{C_1(C_2^3 + 3C_2^2C_3 + 4C_2C_3^2 + 2C_3^3)}{6(C_2 + 2C_3)}, \text{ мм}$

Для контрольного примера

$$W_y = \frac{30,3(38,4^3 + 3 \cdot 38,4^2 \cdot 20,8 + 4 \cdot 38,4 \cdot 20,8^2 + 2 \cdot 20,8^3)}{6(38,4 + 2 \cdot 20,8)} =$$

$$= 14734 \text{ мм}^3$$

$$\sigma_y = \frac{42,63 \cdot 10^3}{14734} = 2,9 \text{ МПа}.$$

г) Максимальные касательные напряжения от действия крутящего момента  $M_{кр}$  в сечении 1-1, возникающие в наиболее удаленных от центра кручения точках  $B$  и  $E$

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p}, \text{ МПа},$$

$$\text{где } W_p = \frac{\left(\frac{D}{2}\right)^3 \left(\frac{D-k}{D}\right)^{2,82}}{2,86} \quad (2.23) - \text{ полярный момент сопротивления кручению сечения 1-1, мм}^3.$$

В нашем случае

$$W_p = \frac{\left(\frac{90}{2}\right)^3 \left(\frac{90-35}{90}\right)^{2,82}}{2,86} = 7945,7 \text{ мм}^3,$$

$$\tau = \frac{91,0 \cdot 10^3}{7945,7} = 11,5 \text{ МПа}.$$

Таким образом наиболее опасной точкой сечения 1-1 является т.  $B$ , в которой действует максимальное нормальное напряжение

$$\sigma = \sigma_z + \sigma_N + \sigma_y, \text{ МПа},$$

и максимальное касательное напряжение  $\tau$ .

Условие прочности вилки шарнира определим по четвертой теории прочности для т.  $B$ :

$$\sigma_{рез} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma],$$

Оценим прочность вилки шарнира в нашем примере.

Полное нормальное напряжение по ф.(3.53)

$$\sigma = 14,5 + 0,99 + 2,9 = 18,4 \text{ МПа}.$$

Результирующее напряжение

$$\sigma_{рез} = \sqrt{18,4^2 + 3 \cdot 11,5^2} = 27,1 \text{ МПа}.$$

Сравнивая значение  $\sigma_{рез} = 27,1 \text{ МПа}$  с  $[\sigma] = 140 \text{ МПа}$ , видим, что и для вилки шарнира условие прочности (2.25) выполняется.

### **Расчет на прочность элементов шестеренной клетки и редуктора**

Расчет зубчатого зацепления шестеренной клетки

Как показывает опыт эксплуатации, зубчатые передачи в большинстве случаев выходят из строя в основном вследствие разрушения (выкрошки) контактных поверхностей зубьев и реже по их поломкам. Поэтому зубья передач рассчитывают сначала на прочность по максимальным контактным напряжениям

$$\sigma_k < [\sigma_k]$$

а затем уже на прочность изгиба

$$\sigma_{II} < [\sigma_{II}]$$

по опасному сечению в основании зуба.

Максимальные контактные напряжения в поверхностном слое зубьев для обычных (с углом зацепления  $\alpha = 20^\circ$ ) прямозубых передач (именно такой тип передачи установлен на лабораторном стане) выполняют по формуле:

$$\sigma_k = \frac{310}{a} \sqrt{\frac{M_p(i+1)}{b \cdot i}}, \text{ МПа},$$

где  $a$ ,  $b$  - межосевое расстояние и ширина зубчатого колеса, мм;

$M_p = k \cdot M_3$  - максимальный расчетный момент, Нмм;

$M_3 = M_{np}$  - максимальный момент, передаваемый зубчатым зацеплением (в данном случае он равен максимальному моменту прокатки);

$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$  - расчетный коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки в зацеплении;

$k_1 = 1,4; 1,55; 1,65$  - коэффициент ширины колеса для  $b/d_1 = 1,5; 2,0; 2,5$ . ( $d_1$  - диаметр делительной окружности шестерни);

$k_2 = 1 + 0,1 \cdot i$  - коэффициент концентрации;

$k_3 = 1,2$  - коэффициент качества (точности) изготовления;

Проверим выполнение условия контактной выносливости зубьев шестеренной клетки для условий нашего примера. Для этого примем согласно [1]  $[\sigma_k] = 900$  МПа и укажем измеренные на стане необходимые размеры:  $a = 100$  мм,  $b = 120$  мм;  $d_a = 105$  мм (диаметр выступов шестерен), число зубьев шестерни  $Z = 40$ , передаточное число  $i = 1$ .

Расчетный коэффициент

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 1,29 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 1,705;$$

где  $k_1 = 1,29$  при  $b/d_1 = 1,2$  ( $d_1 = d_a - 2m = 105 - 5 = 100$  мм).

Модуль зубьев, не измеряя окружной шаг, определили из следующих известных соотношений:

$$d_1 = d_a - 2m; \quad d_1 = Zm, \quad m = \frac{d_a}{Z + 2} = \frac{105}{42} = 2,5 \text{ мм};$$

$$k_2 = 1 + 0,1 \cdot 1 = 1,1.$$

Расчетный момент  $M_p = 1,705 \cdot 402,1 = 684,6$  Нм.

Максимальное контактное напряжение

$$\sigma_k = \frac{310}{100} \sqrt{\frac{684,6 \cdot 10^3 \cdot 2}{120 \cdot 1}} = 331,1 \text{ МПа}$$

Сравнивая с  $[\sigma_k]$ , а именно  $331,1 \text{ МПа} < 900 \text{ МПа}$ , видим, что условие контактной выносливости выполняется.

Максимальное напряжение изгиба в сечении у основания зубьев определяют по формуле

$$\sigma_{II} = \frac{\Psi \cdot M_p}{y \cdot m^2 \cdot Z \cdot b}, \text{ МПа},$$

где  $\Psi = 1,8$  - коэффициент концентрации напряжений при изготовлении зубьев фрезой;

$y$  - коэффициент формы зубьев; определяется в зависимости от числа зубьев. (Согласно [2,4] при  $Z = 40$ ,  $y = 3,7$ ).

Проверим выполнение условия прочности для условий контрольного примера, принимая  $[\sigma_H] = 200 \text{ МПа}$  согласно [1]:

$$\sigma_H = \frac{1,8 \cdot 684,6 \cdot 10^3}{3,7 \cdot 2,5^2 \cdot 40 \cdot 120} = 11,1 \text{ МПа}.$$

Сравнивая  $\sigma_H = 11,1 \text{ МПа}$  с  $[\sigma_H] = 200 \text{ МПа}$ , убеждаемся, что условие прочности (2.27) выполняется.

Расчет шестеренного вала на прочность

Рассмотрим усилия, действующие на шестеренный валок (рис.2.8).

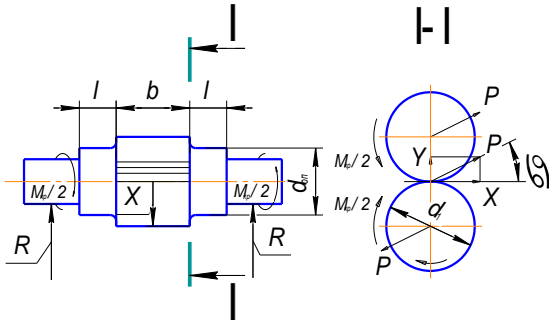


Рисунок 26 - К расчету вала на прочность

Окружное усилие определим, зная максимальный крутящий момент  $M_{кр}$ , передаваемый зацеплением

$$X = \frac{M_{кр}}{d_1/2}, \text{ Н},$$

Зная величину угла зацепления  $\alpha = 20^\circ$ , можно определить полное усилие:

$$P = \frac{X}{\cos 20^\circ} = \frac{2M_{кр}}{d_1 \cos 20^\circ}, \text{ Н},$$

Несмотря на то, что валок изгибается вертикальной составляющей  $Y$ , проведем расчет от действия полной силы  $P$ , заведомо его ужесточая.

Реакции в опорах вала при симметричном расположении шестерни

$$R = \frac{P}{2}, \text{ Н},$$

Наиболее опасным для шейки вала является сечение 1-1 (рис.2.8), где действует изгибающий момент

$$M_u = \frac{R \cdot l}{2} = \frac{P \cdot l}{4}, \text{ Нм}$$

Максимальное напряжение в точках этого сечения будет равно

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_u} = \frac{P \cdot l}{4 \cdot 0,1 \cdot d_{он}^3}, \text{ МПа}$$

Кроме напряжений изгиба в точках опасного сечения будут действовать касательные напряжения кручения

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{M_{кр}}{0,2 \cdot d_{он}^3}, \text{ МПа}$$



Условие прочности записывают по четвертой теории прочности:

$$\sigma_{рез} = \sqrt{\sigma_u^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]$$

Оценим прочность шестеренных валков лабораторного стана для условий прокатки контрольного примера, где  $b = 120\text{мм}$ ;  $l = 40\text{мм}$ ;  $d_{он} = 60\text{мм}$ ;  $d_1 = 100\text{мм}$ .

Допускаемое напряжение при изготовлении валков из ковanej стали 40 или 40Х  $[\sigma] = 140\text{МПа}$ .

Определяем полное усилие в зацеплении по формулам (2.30) и (2.31), учитывая, что крутящий момент  $M_{кр} = M_{нр} = 402,1\text{Нм}$ :

$$P = \frac{2 \cdot M_{кр}}{d_1 \cos 20^\circ} = \frac{2 \cdot 402,1 \cdot 10^3}{100 \cdot 0,94} = 8557,4\text{Н}.$$

Изгибающий момент в сечении 1-1

$$M_u = \frac{P \cdot l}{4} = \frac{8557,4 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{4} = 85,6\text{Нм}.$$

Максимальное нормальное напряжение

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_u} = \frac{M_u}{0,1 \cdot d_{он}^3} = \frac{85,6 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 60^3} = 3,96\text{МПа}.$$

Максимальные касательные напряжения

$$\tau = \frac{M_{кр}}{0,2 \cdot d_{он}^3} = \frac{402,1 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 60^3} = 9,3\text{МПа}.$$

Результирующее напряжение

$$\sigma_{рез} = \sqrt{\sigma_u^2 + 3\tau^2} = \sqrt{3,96^2 + 3 \cdot 9,3^2} = 16,6\text{МПа}.$$

Очевидно, что  $9,65\text{МПа} \ll 140\text{МПа}$  и, следовательно, условие прочности для шейки шестеренного валка выполняется с большим запасом.

Расчет на прочность элементов редуктора

На лабораторном стане установлен редуктор, где приводная вал-шестерня по модулю и геометрическим размерам совпадает с вал-шестерней шестеренной клетки.

Исключением является ширина венца, здесь  $b = 90\text{мм}$ . В связи с этим расчет зубчатого зацепления редуктора на контактную выносливость по алгоритму (2.26)...(2.29) выполнять не имеет смысла, так как уменьшение ширины венца в 1,3 раз компенсируется  $900/646,6 = 1,39$ -кратным превышением допускаемого контактного напряжения над расчетным, которое определено с пятикратным запасом.

Остальные расчетные напряжения как минимум в 10 раз меньше допускаемых.

### **Оценка работоспособности муфты главного привода**

На лабораторном стане установлена фланцевая муфта, соединяющая валы двигателя и редуктора диаметром  $d = 57,5\text{мм}$ . В соответствии с ГОСТ 20761-75 допускаемый момент, передаваемый муфтой составляет  $[M] = 630\text{Нм}$ .

Проверку прочности муфты производят по величине расчетного момента  $M_p$  по условию:

$$M_p = k \cdot M_{\max} < [M],$$

где  $k$  - коэффициент, учитывающий перегрузки.

Для условий работы лабораторного стана можно принять  $k = 1,25$ .

И тогда для контрольного примера условие (2.37), принимая  $M_{\max} = M_{np}/i = 402,1/3 = 134,0 \text{ Нм}$ , запишется так:

$$M_p = 1,25 \cdot 134,0 = 167,5 \text{ Нм} < [M] = 630 \text{ Нм}.$$

Т.е. муфта обеспечит передачу крутящего момента без повреждений.

**Расчет нагрузок на двигатель и его оценка по моменту и мощности при прокатке полосы в заданных условиях.**

Мощность электродвигателя для привода валков и крутящий момент на его валу состоят из трех частей:

$$N_{\text{дв}} = N_{np} + N_{mp} + N_{\text{дин}} = N_{\text{ст}} + N_{\text{дин}}$$

$$M = M'_{np} + M'_{mp} + M'_{\text{дин}} = M'_{\text{ст}} + M'_{\text{дин}}$$

где  $N_{np}$  и  $M'_{np}$  - мощность и момент прокатки, приведенный к валу двигателя, необходимые для совершения работы деформации металла в очаге деформации;

$N_{mp}$  и  $M'_{mp}$  - мощность сил трения и приведенный к валу двигателя момент сил трения, возникающие в подшипниках ( $M'_{mp1}$ ) и передаточных механизмах: редукторе, шестеренной клетки, шпинделях и муфтах ( $M'_{mp2}$ );

$N_{\text{дин}}$  и  $M'_{\text{дин}}$  - мощность и приведенный к валу двигателя динамический момент, необходимые для преодоления инерции всех вращающихся от двигателя частей главной линии стана (валков, шпинделей, шестерен, муфт) в период разгона (знак плюс) или торможения (знак минус).

Первые две величины ( $N_{np} + N_{mp}$ ) или ( $M'_{np} + M'_{mp}$ ) являются неизменными в течение пропуска металла через валки и называются статической нагрузкой.

Рассмотрим определение отдельных составляющих нагрузки на двигатель.

1. Момент прокатки, приведенный к валу двигателя

$$M'_{np} = \frac{M_{np}}{i}, \text{ Нм},$$

где  $M_{np}$  - момент прокатки (см. ф. 1.11), Нм;

$i$  - передаточное число редуктора.

2. Момент трения в линии стана, приведенный к валу электродвигателя

$$M'_{mp} = M'_{mp1} + M'_{mp2} = \frac{M_{mp1}}{i} + \frac{M_{mp2}}{i}, \text{ Нм},$$

а) Момент трения в подшипниках валков ( $M_{mp1}$ ).

На четырехвалковом стане (каким является лабораторный стан 80/150x180) давление металла воспринимают подшипники неприводных опорных валков. Поэтому потери на трение возникают только в этих подшипниках. Согласно [1] момент трения в подшипниках опорных валков, приведенный к оси вращения приводных рабочих валков, составляет

$$M_{mp1} = P \cdot f_{\Pi} \cdot d_{\Pi} \frac{D_p}{D_{\text{оп}}}, \text{ Нм},$$

где  $P$  - усилие прокатки, Н;

$f_{\Pi}$ ,  $d_{\Pi}$  - коэффициент трения и диаметр трения (диаметр цапфы) в подшипниках опорных валков;

$D_p$ ,  $D_{\text{оп}}$  - диаметр рабочих и опорных валков, м.

б) Момент трения в передаточных механизмах (редукторе, шестеренной клетки, шпинделях и муфтах ( $M_{mp2}$ )). Его находят по известным значениям коэффициентов полезного действия передаточных механизмов привода

$$M_{mp2} = (M_{np} + M_{mp1}) \left( \frac{1}{\eta_{II}} - 1 \right), \text{Нм},$$

где  $\eta_{II} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$  - коэффициент полезного действия передаточных механизмов:  $\eta_1 = 0,95 \dots 0,98$  - редуктора;  $\eta_2 = 0,92 \dots 0,95$  - шестеренной клетки;  $\eta_3 = 0,99$  - универсальных шпинделей и муфт.

3. Статический момент, приведенный к валу электродвигателя

$$M'_{cm} = \frac{M_{np} + M_{mp1} + M_{mp2}}{i}$$

4. Динамический момент  $M_{дин}$  возникает только при изменении скорости вращения валков. Согласно [1] приведенный к валу двигателя

$$M'_{дин} = \frac{1}{4} m \cdot D_i^2 \cdot \varepsilon, \text{Нм},$$

где  $m \cdot D_i^2 = m \cdot D_{я}^2 + m \cdot D_{м}^2 + \frac{(m \cdot D_p^2 + m \cdot D_{ш}^2 + m \cdot D_{шн}^2 + m \cdot D_6^2)}{i^2}$  - маховый момент масс всех

вращающихся деталей: якоря двигателя, моторной муфты с ведущей шестерней редуктора, ведомой шестерни редуктора и коренной муфты, шпинделей и валков соответственно.

После определения  $M_{cm}$  и  $M_{дин}$  можно определять мощность главного электродвигателя. Двигатель выбирают в зависимости от того, для какого стана он служит приводом.

Для неревверсивных станов с постоянной скоростью прокатки, моделью которого является лабораторный стан 80/150x180, максимальную мощность двигателя определяют по максимальной статической нагрузке

$$N_{дв.макс} = M_{cm} \omega_{дв}, \text{Вт},$$

где  $\omega_{дв} = \omega_6 i$  - угловая скорость вращения якоря двигателя при данной нагрузке, рад/с.

Проверка двигателя для таких станов заключается в следующем:

а) Проверка по коэффициенту перегрузки.

При длительном режиме работы допускаются кратковременные перегрузки (например, при запуске или торможении). Это условие может быть выражено следующим неравенством:

$$k = \frac{N_{дв.макс}}{N_n} = \frac{M'_{cm}}{M_n} \leq [k]$$

где  $k$  - коэффициент перегрузки;

$N_n$  - номинальная мощность двигателя, кВт;

$M_n = N_n / \omega_n$  - номинальный момент двигателя, Нм;

$[k] = 1,5 \dots 3,0$  - допускаемый коэффициент перегрузки.

б) Проверка двигателя по мощности при длительной работе.

Мощность установленного двигателя должна удовлетворять условиям длительной работы при прокатке полосы на максимальной скорости. Эта проверка определяется выполнением следующего условия

$$N_{дв} < N_n,$$

где  $N_{дв} = N_{\sigma} / \eta$  - мощность двигателя потребная для прокатки данной полосы, Вт;

$N_{\sigma} = (M''_{np} + M_{mp1}) \omega_6$  - мощность на бочке валков, Вт;

$M''_{np}$  - момент прокатки с натяжением по ф.(1.14), Нм;

$M_{mp1}$  - момент трения в подшипниках по ф.(2.41), Нм;

$\eta$  - к.п.д. привода, см.ф. (2.42).

Проведем расчет нагрузок на главный двигатель лабораторного стана и оценим его возможность для реализации процесса прокатки полосы в условиях контрольного примера.

Решение.

1. Определяем максимальный момент прокатки, приведенный к валу двигателя по ф.(2.39):

$$M'_{np} = \frac{M_{np}}{i} = \frac{402,1}{3} = 134,0 \text{ Нм},$$

где  $M_{np} = 402,1 \text{ Нм}$  - момент на валках без натяжения, являющийся максимальным, возникающий при заправке рулона (см.ф.3.16);

$i = 3$  - передаточное число редуктора.

2. Определяем момент трения в линии стана, приведенный к валу двигателя по ф.(1.14):

$$M'_{mp} = \frac{M_{mp1}}{i} + \frac{M_{mp2}}{i}, \text{ Нм}$$

а) Момент трения в подшипниках опорных валков (2.41), приведенный к оси вращения рабочих валков

$$M_{mp1} = P \cdot f_{\Pi} \cdot d_{\Pi} \frac{D_p}{D_{оп}} = 121,1 \cdot 0,04 \cdot 0,1 \frac{80}{150} = 258,3 \text{ Нм}$$

где  $P = 121,1 \text{ кН}$  - максимальное усилие прокатки;

$f_{\Pi} = 0,04$  - коэффициент трения в подшипниках качения опорных валков;

$d_{\Pi} = 0,1 \text{ м}$  - диаметр шейки опорного валка.

б) Момент трения в передаточных механизмах (2.42):

$$\begin{aligned} M_{mp2} &= (M_{np} + M_{mp1}) \left( \frac{1}{\eta_{\Pi}} - 1 \right) = \\ &= (402,1 + 258,3) \left( \frac{1}{0,92} - 1 \right) = 56,1 \text{ Нм} \end{aligned}$$

где  $\eta_{\Pi} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 0,92$  - к.п.д. привода.

В конечном итоге момент трения в линии стана, приведенный к валу электродвигателя по ф. (2.40)

$$M'_{mp} = \frac{258,3 + 56,1}{3} = 104,8 \text{ Нм}.$$

3. Статический момент, приведенный к валу двигателя (2.43):

$$M'_{cm} = M'_{np} + M'_{mp} = 134,0 + 104,8 = 238,8 \text{ Нм}.$$

4. На стане установлен двигатель ДП-32, мощностью  $N_n = 12 \text{ кВт}$ , с частотой вращения  $n_n = 760 \text{ об/мин}$ .

Следовательно (см. ф. 2.46)

$$M_n = N_n / \omega_n, \text{ Нм},$$

$$\text{где } \omega_n = \frac{\pi n_n}{30} = \frac{3,14 \cdot 760}{30} = 79,5 \text{ рад/с}, \quad M_n = \frac{12000}{79,5} = 150,8 \text{ Нм}.$$

Выполним проверку двигателя, установленного на стане.

а) Проверка по коэффициенту перегрузки (по моменту 2.46):

$$k = \frac{M'_{cm}}{M_n} = \frac{238,8}{150,8} = 1,58 < [k] = 1,5 \dots 3.$$

б) Проверка двигателя по мощности при длительной работе (2.47):

$$N_{\text{дв}} < N_n$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{б}}}{\eta_{\text{п}}} = \frac{(M_{\text{пр}}^n + M_{\text{мп1}}^n) \cdot \omega_{\text{в}}}{\eta_{\text{п}}} = \frac{25(316,4 + 208,4)}{0,92} = 14233 \text{ Вт} = 14,2 \text{ кВт} > 12,0 \text{ кВт}$$

где  $M_{\text{пр}}^n = 316,4 \text{ Нм}$  - момент прокатки с натяжением по ф.(1.14);

$$M_{\text{мп1}}^n = 258,3 \frac{97,7}{121,1} = 208,4 \text{ Нм} - \text{ момент трения в подшипниках валков при усилии } P^n = 97,7 \text{ кН}$$

(из условия пропорциональности: при  $P = 121,1 \text{ кН}$   $M_{\text{мп1}} = 258,3 \text{ Нм}$ , при  $P^n = 97,7 \text{ кН}$

$$M_{\text{мп1}} = x).$$

$$\omega_{\text{в}} = \frac{V}{R} = \frac{1,0}{0,04} = 25 \text{ рад/с} - \text{ угловая скорость валков};$$

$V = 1,0 \text{ м/с}$  - скорость прокатки;

$\eta = 0,92$  - к. п. д. привода.

Таким образом длительная работа двигателя (прокатка рулонов) для заданных условий прокатки невозможна ( $14,2 \text{ кВт} > 12,0 \text{ кВт}$ ), однако по условию (а)  $k = 1,58 < [k] = 1,5 \dots 3,0$  возможна прокатка коротких образцов.

### **Вывод о работоспособности привода**

Представленные выше энергосиловые и проверочные расчеты подтверждают вывод о работоспособности привода и возможности реализации процесса холодной прокатки коротких образцов полосы по исходным данным контрольного примера.

### **Исследование работоспособности узлов главного привода**

Исследование работоспособности привода провести по следующему алгоритму:

- на основе анализа работоспособности узлов привода выбирать для исследования тот, для деталей которого нарушено условие прочности (если все узлы работоспособны, то для исследований выбирается наиболее нагруженный узел по согласованию с преподавателем);

- предложить и обосновать решения для обеспечения работоспособности узла с заданным коэффициентом запаса прочности ( $n = 2,0 \dots 3,0$ ): выбором новых материалов, подбором нового стандартного оборудования, изменением конструкции узла, выбором рациональных условий прокатки и др.;

- выполнить необходимые расчеты для обоснования принятого решения.

### **Контрольные вопросы**

1. Объяснить назначение, состав и работу главного привода.
2. Объяснить принцип оценки работоспособности двигателя прокатных валков.
3. Объяснить смысл оценки прочности и долговечности следующих узлов и деталей привода:
  - прокатных валков;
  - подшипников прокатных валков;
  - универсальных шпинделей;
  - муфт привода;
  - элементов шестеренной клетки и редуктора.
4. Объяснить смысл предложенного решения по обеспечению работоспособности исследованного узла привода рабочих валков.
5. Какие узлы (узел) привода являются неработоспособными и почему?
6. Назвать варианты, обеспечивающие работоспособность исследованного узла.
7. Оценить эффективность предложенных решений.

**Ход работы:**

1. Записать в рабочую тетрадь алгоритм расчета.
2. Записать в рабочую тетрадь основные формулы для расчета
3. Вычертить схемы оборудования.
4. Подготовить защиту лабораторной работы.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схему, расчеты. Отчет предоставить в устной форме.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Лабораторная работа 2****Расчет и исследование привода отгибателя конца полосы****Цель работы**

- изучить состав и конструкцию привода отгибателя конца полосы лабораторного стана 80/150x180;

- оценить работоспособность всех узлов привода для заданных преподавателем условий прокатки и исследовать влияние технологических параметров на работоспособность наиболее нагруженных узлов.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

**Материальное обеспечение:**

Методическое пособие к практической работе.

**Порядок выполнения**

1. Ознакомиться с конструкцией привода отгибателя конца полосы на действующем стане, его характеристикой и составом оборудования.
2. Выполнить кинематическую схему привода.
3. Выполнить проверочные расчеты узлов привода в соответствии с алгоритмом п.6.4.
4. Сделать заключение о возможности прокатки полосы для заданных условий.
5. Провести исследования нагрузочной способности установленного двигателя в зависимости от сопротивления материала полосы упругой деформации.
6. Оформить отчет по расчетно-лабораторной работе, в который следует включить:
  - цель работы;

- назначение, характеристику, состав и кинематическую схему привода отгибателя конца полосы;
- результаты расчетов и выполненных исследований;
- выводы по работе.

### Описание и кинематическая схема привода

Отгибатель электромагнитного типа, общий вид и кинематическая схема которого представлены на рис.5.1 и 6.1, служит для отгибания и задачи переднего конца полосы из магнитного материала в рабочие валки клетки. Он включает привод поворота отгибателя, который состоит из асинхронного электродвигателя 8 мощностью  $N_n = 0,2 \text{ кВт}$  с частотой вращения  $n_n = 1250 \text{ об/мин}$ , соединенного кулачковой муфтой 9 с двухступенчатым червячным редуктором 10. На выходном валу редуктора через фланцевую муфту 11 закреплено зубчатое колесо 12, взаимодействующее с зубчатым сектором, который жестко закреплен на валу отгибателя 13. Для ограничения хода сектора на раме отгибателя установлены концевые выключатели.

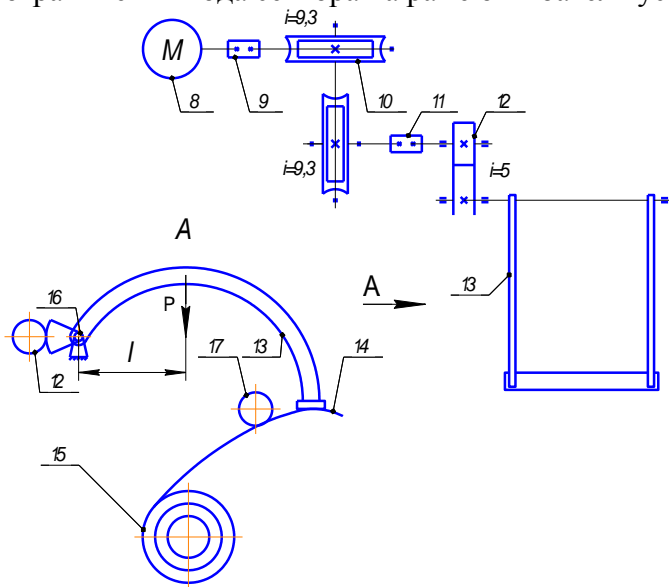


Рис.6.1. Кинематическая схема привода отгибателя конца полосы

### Оценка работоспособности и пример расчета

#### Определение сил и моментов в линии привода и оценка нагрузочной способности двигателя

Во время отгибания конца полосы 14 разматываемого рулона 15 (рис.6.1) со стороны электромагнитного отгибателя 13 возникают три момента сопротивления, которые необходимо преодолеть двигателю привода: момент упругого изгиба полосы  $M_{II}$ , момент создаваемый весом отгибателя  $M_B$  и момент трения  $M_T$  в подшипниках скольжения 16 отгибателя.

Момент упругого изгиба полосы может быть определен через момент сопротивления изгибу поперечного сечения полосы  $W = bh_0^2/6$  и предел упругости ее материала  $\sigma_y$ :

$$M_{II} = \frac{\sigma_y b h_0^2}{6}, \text{ Нм} \quad (6.1)$$

где  $b$ ,  $h_0$  - ширина и толщина полосы, м.

Момент, создаваемый весом отгибателя:

$$M_B = Pl, \text{ Нм} \quad (6.2)$$

где  $P$  - вес отгибателя, Н;

$l$  - плечо приложения силы  $P$ , м (рис. 6.1).

Момент трения в подшипниках отгибателя:

$$M_T = \frac{P f_n d_n}{2}, \text{ Нм} \quad (6.3)$$

где  $f_n$  - коэффициент трения в подшипниках скольжения;

$d_n$  - диаметр цапфы, м.

Суммарный момент сопротивления, создаваемый отгибателем во время работы,

$$M_0 = M_{II} + M_B + M_T, \text{ Нм} \quad (6.4)$$

Нагрузочную способность двигателя можно оценить по статической нагрузке

$$M_n \geq M_{cm}, \quad (6.5)$$

где  $M_n = \frac{N_n}{\omega_n} = \frac{30N_n}{\pi n_n}$  - номинальный момент двигателя, установленного на стане;

$N_n, n_n$  - номинальная мощность и частота вращения вала двигателя соответственно Вт и об/мин;

$M_{cm} = M_0 / (i \eta)$  - статический момент, приведенный к валу электродвигателя, Нм;

$i$  - передаточное число редуктора и секторной передачи;

$\eta$  - к.п.д. привода.

Определим нагрузки в линии привода и оценим нагрузочную способность двигателя лабораторного стана для условий прокатки в контрольном примере.

1. Момент упругого изгиба полосы при отгибании конца рулона, считая, что предел упругости материала полосы  $\sigma_y = 200 \text{ МПа}$ , ф.(6.1):

$$M_{II} = \frac{\sigma_y b h_0^2}{6} = \frac{200 \cdot 100 \cdot 1,0^2}{6} = 3,33 \text{ Нм}.$$

2. Момент, создаваемый весом отгибателя, ф.(6.2).

Вес отгибателя  $P = 52,4 \text{ Н}$ , а плечо  $l = 0,11 \text{ м}$  (установлено замерами)

$$M_B = Pl = 52,4 \cdot 0,11 = 5,76 \text{ Нм}.$$

3. Момент трения в подшипниках отгибателя по ф.(6.3) при  $d_n = 0,24 \text{ м}$  и  $f_n = 0,1$  составит

$$M_T = \frac{P f_n d_n}{2} = \frac{52,4 \cdot 0,1 \cdot 0,24}{2} = 0,63 \text{ Нм}.$$

4. Суммарный момент сопротивления отгибателя по ф.(6.4):

$$M_0 = M_{II} + M_B + M_T = 3,33 + 5,76 + 0,63 = 9,73 \text{ Нм}.$$

5. Статический момент, приведенный к валу двигателя (см.ф.6.5)

$$M_{cm} = \frac{M_0}{i \eta} = \frac{9,73}{435,5 \cdot 0,61} = 0,04 \text{ Нм},$$

где передаточное число привода  $i = 435,5$  и к.п.д.  $\eta = 0,61$ ) определили как произведение передаточных чисел и к.п.д. двухступенчатого червячного редуктора ( $i = 87,1$  и  $\eta = 0,64$ ) и открытой зубчатой передачи ( $i = 5$ ,  $\eta = 0,95$ ).

Номинальный момент электродвигателя установленного на лабораторном стане, см.(6.5):

$$M_n = \frac{30N_n}{\pi n_n} = \frac{0,2 \cdot 10^3 \cdot 30}{3,14 \cdot 1250} = 1,53 \text{ Нм}.$$

Таким образом, статический момент много меньше номинального момента ( $M_{cm} = 0,04 < M_n = 1,53$ ) и привод можно считать практически ненагруженным.

**Заключение о работоспособности привода**



Как показали расчеты, нагрузка на двигатель отгибателя конца полосы составляет не более  $\frac{0,04}{1,53} \cdot 100 = 2,4\%$  от максимально возможной, т.е. отпадает необходимость в проверочных расчетах деталей и узлов привода для условий контрольного примера.

### Исследование работоспособности узлов привода отгибателя конца полосы

Исследование работоспособности привода провести по следующему алгоритму:

- исследовать влияние сопротивления материала полосы упругой деформации на нагрузочную способность двигателя;
- построить график полученной зависимости и для заданного преподавателем материала оценить статическую нагрузку на двигатель.

#### Контрольные вопросы

1. Объяснить назначение, состав и работу привода сведения щековин.
2. Объяснить смысл оценки работоспособности привода.
3. Пояснить суть проверки двигателя по статической нагрузке.
4. Объяснить влияние изменения сопротивления упругой деформации на нагрузочную способность двигателя.

#### Ход работы:

1. Записать в рабочую тетрадь алгоритм расчета.
2. Записать в рабочую тетрадь основные формулы для расчета
3. Вычертить схемы оборудования.
4. Подготовить защиту лабораторной работы.

#### Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе должен содержать название и цель работы, описание хода работы; схему, расчеты. Отчет предоставить в устной форме.

#### Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## Т.4.2.2 ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЦЕХОВ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ

### Практическая работа № 1

#### Особенности электродвигателей, применяемых в металлургических цехах

#### Цель работы:

Изучить особенности электропривода и электродвигателей, применяемых в металлургических цехах

#### Выполнив работу, Вы будете:

##### *уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

-выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса

**Материальное обеспечение:** инструкция по выполнению работы.

**Задание**

1. Недостатки и преимущества различных видов электропривода
2. Классификация двигателей.

**Ход работы**

1. Изучение теоретического материала
2. Преимущества и недостатки различных видов привода и двигателей.
3. Вывод.

**Форма предоставления результата:** отчет.

**Критерии оценки:** качество отчета, ответы на контрольные вопросы.

## **Практическая работа № 2** **Регулирование скорости двигателей постоянного тока**

**Цель работы:**

1. Изучить способы регулирования скорости двигателей постоянного тока
2. Определить преимущества и недостатки различных способов регулирования

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса

**Материальное обеспечение:** инструкция по выполнению работы.

**Задание**

1. Повторение теоретического материала
2. Изучение способов регулирования скорости

**Ход работы**

1. Повторить теоретического материала
2. Определить возможные способы регулирования скорости двигателей прокатных станков

**Форма предоставления результата:** отчет.

**Критерии оценки:** качество отчета, ответы на контрольные вопросы.

## **Практическая работа № 3** Регулирование скорости двигателей переменного тока

**Цель работы:**

1. Изучить способы регулирования скорости двигателей переменного тока
2. Определить преимущества и недостатки различных способов регулирования

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса

**Материальное обеспечение:** инструкция по выполнению работы.

**Задание**

1. Повторение теоретического материала
2. Изучение способов регулирования скорости

**Ход работы**

1. Повторить теоретического материала
2. Определить возможные способы регулирования скорости двигателей прокатных станков

**Форма предоставления результата:** отчет.

**Критерии оценки:** качество отчета, ответы на контрольные вопросы.

#### **Практическая работа № 4** **Расчет мощности и выбор двигателя по условиям работы**

**Цель работы:**

Выбрать электродвигатель по условиям работы

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса

**Материальное обеспечение:** инструкция по выполнению работы.

**Задание**

1. Повторить теоретический материал.
2. По данным произвести расчет и выбор двигателя

**Ход работы**

1. Повторить теоретический материал.
2. Рассчитать мощность двигателя.
3. Выбрать электродвигатель.

**Форма предоставления результата:** отчет.

**Критерии оценки:** качество отчета, ответы на контрольные вопросы.

#### **Практическая работа № 5** Тиристорный электропривод постоянного тока

**Цель работы:**

1. Повторить теоретический материал по теме «Тиристорный электропривод постоянного тока».
2. Изучить устройство и принцип действия тиристора.
3. Работа тиристорного электропривода и системы управления

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса

**Материальное обеспечение:** инструкция по выполнению работы.

**Задание**

1. Повторить теоретический материал.
2. Изобразить графики работы тиристорного электропривода

**Ход работы**

1. Повторить теоретический материал.
2. Построить графики работы.
3. Определить назначение систем управления.

**Форма предоставления результата:** отчет.

**Критерии оценки:** качество отчета, ответы на контрольные вопросы.

#### **Практическая работа № 6** **Расчет механических характеристик двигателей постоянного тока**

**Цель работы:**

1. Повторить теоретический материал по теме «Механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения»
2. Научиться рассчитывать и строить механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса

**Материальное обеспечение:** инструкция по выполнению работы.

**Задание**

1. Повторить теоретический материал.
2. Постройте естественную и искусственную (при введении резистора в цепь якоря) механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Определите графически и аналитически скорость вращения двигателя при работе на естественной и искусственной механических характеристиках при заданной нагрузке.

**Ход работы**

1. Повторение теоретического материала.
2. Расчет и построение механических характеристик ДПТ НВ
  - а) в двигательном режиме;
  - б) в режиме рекуперативного торможения;
  - в) в режиме динамического торможения.
3. Сделать вывод .

**Форма предоставления результата:** отчет.

**Критерии оценки:** качество отчета, ответы на контрольные вопросы.

### **Практическая работа № 7**

#### **Изучение принципа действия схемы пуска двигателя постоянного тока.**

**Цель работы:**

1. Повторить ранее изученный материал по теме «Типовые узлы схем управления двигателями постоянного тока»
2. Изучить принцип действия схемы управления двигателям постоянного тока

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса

**Материальное обеспечение:** инструкция по выполнению работы.

**Задание**

1. Повторение теоретического материала
2. Изучение принципа действия схемы управления двигателям постоянного тока

**Ход работы**

1. Повторить теоретического материала
2. Изучить принцип действия схемы управления двигателям постоянного тока

**Форма предоставления результата:** отчет.

**Критерии оценки:** качество отчета, ответы на контрольные вопросы.

### **Практическая работа № 8**

#### **Пуск двигателя переменного тока в функции времени**

**Цель работы:**

1. Повторить ранее изученный материал по теме «Типовые узлы схем управления двигателями переменного тока»
2. Изучить принцип действия схемы управления двигателям переменного тока

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

-выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса

**Материальное обеспечение:** инструкция по выполнению работы.

**Задание**

- 1.Повторение теоретического материала
- 2.Изучение принципа действия схемы управления двигателям переменного тока .

**Ход работы**

- 1.Повторить теоретического материала
- 2.Изучить принцип действия схемы управления двигателям переменного тока

**Форма предоставления результата:** отчет.

**Критерии оценки:** качество отчета, ответы на контрольные вопросы.

## **Практическая работа № 9**

### **Пуск двигателя переменного тока в функции тока**

**Цель работы:**

- 1.Повторить ранее изученный материал по теме «Типовые узлы схем управления двигателями переменного тока»
2. Изучить принцип действия схемы управления двигателям переменного тока

**Выполнив работу, Вы будете:**

***уметь:***

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

-выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса

**Материальное обеспечение:** инструкция по выполнению работы.

**Задание**

- 1.Повторение теоретического материала
- 2.Изучение принципа действия схемы управления двигателям переменного тока .

**Ход работы**

- 1.Повторить теоретического материала
- 2.Изучить принцип действия схемы управления двигателям переменного тока

**Форма предоставления результата:** отчет.

**Критерии оценки:** качество отчета, ответы на контрольные вопросы.

**Практическая работа № 10**  
**Изучение типов электростанций**

**Цель работы:**

Изучить типы электростанция и принципы их действия.

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса

**Материальное обеспечение:** инструкция по выполнению работы.

**Задание**

1. Повторение теоретического материала
2. Изучение принципа действия электростанция

**Ход работы**

1. Повторение теоретического материала
2. Изучить принцип действия электростанций, их преимущества и недостатки

**Форма предоставления результата:** отчет.

**Критерии оценки:** качество отчета, ответы на контрольные вопросы.

**Практическая работа № 11**  
**Качество и надежность электроснабжения**

**Цель работы:**

Изучить показатели качества и надежности электроснабжения

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;
- выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса

**Материальное обеспечение:** инструкция по выполнению работы.

**Задание**

1. Показатели качества электроснабжения
2. Категории потребителей по надежности электроснабжения

**Ход работы**

1. Повторение теоретического материала
2. Изучить категории по надежности электроснабжения и показатели качества электроэнергии

**Форма предоставления результата:** отчет.

**Критерии оценки:** качество отчета, ответы на контрольные вопросы.

**Практическая работа № 12**  
**Изучение схемы управления электропривода стана горячей прокатки.**

**Цель работы:**

Изучить элементы схемы и принцип действия

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

-выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса

**Материальное обеспечение:** инструкция по выполнению работы.

**Задание**

Изобразить схему, определить элементы и изучить принцип действия.

**Ход работы**

1. Изобразить схему
2. Определить элементы
3. Изучить принцип действия

**Форма предоставления результата:** отчет.

**Критерии оценки:** качество отчета, ответы на контрольные вопросы.

### **Практическая работа № 13**

#### **Изучение схемы управления электропривода стана холодной прокатки.**

**Цель работы:**

Изучить элементы схемы и принцип действия

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- использовать оборудование для осуществления технологических процессов обработки металлов давлением;

-выбирать соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для ведения технологического процесса

**Материальное обеспечение:** инструкция по выполнению работы.

**Задание**

Изобразить схему, определить элементы и изучить принцип действия

**Ход работы**

1. Изобразить схему
2. Определить элементы
3. Изучить принцип действия

**Форма предоставления результата:** отчет.

**Критерии оценки:** качество отчета, ответы на контрольные вопросы.