

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»  
Филиал учреждения образования «Брестский государственный технический  
университет» Политехнический колледж

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по  
учебной работе Филиала БрГТУ  
Политехнический колледж

\_\_\_\_\_ С.В. Маркина  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ  
МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ  
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для выполнения домашних контрольных работ  
для учащихся специальности

2-36 01 31 «Металлорежущие станки и инструменты (по направлениям)»

\_\_\_\_\_ дневная \_\_\_\_\_  
(форма обучения)

**2023**

Разработал: Г.Н. Клухина, преподаватель Филиала БрГТУ  
Политехнический колледж

Методические указания Филиала БрГТУ Политехнический колледж  
разработаны на основе учебной программы, утвержденной первым  
проректором БрГТУ 14.07.2022

Методические указания обсуждены и рекомендованы к использованию на за-  
седании цикловой комиссии машиностроительных предметов.

Протокол от « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 № \_\_\_

Председатель цикловой комиссии  
машиностроительных предметов \_\_\_\_\_ Е.А. Василевская

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Требования к оформлению домашней контрольной работы.....	5
Пояснительная записка .....	6
Тематический план .....	7
Содержание программы .....	9
Методические указания по решению задач к домашней контрольной работе.....	20
Вопросы и задачи к домашней контрольной работе .....	25
Варианты задач для выполнения домашней контрольной работы .....	28
Таблица 4 вариантов для выполнения домашней контрольной работы.....	33
Приложения.....	34
Критерии оценки домашней контрольной работы .....	40
Образец титульного листа.....	41
Список используемых источников.....	42

## Введение

Основная форма изучения учебного предмета «Электрооборудование металлорежущих станков» - самостоятельная работа учащегося над рекомендованной учебной литературой.

Для полного и успешного усвоения предмета предусматриваются следующие виды занятий:

1. Самостоятельные (для выполнения контрольной работы).
2. Проработка материала по основным вопросам курса на обзорных занятиях и консультациях в течение учебного года и в период экзаменационной сессии.
3. Выполнение лабораторных работ.

При изучении учебного предмета «Электрооборудования металлорежущих станков» учащийся выполняет одну контрольную работу, состоящую из двух теоретических вопросов и трех задач.

Вариант контрольной работы определяется по двум последним цифрам шифра учащегося по таблице 4 приведенной в методических указаниях.

По основной таблице определяются номера теоретических вопросов и задач, которые необходимо выполнить. Номер варианта и исходные данные по задачам №68, №69, №70 дополнительно определяются по таблицам 1,2,3 прилагаемым к задачам.

Порядок оформления контрольной работы описан ниже в методических указаниях по выполнению контрольных заданий.

Вопросы контрольной работы переписываются полностью. Ответ должен быть полным по существу и кратким по форме.

Текстовую часть контрольной работы необходимо снабжать рисунками, схемами, ссылками на ГОСТ и т.п.

Закончив контрольную работу, учащийся должен привести перечень литературы, использованной при изучении материала.

В конце контрольной работы должна быть оставлена чистая страница для записи рецензии.

## Требования к оформлению домашней контрольной работы

Вариант контрольного задания определяется по двум последним цифрам шифра (номера зачётной книжки) учащегося. Например, учащийся, имеющий шифр 1234, выполняет вариант 34 (см. таблицу вариантов контрольной работы).

При оформлении работ следует придерживаться следующих требований:

1. Контрольная работа выполняется на стандартных листах формата А4 с пронумерованными страницами одним из следующих способов: машинописным; текст печатается на одной стороне листа через 1 (один) интервал, шрифт 14,

рукописным чертёжным шрифтом по ГОСТ 2.304 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм; следует писать чётко, чёрной пастой;

машинным, с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ. Текст печатается через один интервал, размер шрифта 14.

2. Контрольная работа включает:

титульный лист;

содержание;

основную часть;

список использованных источников.

3. Титульный лист является первым листом и оформляется в соответствии с приложением Д Стандарта предприятия СТП БГПК 001–2011.

Текстовая часть домашней контрольной работы также оформляется в соответствии со Стандартом предприятия СТП БГПК 001–2011.

Последовательность заполнения листов домашней контрольной работы должна выдерживаться в соответствии с заданием. Условие каждого задания должно быть приведено полностью.

Все рисунки, формулы и таблицы должны быть пронумерованы сквозной нумерацией.

После выполнения последнего задания должен быть приведен список использованных источников.

Домашняя контрольная работа помещается в папку с верхним прозрачным листом, либо в папку-скоросшиватель, либо листы работы могут быть скреплены с помощью степлера.

Работа должна быть выполнена и предоставлена на рецензию своевременно, в соответствии с учебным графиком. Если работа не зачтена, учащийся дорабатывает ее в соответствии с рекомендациями преподавателя. Доработка производится в той же контрольной работе после рецензии преподавателя.

При затруднении в выполнении какого – либо задания учащийся должен обратиться к преподавателю за консультацией.

## Пояснительная записка

Программой учебного предмета «Электрооборудование металлорежущих станков» предусматривается изучение вопросов, связанных с электрической автоматизацией металлорежущих станков, станков с программным управлением, автоматических линий и роботизированных комплексов. Изучение данного предмета основывается на знаниях, полученных учащимися по предметам общеобразовательного и общепрофессионального циклов: «Физика», «Общая электротехника с основами электроники», «Техническая механика» и др.

Основная цель изучения предмета – формирование у учащихся знаний об электрооборудовании, применяемом в металлорежущих станках, о направлениях совершенствования станков с программным управлением и промышленных роботов, а также формирование практических навыков по определению параметров и характеристик электрооборудования металлорежущих станков.

По каждой теме определены цели её изучения и планируемые результаты их достижения с учётом уровней усвоения учебного материала.

В результате изучения предмета учащиеся должны *знать на уровне представления*:

- теоретические основы электротехники, электрических машин и аппаратов;
- основы системы автоматического управления электроприводом;
- элементную базу системы автоматического управления электроприводом;
- основы программного управления станками;

*знать на уровне понимания*:

- конструктивные особенности и электромеханические свойства электродвигателей, применяемых в автоматизированном оборудовании;
- режимы работы электродвигателей;
- конструкцию и принцип действия датчиков положения рабочих органов станков;
- основные схемы релейно-контактного и бесконтактного управления электродвигателями;

*уметь*:

- рассчитывать мощность электродвигателя и выбирать его по каталогу;
- работать с технической документацией на оборудование: читать принципиальные электросхемы, схемы электрических соединений, подключения, расположения.

## Тематический план

Раздел, тема	Специальность 2-36 01 31	
	К-во часов:	
	в том числе	
	всего	на лабора- торные занятия
<i>1</i>	2	3
<b>Введение</b>	2	
<b>Раздел 1. Электрические машины переменного тока</b>	14	
1.1 Асинхронные двигатели	2	
1.2 Регулирование частоты вращения асинхронного двигателя	2	
1.3. Пуск и торможение асинхронного двигателя	2	
1.4. Расчёт и выбор мощности электродвигателя	2	
1.5. Дуговые и линейные асинхронные двигатели	2	
1.6. Вентильные двигатели	2	
1.7. Синхронные двигатели	2	
<b>Раздел 2. Электрические машины постоянного тока</b>	10	
2.1. Понятие о двигателях постоянного тока, их типы и применение	2	
2.2. Характеристики двигателей постоянного тока	2	
2.3. Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока	2	
2.4. Пуск и торможение двигателя постоянного тока	2	
2.5. Высокомоментные двигатели	2	
<b>Раздел 3. Системы автоматического управления электродвигателем</b>	32	
3.1. Система «генератор – двигатель»	4	
<u>Лабораторная работа №1</u> Исследование системы «генератор – двигатель»		2
3.2. Электромагнитные исполнительные устройства	2	
3.3. Тиристорный электропривод	4	
<u>Лабораторная работа №2</u> Исследование схемы тиристорного электропривода		2
3.4. Электропривод с шаговым двигателем	2	
3.5. Электрические аппараты ручного управления	2	
3.6. Электрические аппараты дистанционного управления	2	
3.7. Электрические аппараты защиты	2	

3.8. Электромагнитные усилители	2	
3.9. Автоматическое управление в функции пути	4	
<u>Лабораторная работа №3</u> Исследование схемы автоматического управления электроприводом в функции пути		2
3.10. Автоматическое управление в функции времени	4	
<u>Лабораторная работа №4</u> Исследование схемы автоматического управления электроприводом в функции времени		2
3.11. Автоматическое управление в функции скорости	4	
<u>Лабораторная работа №5</u> Исследование схемы автоматического управления электроприводом в функции скорости		2
<b>Раздел 4. Программное управление в станкостроении</b>	16	
4.1. Основные системы программного управления	2	
4.2. Электрооборудование автоматических станочных линий	2	
4.3. Основные режимы работы и схемы управления автоматической станочной линии	2	
4.4. Роботизация производства	2	
4.5. Электрооборудование промышленных роботов	2	
4.6. Гибкие производственные системы	2	
4.7. Обслуживание систем с программным управлением	2	
4.8. «Безлюдное» производство	2	
Итого	74	10

## Используемые сокращения

- АД – Асинхронный двигатель
- АСЛ – Автоматическая станочная линия
- ГПС – Гибкая производственная система
- ДПТ – Двигатель постоянного тока
- КПД – Коэффициент полезного действия
- ПР – Промышленный робот
- ПУ – Программное управление
- РТК – Робототехнический комплекс
- СД – Синхронный двигатель
- ШД – Шаговый двигатель



## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Цель обучения	Содержание темы	Результат
<b>Введение</b>		
Ознакомить с содержанием и назначением предмета, его структурой. Сформировать представление о роли электрооборудования в механизации и автоматизации производственных процессов	Цели, задачи и содержание предмета. Общие сведения об электроприводах. Перспективы и пути развития электроприводов станков с ПУ и ПР. Роль электрооборудования в механизации и автоматизации производственных процессов	Высказывает общие суждения о значении и содержании предмета, о роли электрооборудования в механизации и автоматизации производственных процессов
<b>Раздел 1. Электрические машины переменного тока</b>		
<b>Тема 1.1. Асинхронные двигатели</b>		
Сформировать понятие о назначении, устройстве, принципе действия и параметрах АД, его механических и рабочих характеристиках	Назначение, типы, устройство, принцип действия и параметры АД. Основные номинальные параметры. Механические и рабочие характеристики АД	Объясняет назначение, устройство и принцип действия АД, описывает механические и рабочие характеристики АД
<b>Тема 1.2. Регулирование частоты вращения асинхронного двигателя</b>		
Сформировать понятие о способах регулирования частоты вращения АД и видах электрического регулирования	Способы регулирования частоты вращения: механический, электрический и электромеханический. Регулирование изменением частоты тока, числа пар полюсов, скольжением	Описывает способы и виды регулирования частоты вращения АД
<b>Тема 1.3. Пуск и торможение асинхронного двигателя</b>		
Сформировать понятие о пусковых свойствах, видах пуска и способах электрического торможения	Пусковые свойства двигателей. Прямой пуск. Пуск АД с фазным ротором. Пуск АД при пониженном	Объясняет пусковые свойства АД. Описывает виды пуска и способы торможения АД. Опре-

<b>Цель обучения</b>	<b>Содержание темы</b>	<b>Результат</b>
АД. Дать понятие о видах торможения, их достоинствах и недостатках, применении в схемах управления двигателем	напряжении. Способы электрического торможения: противовключением, рекуперативное, динамическое и торможение при самовозбуждении двигателя. Достоинства и недостатки видов пуска и способов торможения, их применение в схемах управления двигателями	деляет достоинства и недостатки видов торможения, объясняет их применение в схемах управления
<b>Тема 1.4. Расчёт и выбор мощности электродвигателя</b>		
Дать понятие о причинах потерь мощности, нагреве и режимах работы электродвигателя. Научить рассчитывать мощность электродвигателя по перегрузке и нагреву и выбирать его по каталогу	Причины потерь мощности в электродвигателе. Нагрев и режимы работы электродвигателя. Расчёт мощности двигателя по перегрузке и нагреву и выбор его по каталогу	Объясняет причины потери мощности и нагрева электродвигателя. Рассчитывает мощность двигателя по перегрузке и нагреву, выбирает двигатель по каталогу
<b>Тема 1.5. Дуговые и линейные асинхронные двигатели</b>		
Сформировать понятие о применении, устройстве и принципе действия дуговых и линейных двигателей; о скорости бегущего магнитного поля, достоинствах и недостатках дуговых и линейных двигателей	Устройство и принцип действия дуговых и линейных двигателей. Скорость бегущего магнитного поля. Достоинства и недостатки дуговых и линейных двигателей. Область применения в станкостроении	Объясняет применение, устройство и принцип действия дуговых и линейных двигателей. Раскрывает понятие скорости бегущего магнитного поля. Описывает достоинства и недостатки дуговых и линейных двигателей
<b>Тема 1.6. Вентильные двигатели</b>		
Сформировать понятие о назначении, устройстве, принципе дей-	Назначение и устройство вентильных двигателей. Принцип действия вен-	Объясняет назначение, устройство и принцип работы вентиль-

<b>Цель обучения</b>	<b>Содержание темы</b>	<b>Результат</b>
ствия вентильных двигателей; о способах коммутации, рабочих характеристиках вентильного двигателя, его достоинствах и недостатках	тивных двигателей. Способы коммутации вентильных двигателей. Рабочие характеристики вентильного двигателя. Достоинства и недостатки вентильных двигателей	ных двигателей. Описывает способы коммутации вентильного двигателя, его рабочие характеристики, достоинства и недостатки
<b>Тема 1.7. Синхронные двигатели</b>		
Сформировать понятие о назначении, устройстве, принципе действия СД; о способах возбуждения, пуске и рабочих характеристиках СД, его достоинствах и недостатках	Назначение и устройство СД. Принцип действия СД. Способы возбуждения синхронных двигателей. Пуск и рабочие характеристики СД. Достоинства и недостатки СД	Объясняет назначение, устройство и принцип работы СД. Описывает способы возбуждения СД, его пуск и рабочие характеристики, достоинства и недостатки
<b>Раздел 2. Электрические машины постоянного тока</b>		
<b>Тема 2.1. Понятие о двигателях постоянного тока, их типы и применение</b>		
Дать понятия о назначении, устройстве и принципе ДПТ, способах возбуждения и типах ДПТ. Ознакомиться с причинами потери мощности в двигателе, КПД и областью применения	Назначения, устройства и принцип действия ДПТ. Способы возбуждения двигателей. Типы двигателей постоянного тока, применяемых в станкостроении. Потери мощности и КПД ДПТ.	Объясняет назначение, устройство и принцип действия ДПТ. Описывает способы возбуждения и типы двигателей постоянного тока. Называет виды потерь мощности, КПД и область применения ДПТ
<b>Тема 2.2. Характеристики двигателей постоянного тока</b>		
Сформировать понятия о характеристиках двигателей параллельного, последовательно и смешанного возбуждения	Виды характеристик двигателей параллельного, последовательного и смешанного возбуждения: моментальная, скоростная, механическая и рабочие характеристики	Описывает характеристики двигателей параллельного, последовательно и смешанного возбуждения

Цель обучения	Содержание темы	Результат
<b>Тема 2.3. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока</b>		
Сформировать понятие о способах регулирования частоты вращения ДПТ, об их достоинствах и недостатках	Способы регулирования частоты вращения: изменением напряжения, сопротивления якорной цепи и магнитного поля. Достоинства и недостатки каждого способа, применение в схемах управления ДПТ	Описывает все способы регулирования частоты вращения ДПТ, их достоинствах и недостатки
<b>Тема 2.4 Пуск и торможение двигателей постоянного тока</b>		
Сформировать понятие о видах пуска и электрического торможения ДПТ. Дать представление о регуляторах напряжения и применении торможения в схемах управления двигателями	Виды пуска ДПТ: реостатный и при пониженном напряжении. Регуляторы напряжения: автотрансформаторы с выпрямителями, тиристорные регуляторы и широко-импульсные преобразователи. Виды торможения: рекуперативное, динамическое и торможение противовключением, их применение в схемах управления ДПТ	Описывает все виды пуска ДПТ. Называет все виды регуляторов напряжения. Описывает все виды торможения ДПТ, их применение в схемах управления
<b>Тема 2.5 Высокомоментные двигатели</b>		
Сформировать понятие об устройстве, применении и принципе действия высокомоментных двигателей, об особенностях их магнитных систем и применении	Устройство и принцип действия высокомоментных двигателей. Особенности их магнитной системы. Применение высокомоментных двигателей в тиристорных приводах	Описывает назначение, устройство и принцип действия высокомоментных двигателей, особенности их магнитных систем и область применения
<b>Раздел 3. Системы автоматического управления электродвигателем</b>		
<b>Тема 3.1. Система «генератор-двигатель»</b>		
Сформировать понятие о принципе работы системы «генератор-	Схема системы «генератор-двигатель». Принцип работы систе-	Излагает принцип работы и объясняет схему системы «генера-

<b>Цель обучения</b>	<b>Содержание темы</b>	<b>Результат</b>
двигатель», ее механических характеристиках, достоинствах и недостатках, применении в станкостроении	мы. Механические характеристики. Применение системы в станкостроении. Достоинства и недостатки системы «генератор-двигатель»	тор-двигатель», описывает область её применения, достоинства и недостатки, механические характеристики
<b><u>Лабораторная работа №1</u></b>		
Научить читать схему системы «генератор-двигатель», исследовать работу схемы, строить механические характеристики	Исследование схемы «генератор-двигатель»	Читает схему системы «генератор-двигатель», объясняет ее назначение, рассчитывает механические характеристики
<b>Тема 3.2. Электромагнитные исполнительные устройства</b>		
Сформировать понятия о назначении, конструкции и принципе действия электромагнитных устройств, об их применении в станкостроении	Электромагниты, электромагнитные муфты и электромагнитные закрепляющие устройства (плиты и столы). Назначение, конструкция и принцип действия электромагнитных устройств, их применение	Описывает назначение, конструкцию и принцип действия электромагнитных устройств. Излагает сведения об их применении в станкостроении
<b>Тема 3.3. Тиристорный электропривод</b>		
Сформировать представление об основных свойствах и типах тиристорных приводов. Дать понятие о схеме, конструкции и графике работы тиристора, о назначении основных элементов и принципе работы тиристорного привода	Основные свойства тиристорного привода. Схема, конструкция и график работ тиристора. Схема тиристорного привода. Назначение основных элементов схемы. Принцип работы тиристорного привода. Типы тиристорных приводов, область их применения	Называет свойства и разновидности тиристорных приводов. Описывает схему, конструкцию и график работ тиристора. Излагает принцип работы тиристорного привода
<b><u>Лабораторная работа №2</u></b>		
Научить читать схему тиристор-	Исследование схемы тиристорного	Читает схему тиристорного

<b>Цель обучения</b>	<b>Содержание темы</b>	<b>Результат</b>
ного электропривода, исследовать её работу, строить механические характеристики	электропривода	электропривода. Объясняет назначение ее элементов, строит механические характеристики.
<b>Тема 3.4. Электропривод с шаговым двигателем</b>		
Сформировать понятие о назначении, конструкции и принципе действия ШД, о способах пуска, торможения и регулирования угловой скорости. Ознакомить с областью применения ШД	ШД: назначение, конструкция и принцип действия. Способы пуска и торможения. Регулирование угловой скорости. Область применения ШД	Описывает назначение, конструкцию и принцип действия ШД, способы пуска, торможения и регулирования угловой скорости. Называет область применения ШД
<b>Тема 3.5. Электрические аппараты ручного управления</b>		
Сформировать понятие об электрических аппаратах ручного управления: их применение, конструкции, принцип действия, обозначение в схемах	Рубильники, тумблера, пакетные переключатели, контроллеры, кнопки управления: их конструкция, принцип действия и условное обозначение в схемах управления станками. Типы аппаратов ручного управления и их применение в станкостроении	Объясняет принцип действия аппаратов ручного управления, описывает их типы, конструкции и применение в станкостроении
<b>Тема 3.6. Электрические аппараты дистанционного управления</b>		
Сформировать понятие о назначении и принципе действия аппаратов дистанционного управления, их типах и обозначениях в схемах	Контакты, магнитные пускатели и реле: назначение и принцип действия. Типы и обозначения в схемах управления станками. Применение контактов и магнитных пускателей для пуска, остановки и реверсирования электродвигателей переменного и постоянного тока	Объясняет назначение и принцип действия аппаратов дистанционного управления. Описывает их типы и обозначения в схемах

Цель обучения	Содержание темы	Результат
<b>Тема 3.7. Электрические аппараты защиты</b>		
Сформировать понятие о назначении, устройстве и принципе действия аппаратов защиты, их типах и обозначениях в схемах	Плавкие предохранители, реле максимального тока, автоматические воздушные выключатели и тепловые реле: назначение, устройство и принцип действия, типы и условные обозначения аппаратов защиты в схемах	Описывает назначение, устройство и принцип действия аппаратов защиты, их типы и обозначения в схемах
<b>Тема 3.8. Электромагнитные усилители</b>		
Сформировать понятие о видах, назначении и принципе действия электромагнитных усилителей, их основных технических параметрах, типах и применении в схемах управления ДПТ	Виды электромагнитных усилителей. Назначение и принцип действия усилителей. Основные технические параметры и типы магнитных усилителей. Применение электромагнитных усилителей в схемах управления ДПТ	Описывает виды и типы электромагнитных усилителей, объясняет их назначение и принцип действия. Излагает основные технические параметры и сведения об их применении в схемах управления ДПТ
<b>Тема 3.9. Автоматическое управление в функции пути</b>		
Сформировать понятие о конструкции и принципе действия концевых выключателей, ознакомиться с их обозначением в схемах. Сформировать понятие о типовых схемах управления с путевыми выключателями	Путевые выключатели и переключатели, контактные и бесконтактные: конструкция, принцип действия, обозначение в схемах. Типовые схемы управления электродвигателями с применением путевых выключателей	Описывает конструкцию и принцип действия путевых выключателей, различает их обозначение в схемах. Объясняет типовые схемы управления двигателями с применением путевых выключателей
<b>Лабораторная работа №3</b>		
Научить читать схему автоматического управления электроприводом в функции пути, опреде-	Исследование схемы автоматического управления электроприводом в функции пути	Читает схему автоматического управления электроприводом в функции пути, объясняет назна-

<b>Цель обучения</b>	<b>Содержание темы</b>	<b>Результат</b>
<p>лать последовательность работы аппаратов управления в схеме</p>		<p>чение её элементов. Комментирует последовательность работы аппаратов управления</p>
<b>Тема 3.10. Автоматическое управление в функции времени</b>		
<p>Ознакомить с классификацией реле времени. Сформировать понятие о конструкции и принципе действия пневматических, моторных и электронных реле времени, их обозначении в схемах и применении</p>	<p>Классификация реле времени. Конструкция и принцип действия пневматических, моторных и электронных реле времени. Условные графические обозначения реле времени. Применение реле времени в схемах управления электродвигателями</p>	<p>Различает типы реле времени. Описывает конструкцию и принцип действия пневматических, моторных и электронных реле времени, определяет их обозначения в схемах управления электродвигателями</p>
<b>Лабораторная работа №4</b>		
<p>Научить читать схему автоматического управления электроприводом в функции времени, определять последовательность работы аппаратов управления в схеме</p>	<p>Исследование схемы автоматического управления электроприводом в функции времени</p>	<p>Читать схему управления электроприводом в функции времени, объясняет назначение её элементов схемы. Комментирует последовательность работы аппаратов управления в схеме</p>
<b>Тема 3.11. Автоматическое управление в функции скорости</b>		
<p>Дать понятие о датчиках скорости, их конструкции, принципе действия и применении; о схеме торможения противовключением трехфазного асинхронного двигателя с применением реле контроля скорости</p>	<p>Датчик угловой скорости: тахогенератор и реле контроля скорости, их конструкция, принцип действия, область применения и условные обозначения в схемах. Схема торможения противовключением трехфазного асинхронного двигателя с применением реле контроля</p>	<p>Описывает конструкцию, принцип действия и область применения датчиков скорости. Объясняет схему торможения двигателя с применением реле контроля скорости.</p>



Цель обучения	Содержание темы	Результат
	скорости	
<b>Лабораторная работа №5</b>		
Научить читать схемы автоматического управления электроприводом в функции скорости, определять последовательность работы аппаратов управления в схеме	Исследование схемы автоматического управления электроприводом в функции скорости	Читает схему управления электроприводом в функции скорости, объясняет назначение элементов схемы. Комментирует последовательность работы аппаратов управления в схеме
<b>Раздел 4. Программное управление в станкостроении</b>		
<b>Тема 4.1. Основные системы программного управления</b>		
Дать представление о видах программного управления. Сформировать понятие о характеристиках систем управления, видах программноносителей, об основных элементах и устройствах систем программного управления	Виды программного управления: электрическое копирование, фотоэлектрическое, цикловое и числовое. Характеристика разомкнутых, замкнутых и аналоговых систем управления. Программноносители в системах ПУ. Основные элементы систем программного управления станком. Микропроцессорные устройства в электроприводах с ПУ	Высказывает общее суждение о видах программного управления. Описывает характеристики, виды программноносителей и основные элементы систем с ПУ
<b>Тема 4.2. Электрооборудование автоматических станочных линий</b>		
Дать представление об основных типах автоматических станочных линий. Сформировать понятие о принципах построения схем управления АСЛ, об основных характеристиках и особенностях	Основные типы автоматических станочных линий. Структурная схема автоматической линии. Принципы построения схем управления АСЛ. Электрооборудование АСЛ, его назначение и устройство. Основные	Описывает принципы построения схемы управления АСЛ, основные характеристики и особенности электрооборудования АСЛ

<b>Цель обучения</b>	<b>Содержание темы</b>	<b>Результат</b>
электрооборудования АСЛ	характеристики и особенности электрооборудования АСЛ	
<b>Тема 4.3. Основные режимы работы и схемы управления автоматической станочной линии</b>		
Ознакомить с режимами работы АСЛ. Научить читать схемы управления АСЛ. Дать понятие о структурной схеме автоматической системы эксплуатации линии	Режимы работы АСЛ: автоматический, полуавтоматический, наладочный. Схема переключения режимов работы автоматической линии и контроль темпа работы линии, выполнения перемещений и состояния инструмента. Структурная схема автоматической системы эксплуатации линии	Называет режимам работы линии. Читает схемы управления АСЛ. Объясняет структурную схему автоматической системы эксплуатации линии
<b>Тема 4.4. Роботизация производства</b>		
Ознакомить с задачами роботизации производства. Сформировать понятие о серии базовых моделей и модификаций ПР, о назначении и применении РТК	Задачи роботизации производства. Серии базовых моделей и модификаций промышленных роботов. Робототехнические комплексы, их назначение и применение	Высказывает общее суждение о задачах роботизации производства. Описывает серии базовых моделей и модификаций ПР, объясняет назначение и применение РТК
<b>Тема 4.5. Электрооборудование промышленных роботов</b>		
Сформировать понятие об электрооборудовании ПР, о видах электроприводов, типах электродвигателей, аппаратах управления, логических элементах и микропроцессорах, применяемых в ПР	Общие сведения об электрооборудовании ПР и требования к нему. Виды электроприводов, типы электродвигателей, аппараты управления, логические элементы и микропроцессоры, применяемые в ПР	Излагает общие сведения об электрооборудовании ПР и требования к нему. Описывает виды электроприводов, типы двигателей, аппараты управления, логические элементы и процессоры, применяемые в ПР

Цель обучения	Содержание темы	Результат
<b>Тема 4.6. Гибкие производственные системы</b>		
<p>Дать понятие о видах гибких производственных модулей и систем, о структурной схеме ГПС. Ознакомить с использованием и организацией управления ГПС</p>	<p>Виды гибких производственных модулей и систем. Структурная схема ГПС. Организация управления ГПС и ее использование</p>	<p>Описывает виды гибких производственных модулей и систем. Объясняет структурную схему ГПС. Высказывает общее суждение об использовании ГПС</p>
<b>Тема 4.7. Обслуживание систем с программным управлением</b>		
<p>Дать понятие об особенностях работы с электронными приборами и наладки бесконтактных схем управления, о монтаже и обслуживании преобразовательной полупроводниковой техники</p>	<p>Особенности работы с электронными приборами. Особенности наладки бесконтактных схем управления. Монтаж и обслуживание преобразовательной полупроводниковой техники</p>	<p>Излагает особенности работы с электронными приборами и наладки бесконтактных схем управления, правил монтажа и обслуживания преобразовательной полупроводниковой техники</p>
<b>Тема 4.8. «Безлюдное» производство</b>		
<p>Дать представление о «безлюдном» производстве и современных технологиях управления станками</p>	<p>Современный уровень электрификации станков. «Безлюдное» производство как интеграция производственных систем. Перспективы его развития. Современные технологии управления станками</p>	<p>Высказывает общее суждение о «безлюдном» производстве и современных технологиях управления станками</p>

## Методические указания по решению задач к домашней контрольной работе

Перед решением задач необходимо изучить теоретический материал и настоящие методические указания по решению задачи.

### Задача №68

**Дано:** Характеристики режима работы согласно варианта Таблица 1.

**Определить:**

Расчетную мощность трехфазного асинхронного двигателя для привода механизма работающего в продолжительном режиме S1.

#### Краткие теоретические сведения.

Расчету требуемой мощности двигателя должен предшествовать выбор типа двигателя: асинхронный, синхронный, постоянного тока. При этом руководствуются характером работы привода, требуемыми механическими характеристиками, номинальной частотой вращения и требуемым диапазоном ее регулирования. Необходимо определить форму исполнения двигателя по степени защиты, способу монтажа, климатическое исполнение и условия эксплуатации.

Большое значение при выборе двигателя имеют экономические показатели: стоимость двигателя, КПД, коэффициент мощности, масса, габариты, расходы по обслуживанию и на ремонт.

При выборе двигателя с заданными условиями работы для режима работы S1 большое значение имеют начальный пусковой момент и максимальный момент.

Двигатели переменного тока имеют физический предел начального пускового и максимального моментов. Для заданного значения напряжения эти двигатели не могут создавать моментов, превышающих значений, указанных в каталоге (кроме двигателей с фазным ротором).

Выбрать двигатель точно по расчетной величине мощности практически невозможно, т.к. номинальные значения мощностей двигателей, а так же напряжения питания их стандартизированы. Для двигателей мощностью до 1000 кВт и напряжением до 1000 В установлен ряд номинальных мощностей кВт:

0,06	0,18	0,55	1,5	4	11	22	45	90	160	315	630
0,09	0,25	0,75	2,2	5,5	15	30	55	110	200	400	800
0,12	0,37	1,1	3	7,5	18,5	37	75	132	250	500	1000

Номинальные напряжения питания двигателей низкого напряжения (до 1000 В):

Сеть постоянного тока: 27, 110, 220, 440

Сеть переменного тока: 40, 220, 380, 660

Для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором кратности пускового момента и максимального момента лежат в пределах  $\lambda_{п}=1,2\dots 2,0$ ,  $\lambda_{м}=1,8\dots 2,2$

Решение:

1. Определяем расчетную мощность двигателя

$$P_{расч} = 0,105 * 10^{-3} * M_c * n / \eta_{мех}$$

2. По каталогу на асинхронные двигатели серии 4А (Таблица 5,6) выбираем двигатель с большим ближайшим значением номинальной мощности  $P_{ном}$  требуемой частоты вращения (приводятся типоразмер и характеристики двигателя из таблицы).
3. Проверяем двигатель на достаточность начального пускового момента при тяжелых условиях пуска

$$M_{ном} = 9,55 * 10^3 * P_{ном} / n_{ном}$$

$$M_p = M_{ном} * \lambda_{п}$$

При выполнении неравенства  $M_c > M_p$  двигатель выбран правильно

4. Проверяем двигатель на перегрузочную способность

$$M_{max} = M_{ном} * \lambda_M$$

Действительная перегрузочная способность  $M_{max} / M_c = \lambda_c$

При возможном снижении питающего напряжения на 5% перегрузочная способность составит  $\lambda_c * K_U^2 = \lambda_{5\%}$

При выполнении неравенства  $\lambda_M > \lambda_c$  двигатель выбран правильно

## Задача №69

### Дано:

Моменты нагрузки на валу двигателя для участков графика нагрузки при повторно-кратковременном режиме работы S6, время работы двигателя с заданными моментами нагрузки, частота вращения двигателя, коэффициент учитывающий снижение напряжения (согласно таблицы 2).

### Определить:

Для данного варианта построить нагрузочную диаграмму, определить расчетную мощность двигателя и выбрать по каталогу АД, предназначенный для привода механизма с циклическим графиком нагрузки в повторно-кратковременном режиме работы S6. Провести проверку двигателя по перегрузочной способности, по нагреву.

### Краткие теоретические сведения

Критерии выбора электродвигателя.

Выбор мощности и типа ЭД для привода станков и ПР представляет собой важную и достаточно сложную задачу. Правильно выбранный ЭД должен обеспечить выполнение технологического процесса при наименьших затратах энергии, установленной мощности и эксплуатационных затратах.

С этой точки зрения установка на станке ЭД завышенной мощности крайне нежелательна. Это увеличивает первоначальные затраты, усложняет конструкцию и увеличивает ее размеры. ЭД повышенной мощности окажется недогружен в процессе эксплуатации и будет работать с низким КПД и  $\cos\phi$  (если это двигатель пере-

менного тока). Обычно конструкторы станков и ПР по аналогии с запасом прочности механических конструкций стремятся создать запас мощности в ЭД и завышают ее. Это стремление не только бесполезно, но и крайне вредно с энергетической точки зрения.

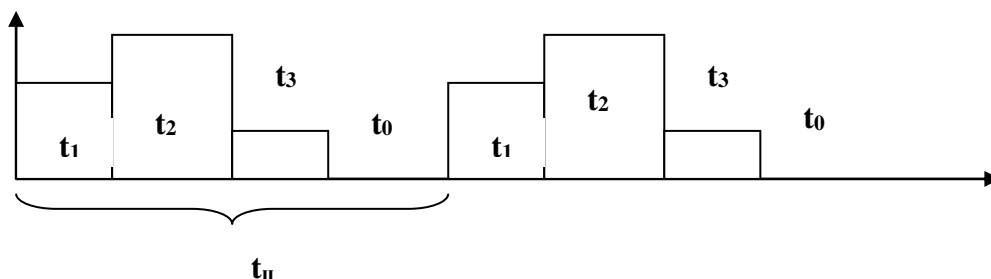
С другой стороны, выбор ЭД недостаточной мощности приводит к уменьшению производительности станка и ПР. При перегрузке ЭД увеличиваются потери мощности и нагрев двигателя, который ускоряет старение изоляции. Таким образом, при выборе ЭД по мощности следует придерживаться золотой середины и с возможной точностью определять ее значение.

Основным критерием выбора мощности электродвигателя является его нагрев. Номинальная мощность ЭД определяется исходя из допустимого нагрева изоляции. При расчете тепловых режимов и выборе мощности ЭД температуру окружающей среды принимают равной 40 °С.

Повторно-кратковременный режим является основным режимом для приводов станков, работающих в автоматическом режиме с коротким циклом обработки. ЭД для такого режима работы выбирают по номинальной мощности и продолжительности включения ПВ. Если мощность и продолжительность включения реального цикла нагрузки совпадают с нормированными значениями, то ЭД выбирают по каталогу и никаких затруднений при этом не возникает. Однако часто реальные параметры цикла не совпадают с нормированными и реальный цикл необходимо заменить эквивалентным по потерям за время цикла.

Порядок решения задачи:

1. Строится график нагрузки по данным задания.



2. Определяется  $t_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_0$

$$ПВ = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{t_{ц}}$$

3. Определяется продолжительность включения расчетная (ПВ).
4. Определяется эквивалентный момент на валу двигателя без учета пуска и торможения.

$$M_{эқв} = \sqrt{\frac{M_1^2 * t_1 + M_2^2 * t_2 + M_3^2 * t_3}{t_1 + t_2 + t_3 + k_2 t_0}}$$

5. Определяется эквивалентная мощность.  $P_{эқв} = 0,105 * M_{эқв} * n_2$

$$P_p = P_{эқв} * \sqrt{\frac{ПВ}{ПВ_T}}$$

6. Определяется расчетная мощность
7. Для табличной продолжительности включения ПВ по приложению таблицы 5 и 6 выбирается двигатель.

Проверка двигателя по перегрузочной способности.

8. Определяется максимальный момент двигателя  $M_{max} = M_{MAX}^* * M_{ном}$

9. Проверяется двигатель по перегрузочной способности  $M_{наиб} < K_U * M_{max}$

10. Если неравенство не выполняется, то необходимо выбрать другой двигатель и провести его проверку.

Проверка двигателя по нагреву.

11. Определяются номинальные потери выбранного двигателя

$$\Delta P_{ном} = P_{ном} * (1 - \eta_{ном}) / \eta_{ном}$$

$$\Delta P_{ср} = \frac{1}{t_{ц}} * (\Delta P_1 * t_1 + \Delta P_2 * t_2 + \Delta P_3 * t_3)$$

12. Определяются средние потери за время цикла

13. где  $\Delta P_K = P_K (1 - \eta_K) / \eta_K$ , принимаем для выбранного режима  $\eta_{ном} = \eta_K$

14. Проверяется соответствие средних потерь за один цикл работы номинальным потерям  $\Delta P_{ср} < \Delta P_{ном}$

15. Если неравенство не выполняется, необходимо выбрать другой двигатель и проверить его по перегрузочной способности и по нагреву.

16. Делается вывод о выбранном двигателе.

### Задача №70

**Дано:** Характеристики режима работы согласно варианта. Таблица 3

#### **Определить:**

Расчетную мощность трехфазного асинхронного двигателя для привода механизма работающего в кратковременном режиме S2.

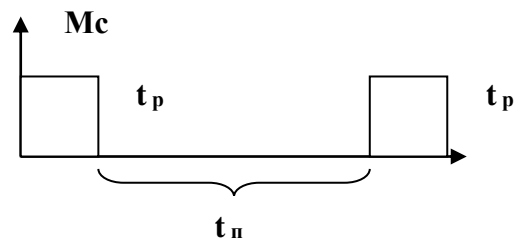
#### **Краткие теоретические сведения**

Задача расчета сводится к определению мощности двигателя  $P_{ном}$  кр, способного выдерживать перегрузку  $R_{кр}$  работая в кратковременном режиме в течение времени  $t_{кр}$ . Перегрев двигателя не должен превышать значения  $t_{уст}$ , соответствующего продолжительному режиму работы двигателя с  $P_{ном}$ .

При расчетах строится нагрузочная диаграмма и на основании ее рассчитывается  $t_p$ . Далее определяется коэффициент механической перегрузки по мощности по графику  $P_m = f(t^*)$ , где  $t^* = t_p / T_n$ .

Порядок решения задачи:

1. Строится нагрузочная диаграмма вида:



2. Определяется требуемая мощность двигателя

$$P_{кр} = 0,105 * 10^{-3} * M_c * n / \eta_{мех}$$

3. Выбираем асинхронный двигатель серии 4А (основное исполнение)
4. Определяется относительное значение времени рабочего цикла  

$$t^* = t_p / T_H$$
5. По графику для определения коэффициента механической перегрузки определяем  $P_m$  (приложения).
6. Определяем мощность двигателя продолжительного режима, используемого в кратковременном режиме  

$$P'_{НОМ кр} = P_{кр} / P_m$$
7. По каталогу на асинхронные двигатели серии 4А (основное исполнение) (Таблица 5,6) выбираем двигатель с большим ближайшим значением номинальной мощности  $P_{НОМ}$  требуемой частоты вращения (приводятся типоразмер и характеристики двигателя из таблицы 5,6).
8. Определяем частоту вращения при кратковременной нагрузке  

$$n'_{НОМ} = n_1 - \frac{P_{кр}}{P_{НОМ}}(n_1 - n_{НОМ})$$
9. Определяем момент на валу двигателя, соответствующий кратковременной нагрузке  $P_{кр}$  и частоте вращения  $n_{кр}$ .  

$$M_{кр} = 9,55 * 10^3 * P_{кр} / n_{кр} \text{ т.е. } M_{кр} > M_c$$
10. Определяем номинальный вращающий момент двигателя в продолжительном режиме  

$$M_{НОМ} = 9,55 * 10^3 * P_{НОМ} / n_{НОМ}$$
11. Определяем максимальный момент  $M_{мах} = M_{НОМ} * \lambda_{мах}$
12. Определяем действительную перегрузочную способность двигателя  $M_{мах} / M_c$
13. Определяем перегрузочную способность при возможном уменьшении напряжения сети на 5%
14. Определяем пусковой момент двигателя, который должен превышать статический момент  $M_c$
15. Делаем вывод о возможности работы выбранного двигателя



## Вопросы и задачи к домашней контрольной работе

1. Укажите назначение, типы асинхронного двигателя. Опишите устройство асинхронного двигателя.
2. Опишите принцип действия асинхронного двигателя. Приведите параметры асинхронного двигателя.
3. Укажите основные номинальные параметры асинхронного двигателя.  
Приведите механические характеристики асинхронного двигателя.
4. Укажите рабочие характеристики асинхронного двигателя.
5. Опишите регулирование асинхронного двигателя изменением частоты тока.
6. Опишите регулирование асинхронного двигателя изменением питающего напряжения.
7. Опишите регулирование асинхронного двигателя изменением сопротивления цепи фазного ротора.
8. Опишите прямой пуск асинхронного двигателя с фазным ротором.
9. Опишите процесс пуска асинхронного двигателя при пониженном напряжении.
10. Объясните способ электрического торможения - динамическое торможение.
11. Объясните способ электрического торможения - противовключением двигателя.
12. Объясните способ электрического торможения - торможение при самовозбуждении двигателя.
13. Укажите устройство, объясните принцип действия дуговых двигателей.
14. Укажите устройство, объясните принцип действия линейных двигателей.
15. Укажите устройство вентильных двигателей. Объясните принцип действия вентильных двигателей.
16. Перечислите способы коммутации вентильных двигателей.  
Укажите достоинства и недостатки вентильных двигателей
17. Укажите назначение и опишите устройство синхронных двигателей.  
Объясните принцип действия СД. Укажите достоинства и недостатки СД
18. Укажите и объясните способы возбуждения синхронных двигателей.
19. Пуск и рабочие характеристики синхронных двигателей.
20. Укажите назначение, объясните устройство и опишите принцип действия двигателей постоянного тока.
21. Перечислите и опишите способы возбуждения двигателей постоянного тока.

22. Опишите виды характеристик двигателей параллельного, последовательного и смешанного возбуждения: моментная, скоростная, механическая и рабочие характеристики
23. Опишите способ регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока - изменением напряжения. Укажите достоинства и недостатки данного способа, применение в схемах управления ДПТ
24. Опишите способ регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока – изменением магнитного поля. Укажите достоинства и недостатки данного способа, применение в схемах управления ДПТ
25. Опишите способ регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока – изменением сопротивления якорной цепи. Укажите достоинства и недостатки данного способа, применение в схемах управления ДПТ
26. Опишите виды пуска ДПТ: реостатный и при пониженном напряжении. Опишите регуляторы напряжения - автотрансформаторы с выпрямителями
27. Опишите вид торможения - динамическое торможение, его применение в схемах управления ДПТ
28. Опишите вид торможения - торможение противовключением, его применение в схемах управления ДПТ
29. Объясните устройство и опишите принцип действия высокомоментных двигателей. Укажите особенности их магнитной системы.
30. Приведите схему системы «генератор-двигатель». Опишите принцип работы системы и укажите механические характеристики.
31. Укажите назначение, опишите конструкцию и принцип действия электромагнитных устройств, их применение
32. Укажите назначение, опишите конструкцию и принцип действия электромагнитных устройств, их применение
33. Укажите назначение, опишите конструкция и принцип действия электромагнитных закрепляющих устройств (плиты и столы), их применение
34. Приведите схему тиристорного привода. Укажите назначение основных элементов схемы.
35. Опишите принцип работы тиристорного привода.
36. Укажите назначение, опишите конструкцию и принцип действия шаговый двигатель.
37. Опишите назначение, принцип действия и приведите условное обозначение рубильников, тумблеров, пакетных переключателей, контроллеров, кнопок управления в схемах управления станками.
38. Опишите назначение и принцип действия контакторов, магнитных пускателей. Приведите их обозначения в схемах управления станками.

39. Укажите назначение и опишите принцип действия электрического реле. Приведите условное обозначение в схемах управления станками.
40. Приведите типовую схему контакторов и магнитных пускателей для пуска, остановки и реверсирования электродвигателей переменного и постоянного тока
41. Укажите назначение, опишите устройство и принцип действия плавких предохранителей. Приведите условное обозначение аппаратов защиты в схемах.
42. Укажите назначение, опишите устройство и принцип действия реле максимального тока. Приведите условное обозначение аппаратов защиты в схемах.
43. Укажите назначение, опишите устройство и принцип действия автоматических выключателей. Приведите условное обозначение аппаратов защиты в схемах.
44. Укажите назначение, опишите устройство и принцип действия электротепловых реле. Приведите условное обозначение аппаратов защиты в схемах.
45. Укажите назначение, опишите принцип действия усилителей.
46. Опишите конструкцию, принцип действия, обозначение в схемах контактных путевых выключателей и переключателей.
47. Опишите конструкцию, принцип действия, обозначение в схемах бесконтактных путевых выключателей и переключателей.
48. Приведите типовые схемы управления электродвигателями с применением путевых выключателей
49. Дайте классификацию реле времени. Опишите конструкцию и принцип действия пневматических, моторных и электронных реле времени.
50. Опишите конструкцию и принцип действия пневматических реле времени.
51. Опишите конструкцию и принцип действия моторных реле времени.
52. Конструкция и принцип действия электронных реле времени.
53. Приведите условные графические обозначения реле времени. Укажите применение реле времени в схемах управления электродвигателями
54. Датчик угловой скорости: тахогенератор. Опишите конструкцию, принцип действия, область применения и условные обозначения в схемах.
55. Датчик угловой скорости: реле контроля скорости. Опишите конструкцию, принцип действия, область применения и условные обозначения в схемах.
56. Приведите схема торможения противовключением трехфазного асинхронного двигателя с применением реле контроля скорости

57. Виды программного управления: электрическое копирование, фотоэлектрическое. Характеристика разомкнутых, замкнутых и аналоговых систем управления.
58. Опишите виды программного управления: цикловое и числовое.
59. Опишите микропроцессорные устройства в электроприводах с программным управлением.
60. Укажите основные типы автоматических станочных линий. Приведите структурную схему автоматической линии.
61. Укажите назначение и опишите устройство электрооборудования автоматических станочных линий.
62. Перечислите основные характеристики автоматических станочных линий и укажите особенности электрооборудования АСЛ.
63. Укажите назначение и применение робототехнических комплексов.
64. Перечислите общие сведения об электрооборудовании ПР и укажите требования предъявляемые к нему.
65. Опишите виды электроприводов, типы электродвигателей, применяемые в ПР
66. Приведите и опишите виды гибких производственных модулей и систем.
67. Приведите структурную схему ГПС. Опишите принцип организации управления ГПС и ее использование.

## Варианты задач для выполнения домашней контрольной работы

### Задача №68

Расчет мощности двигателей для продолжительного режима работы S1.

Определить расчетную мощность трехфазного асинхронного двигателя для привода механизма, работающего в продолжительном режиме S1, проверить двигатель на достаточность пускового момента и перегрузочную способность.

Привод нерегулируемый, статический нагрузочный момент механизма  $M_c$ , требуемая частота вращения  $n_{ном}$ , КПД механизма  $\eta$  задан в таблице.

По условиям эксплуатации выбирается двигатель закрытого исполнения IP44, расположение вала горизонтальное, крепление двигателя фланцевое.

Таблица 1

№ варианта	$M_1$ (Н*м)	$n_{ном}$ (об/мин)	$\eta$ (%)
1.	30	560	92
2.	60	800	86
3.	70	840	85
4.	80	880	85
5.	90	820	84
6.	100	860	84
7.	130	2600	72
8.	140	2700	71

9.	150	1240	81
10.	160	2900	92
11.	170	3000	91
12.	200	1900	77
13.	240	2400	73
14.	250	980	84
15.	100	2400	77
16.	110	560	76
17.	120	600	89
18.	510	640	88
19.	540	680	88
20.	30	1000	84
21.	35	1240	83
22.	40	1300	83
23.	45	1400	82
24.	50	1500	82
25.	55	1700	81
26.	60	1900	81
27.	70	2000	80
28.	80	2200	79
29.	90	2300	78
30.	760	2200	78

### Задача №69

Расчет и выбор двигателя переменного тока для привода станка с ЧПУ для повторно-кратковременного режима работы.

В таблице Дано: моменты нагрузки на валу двигателя для участков графика нагрузки при повторно-кратковременном режиме работы S3, время работы двигателя с заданными моментами нагрузки, частота вращения двигателя, коэффициент учитывающий снижение напряжения.

Для данного варианта построить нагрузочную диаграмму и определить: расчетную мощность двигателя и выбрать по каталогу АД, предназначенный для привода механизма с циклическим графиком нагрузки в повторно-кратковременном режиме работы S3. Провести проверку двигателя по перегрузочной способности, по нагреву.

Таблица 2

№ варианта	M1(Н*м)	M2(Н*м)	M3(Н*м)	t1 °C	t2 °C	t3 °C	t0 °C	n2 ном	kU
1.	80	40	60	10	5	20	25	1410	0,95
2.	120	100	95	10	10	15	55	930	0,9
3.	50	20	30	10	15	10	5	915	0,85
4.	150	125	145	10	20	10	60	930	0,95
5.	150	130	160	10	25	20	35	1415	0,9
6.	40	30	10	5	15	20	10	930	0,85

7.	40	25	20	5	15	15	5	1420	0,95
8.	30	15	25	5	20	10	25	950	0,90
9.	20	15	10	5	10	5	60	935	0,85
10.	180	140	150	5	15	15	25	1440	0,95
11.	30	20	10	15	10	20	5	1440	0,90
12.	30	40	60	15	5	15	5	1440	0,85
13.	30	45	20	15	10	10	5	1410	0,95
14.	30	50	30	15	15	10	10	940	0,90
15.	200	180	170	15	20	5	60	930	0,85
16.	220	230	215	10	15	10	25	940	0,95
17.	20	15	25	10	10	15	5	930	0,95
18.	20	45	40	10	5	10	75	950	0,85
19.	25	20	15	10	15	15	60	950	0,95
20.	20	25	15	10	10	5	20	1440	0,90
21.	25	50	40	15	15	20	5	1400	0,85
22.	25	20	10	15	15	5	25	950	0,95
23.	20	35	10	15	15	10	30	920	0,90
24.	25	40	10	15	15	15	5	930	0,85
25.	25	15	10	15	10	20	5	950	0,95
26.	245	230	240	5	10	10	40	940	0,90
27.	60	50	55	5	15	25	10	1410	0,85
28.	45	10	20	5	20	10	50	950	0,95
29.	45	15	10	5	10	10	75	950	0,90
30.	40	20	10	5	20	5	20	1440	0,85

### Задача №70

Расчет мощности двигателя для привода механизма работающего в кратковременном режиме S2

Выбрать трехфазный асинхронный двигатель для кратковременного режима работы. В таблице 3 заданы частота вращения двигателя  $n_2$  ном (об/мин), время работы  $t_p$  ©, статический момент сопротивления  $M_c$  (Н\*м), двигатель закрытого исполнения, климатические условия и место установки – УЗ.

Для расчетов принять постоянную времени нагревания  $T_n=30$ мин.

Таблица 3

№ варианта	$M_1(H^*M)$	пном (об/мин)	тр ©,
1	50	720	280
2	55	760	290
3	60	800	300
4	70	840	310
5	80	880	320
6	90	820	340
7	100	860	350
8	110	900	360
9	120	940	380
10	180	1500	500
11	190	1700	520
12	200	1900	540
13	210	2000	560
14	420	820	1040
15	450	860	1080
16	480	900	1120
17	510	940	1180
18	540	980	1220
19	570	1000	1260
20	600	1240	1300
21	760	2000	1540
22	790	2200	1580
23	800	2300	1620
24	840	2400	1660
25	130	2600	210
26	140	2700	230
27	150	2800	250
28	160	2900	270
29	170	3000	285
30	30	1000	390

Таблица вариантов №4 для выполнения домашней контрольной работы

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,67,68/1, 69/1,70/1	2,66,68/2, 69/2,70/2	3,65,68/3, 69/3,70/3	4,64,68/4, 69/4,70/4	5,63,68/5, 69/5,70/5	6,62,68/6, 69/6,70/6	7,61,68/7, 69/7,70/7	8,60,68/8, 69/8,70/8	9,59,68/9, 69/9,70/9	10,58,68/1, 69/10,70/10
1	11,57,68/1, 69/11,70/5	12,56,68/1, 69/12,70/12	13,55,68/1, 69/13,70/13	17,54,68/1, 69/14,70/14	14,53,68/1, 69/15,70/15	15,52,68/1, 69/16,70/16	16,51,68/1, 69/17,70/17	20,50,68/1, 69/18,70/18	18,49,68/9, 69/19,70/9	19,48,68/2, 69/20,70/20
2	21,47,68/2, 69/21,70/21	22,46,68/2, 69/22,70/22	23,45,68/2, 69/23,70/23	24,44,68/2, 69/24,70/24	25,43,68/2, 69/25,70/25	26,42,68/2, 69/26,70/26	27,41,68/2, 69/27,70/27	28,40,68/2, 69/28,70/28	29,39,68/2, 69/29,70/29	30,38,68/3, 69/30,70/30
3	31,37,68/5, 69/5,70/5	32,36,68/1, 69/10,70/10	33,35,68/1, 69/19,70/19	34,34,68/1, 69/15,70/15	35,33,68/1, 69/14,70/14	36,32,68/1, 69/12,70/12	37,31,68/1, 69/16,70/16	38,30,68/1, 69/17,70/17	39,29,68/1, 69/18,70/18	40,28,68/1, 69/11,70/11
4	41,27,68/1, 69/13,70/13	42,26,68/2, 69/22,70/22	43,25,68/1, 69/1,70/1	44,24,68/2, 69/2,70/2	45,23,68/4, 69/4,70/4	46,22,68/9, 69/9,70/9	47,21,68/6, 69/6,70/6	48,20,68/8, 69/8,70/8	49,19,68/3, 69/3,70/3	50,18,68/7, 69/7,70/7
5	51,17,68/3, 69/30,70/30	52,16,68/2, 69/23,70/23	53,15,68/2, 69/25,70/25	54,14,68/2, 69/24,70/24	55,13,68/2, 69/23,70/23	56,12,68/2, 69/22,70/22	57,11,68/2, 69/21,70/21	58,10,68/2, 69/26,70/26	59,9,68/27, 69/27,70/27	60,8,68/28, 69/28,70/28
6	61,7,68/29, 69/29,70/29	62,6,68/11, 69/11,70/11	63,5,68/10, 69/10,70/10	64,5,68/12, 69/12,70/12	65,4,68/13, 69/13,70/13	3,66, 68/14, 69/14,70/14	67,2,68/15, 69/15,70/15	10,55,68/1, 69/16,70/16	3,50,68/17, 69/17,70/17	1,40,68/18, 69/18,70/18
7	8,44,68/19, 69/19,70/19	20,49,68/1, 69/1,70/1	7,60,68/20, 69/20,70/20	12,25,68/9, 69/9,70/9	15,30,68/2, 69/2,70/2	30,50,68/3, 69/3,70/3	3,59,68/4, 69/4,70/4	2,10,68/5, 69/5,70/5	8,47,68/6, 69/6,70/6	55,63,68/7, 69/7,70/7
8	11,32,68/8, 69/8,70/8	17,34,68/2, 69/21,70/21	35,66,68/1, 69/11,70/11	10,30,68/1, 69/19,70/19	20,60,68/1, 69/17,70/17	9,50,68/15, 69/15,70/15	8,59,68/13, 69/13,70/13	21,49,68/1, 69/18,70/18	15,19,68/1, 69/18,70/18	14,61,68/1, 69/14,70/14
9	4,40,68/22, 69/22,70/22	6,25,68/23, 69/23,70/23	13,24,68/2, 69/25,70/25	20,57,68/2, 69/27,70/27	10,33,68/2, 69/29,70/29	1,21,,68/30, 69/6,70/22	20,36,68/2, 69/21,70/21	14,31,68/1, 69/10,70/10	50,63,68/2, 69/26,70/26	11,31,68/2, 69/24,70/24



Технические данные АД с короткозамкнутым ротором основного исполнения (IP44;IC0141), (закрытые, обдуваемые  $\beta_0=0,98$ ).

Таблица 5

Тип двигателя	Pном, кВт	n <sub>2</sub> ном, об/мин	ηном, %	cosφ ном	Mмах*	Mп*	Iп*	J, кг*м <sup>2</sup>
Синхронная частота вращения 3000 об/мин								
4AA50A2Y3	0,09	2740	60	0,7	2,2	2	5	0,24*10 <sup>-4</sup>
4AA50B2Y3	0,12	2710	63	0,7	2,2	2	5	0,27*10 <sup>-4</sup>
4AA56A2Y3	0,18	2800	66	0,76	2,2	2	2	4,15*10 <sup>-4</sup>
4A63A2Y3	0,37	2750	70	0,86	2,2	2	5	7,63*10 <sup>-4</sup>
4A71A2Y3	0,75	2840	77	0,87	2,2	2	5,5	9,75*10 <sup>-4</sup>
4A80A2Y3	1,5	2850	81	0,85	2,2	2	6,5	18,3*10 <sup>-4</sup>
4A90 L 2Y3	3,0	2840	84,5	0,88	2,2	2	6,5	35,3*10 <sup>-4</sup>
4A100 L2Y3	5,5	2880	87,5	0,91	2,2	2	7,5	75*10 <sup>-4</sup>
4A112 M2Y3	7,5	2900	87,5	0,88	2,2	2	7,5	1*10 <sup>-2</sup>
4A132 M2Y3	11	2900	88	0,90	2,2	1,6	7,5	2,25*10 <sup>-2</sup>
4A160 M2Y3	18,5	2940	88,5	0,92	2,2	1,4	7,5	5,25*10 <sup>-2</sup>
4A180 M2Y3	30	2945	90,5	0,90	2,2	1,4	7,5	8,5*10 <sup>-2</sup>
4A200 M2Y3	37	2945	90,0	0,89	2,2	1,4	7,5	14,5*10 <sup>-2</sup>
4A225 M2Y3	55	2945	91	0,92	2,2	1,2	7,5	25*10 <sup>-2</sup>
4A250 M2Y3	90	2960	92	0,90	2,2	1,2	7,5	52*10 <sup>-2</sup>
4A280 M2Y3	132	2970	91,5	0,89	2,2	1,2	7,0	1,19
4A315 M2Y3	200	2970	92,5	0,9	0,9	1,0	7,0	1,63
4A355 M2Y3	315	2970	93	0,91	0,9	1,0	7,0	3,23
Синхронная частота вращения 1500 об/мин								
4A80A4Y3	1,1	1420	75	0,81	2,2	2	5	32,3*10 <sup>-4</sup>
4A80B4Y3	1,5	1415	77	0,83	2,2	2	5	33,3*10 <sup>-4</sup>
4A90L4Y3	2,2	1425	80	0,83	2,4	2,1	6	56,0*10 <sup>-4</sup>
4A100S4Y3	3,0	1435	82	0,83	2,4	2	6	86,8*10 <sup>-4</sup>
4A100L4Y3	4,0	1430	84	0,84	2,4	2	6	1,13*10 <sup>-2</sup>
4A112M4Y3	5,5	1445	85	0,85	2,2	2	7	1,75*10 <sup>-2</sup>
4A132S4Y3	7,5	1455	87,5	0,86	3	2,2	7,5	2,75*10 <sup>-2</sup>
4A132M4Y3	11,0	1460	87,5	0,87	3	2,2	7,5	4*10 <sup>-2</sup>
4A160S4Y3	15,0	1465	88,5	0,88	2,3	1,4	7	10,3*10 <sup>-2</sup>
4A160M4Y3	18,5	1465	89,5	0,88	2,3	1,4	7	12,8*10 <sup>-2</sup>
4A180S4Y3	22,0	1470	90	0,9	2,3	1,4	6,5	19*10 <sup>-2</sup>

4A180M4Y3	30,0	1470	91	0,9	2,3	1,4	6,5	23,3*10 <sup>-2</sup>
4A200M4Y3	37,0	1475	91	0,9	2,5	1,4	7	36,8*10 <sup>-2</sup>
4A200L4Y3	45,0	1475	92	0,9	2,5	1,4	7	44,5*10 <sup>-2</sup>
4A225M4Y3	55,0	1480	92,5	0,9	2,5	1,3	7	64*10 <sup>-2</sup>
4A250S4Y3	75,0	1480	93	0,9	2,3	1,2	7	1,02
4A250M4Y3	90,0	1480	93	0,91	2,3	1,2	7	1,17
Синхронная частота вращения 1000 об/мин								
4A80B6Y3	1.1	920	74	0.74	2.2	2	4	46,3*10 <sup>-4</sup>
4A90L6Y3	1.5	935	75	0.74	2.2	2	4.5	73,5*10 <sup>-4</sup>
4A100L6Y3	2.2	950	81	0.73	2.2	2	5	1,31*10 <sup>-2</sup>
4A112M6Y3	4	950	82	0.81	2.5	2	6	1,75*10 <sup>-2</sup>
4A132S6Y3	5.5	965	85	0.8	2.5	2	6.5	2*10 <sup>-2</sup>
4A132M6Y3	7.5	970	85	0.81	2.5	2	6.5	4*10 <sup>-2</sup>
4A160S6Y3	11	975	86	0.86	2	1.2	6	5,75*10 <sup>-2</sup>
4A160M6Y3	15	975	87.5	0.87	2	1.2	6	13,8*10 <sup>-2</sup>
4A180M6Y3	18.5	975	88	0.87	2	1.2	5	18,3*10 <sup>-2</sup>
4A200M6Y3	22	975	90	0.9	2.4	1.3	6.5	22*10 <sup>-2</sup>
4A200L6Y3	30	980	90.5	0.9	2.4	1.3	6.5	40*10 <sup>-2</sup>
4A225M6Y3	37	980	91	0.89	2.3	1.2	6.5	45,3*10 <sup>-2</sup>
4A250S6Y3	45	985	91.5	0.89	2.1	1.2	6.5	1,16
4A250M6Y3	55	985	91.5	0.89	2.1	1.2	6.5	1,26
4A280S6Y3	75	985	92	0.89	2.2	1.4	5.5	2,93
4A280M6Y3	90	985	92.5	0.89	2.2	1.4	5.5	3,38
4A315M6Y3	132	985	93.5	0.9	2.2	1.4	6,5	4
4A355M6Y3	200	985	94	0.9	2.2	1.4	6,5	4,5
Синхронная частота вращения 750 мин-1								
4A71B8Y3	0,25	689	56	0,65	1,7	1,6	1,2	18,5*10 <sup>-4</sup>
4A80B8Y3	0,55	700	64,5	0,65	1,7	1,6	1,2	40,5*10 <sup>-4</sup>
4A90LB8Y3	1,1	700	70	0,68	1,9	1,6	1,2	86,3*10 <sup>-4</sup>
4A100L8Y3	1,5	700	74	0,65	1,9	1,6	1,2	1,3*10 <sup>-2</sup>
4A112MB8Y3	3	700	76,5	0,71	2,2	1,9	1,4	1,75*10 <sup>-2</sup>
4A132M8Y3	5,5	720	83	0,74	2,6	1,9	1,4	5,75*10 <sup>-2</sup>
4A160M8Y3	11	730	87	0,75	2,2	1,4	1	18*10 <sup>-2</sup>
4A180M8Y3	15	730	87	0,82	2	1,2	1	25*10 <sup>-2</sup>
4A200M8Y3	18,5	735	88,5	0,84	2,2	1,2	1	40*10 <sup>-2</sup>
4A225M8Y3	30	735	90	0,81	2,1	1,3	1	73,8*10 <sup>-2</sup>
4A250M8Y3	45	740	91	0,84	2	1,2	1	1,36
4A280M8Y3	75	735	92,5	0,85	2	1,2	1	4,13

4A315M8Y3	110	740	93	0,85	2,3	1,2	0,9	5,85
4A355M8Y3	160	740	93,5	0,85	2,2	1,2	0,9	10,2
Синхронная частота вращения 600 мин-1								
4A250S10Y3	30	590	88	0,81	1,9	1,2	1	1,36
4A250M10Y3	37	590	89	0,81	1,9	1,2	1	1,6
4A280M10Y3	45	590	91,5	0,78	1,8	1	1	3,78
4A315S10Y3	55	590	92	0,79	1,8	1	0,9	5,25
4A315M10Y3	75	590	92	0,8	1,8	1	0,9	6,18
4A355S10Y3	90	590	92,5	0,83	1,8	1	0,9	9,33
4A355M10Y3	110	590	93	0,83	1,8	1	0,9	10,9
Синхронная частота вращения 500 мин-1								
4A315S10Y3	45	490	90,5	0,75	1,8	1	0,9	5,25
4A315M10Y3	55	490	91	0,75	1,8	1	0,9	6,18
4A355S10Y3	75	490	91,5	0,76	1,8	1	0,9	9,33
4A355M10Y3	90	495	92	0,76	1,8	1	0,9	10,9

Таблица 6 Выбор двигателей с короткозамкнутым ротором

Тип двигателя	Мп*	Мма*	Sном %	ПВ=25%			ПВ=40%			ПВ=60%			ПВ=100%		
				Рном,кВт	η, %	cosφ	Рном,кВт	η, %	cosφ	Рном,кВт	η, %	cosφ	Рном,кВт	η, %	cosφ
Синхронная частота вращения 1500 об/мин															
4АС71А4У3	2,0	2,2	8,2	0,65	67,0	0,76	0,6	68,0	0,73	0,6	68,0	0,73	0,60	68,0	0,73
4АС71В4У3	2,0	2,2	8,7	0,90	68,0	0,71	0,8	68,5	0,75	0,8	68,5	0,75	0,70	69,0	0,74
4АС80А4У3	2,0	2,2	5,6	1,3	68,5	0,82	1,3	68,5	0,82	1,1	70,0	0,80	0,95	70,5	0,79
4АС80В4У3	2,0	2,2	5,5	1,9	69,5	0,83	1,7	70,0	0,82	1,5	70,5	0,80	1,3	71,0	0,79
4АС90L4У3	2,0	2,2	5,8	2,4	76,0	0,82	2,4	76,0	0,82	2,2	76,5	0,80	1,9	77,0	0,78
4АС100S4У3	2,0	2,2	4,2	3,7	76,0	0,84	3,2	76,5	0,82	2,8	77,0	0,80	2,3	77,5	0,78
4АС100L4У3	2,0	2,2	4,1	5,0	77,0	0,84	4,3	78,0	0,82	3,8	79,0	0,80	3,3	80,0	0,78
4АС112M4У3	2,0	2,2	5,6	6,7	77,5	0,85	5,6	79,0	0,83	5,0	80,0	0,81	4,2	81,0	0,78
4АС132S4У3	2,0	2,2	6,9	9,5	82,0	0,86	8,5	82,5	0,85	7,5	83,5	0,83	7,1	84,0	0,81
4АС132M4У3	2,0	2,2	6,1	14,0	83,0	0,86	11,8	84,0	0,85	10,5	84,5	0,83	9,0	85,0	0,81
4АС160S4У3	2,0	2,2	6,1	19,0	83,5	0,86	17,0	84,5	0,86	15,0	85,5	0,85	13,0	86,0	0,784
4АС160M4У3	2,0	2,2	5,3	23,0	86,0	0,87	20,0	87,0	0,87	18,5	87,5	0,87	17,0	88,0	0,86
4АС180S4У3	2,0	2,2	5,7	24,0	84,5	0,93	21,0	86,0	0,92	20,0	86,5	0,92	19,0	87,0	0,92
4АС180M4У3	2,0	2,2	4,4	30,0	87,0	0,92	26,5	88,5	0,91	25,0	89,0	0,91	24,0	89,5	0,91
4АС200M4У3	2,0	2,2	5,7	35,0	87,0	0,93	31,5	87,5	0,92	28,0	88,0	0,92	26,0	88,0	0,92
4АС200L4У3	2,0	2,2	5,8	47,0	88,0	0,94	40,0	89,0	0,93	37,0	89,5	0,93	35,0	90,0	0,93
4АС225M4У3	2,0	2,2	5,8	55,0	87,0	0,93	50,0	87,5	0,92	45,0	88,0	0,92	40,0	88,5	0,92
4АС250S4У3	2,0	2,2	6,3	63,0	87,0	0,93	56,0	87,5	0,92	53,0	88,0	0,92	50,0	88,0	0,92
4АС250M4У3	2,0	2,2	6,4	71,0	86,5	0,94	63,0	87,0	0,93	60,0	87,0	0,93	56,0	87,5	0,93

Синхронная частота вращения 1000 об/мин															
4AC71A6Y3	2,0	2,1	10,4	0,4	62,5	0,70	0,4	62,5	0,70	0,4	62,5	0,70	0,4	62,5	0,70
4AC71B6Y3	2,0	2,1	10,2	0,65	65,0	0,70	0,63	65,0	0,70	0,65	65,0	0,70	0,5	63,5	0,62
4AC80A6Y3	2,0	2,1	7,0	0,9	61,0	0,72	0,8	61,0	0,68	0,7	61,0	0,64	0,5	60,0	0,54
4AC80B6Y3	2,0	2,1	7,8	1,3	65,5	0,75	1,2	66,5	0,73	1,1	67,5	0,71	0,8	69,0	0,61
4AC90L6Y3	1,9	2,1	6,2	1,8	70,0	0,74	1,7	71,0	0,72	1,3	71,5	0,65	1,1	72,0	0,60
4AC100L6Y3	1,9	2,1	5,3	2,9	74,5	0,78	2,6	75,0	0,76	2,2	76,0	0,72	1,8	76,5	0,67
4AC112S6Y3	1,9	2,1	7,3	3,8	71,0	0,81	3,2	72,0	0,74	2,8	73,0	0,72	2,5	73,5	0,68
4AC112M6Y3	1,9	2,1	8,5	5,0	72,5	0,83	4,2	75,0	0,79	3,8	76,5	0,78	3,2	77,5	0,73
4AC132S6Y3	1,9	2,1	6,4	7,5	77,5	0,84	6,3	79,0	0,80	6,0	80,0	0,79	4,5	81,0	0,72
4AC132M6Y3	1,9	2,1	5,8	10,0	77,5	0,84	8,5	80,0	0,80	7,5	80,5	0,78	6,3	81,0	0,74
4AC160S6Y3	1,9	2,1	7,7	14,0	80,0	0,86	12,0	82,5	0,85	11,0	83,5	0,84	10,0	84,0	0,83
4AC160M6Y3	1,9	2,1	7,8	19,0	81,5	0,86	16,0	84,0	0,85	15,0	84,5	0,84	13,0	85,5	0,83
4AC1S0M6Y3	1,9	2,1	7,6	20,0	83,0	0,90	19,0	84,5	0,90	17,0	85,0	0,89	16,0	85,5	0,89
4AC200M6Y3	1,9	2,1	7,3	25,0	82,0	0,92	22,0	83,5	0,92	20,0	84,5	0,92	18,0	85,5	0,91
4AC200L6Y3	1,9	2,1	6,2	33,5	83,5	0,92	28,0	85,5	0,91	25,0	86,0	0,92	23,0	86,5	0,91
4AC225M6Y3	1,9	2,1	6,9	35,0	85,5	0,92	33,5	81,0	0,91	28,0	87,5	0,91	25,0	88,0	0,90
4AC250S6Y3	1,9	2,1	5,4	45,0	88,0	0,90	40,0	89,0	0,90	36,0	89,5	0,90	33,5	90,0	0,89
4AC250M6Y3	1,9	2,1	3,8	53,0	88,0	0,89	45,0	86,5	0,88	40,0	89,0	0,86	36,0	89,5	0,88

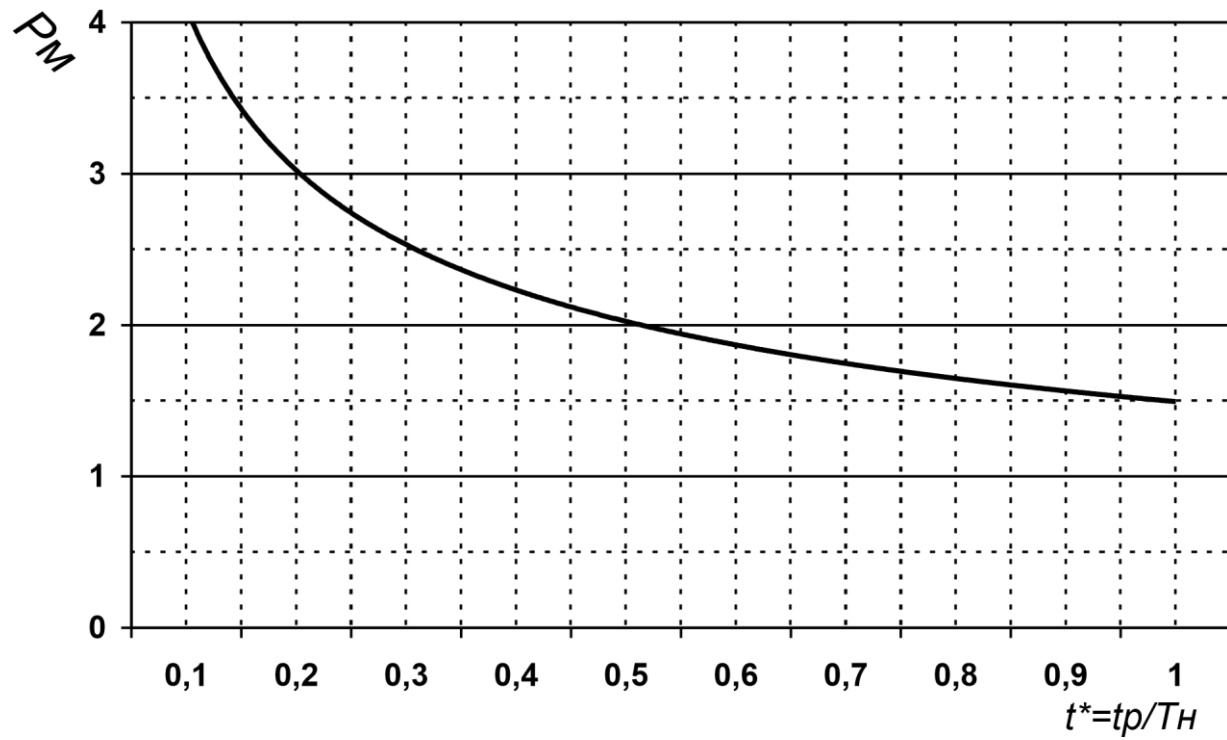


График для определения коэффициента механической перегрузки  $P_m$

**Критерии оценки домашних контрольных работ для учащихся  
заочной формы обучения**

Отметка	Показатели оценки
Не зачтено	Несоответствие варианту ДКР, воспроизведение части программного учебного материала (фрагментарный ответ на вопрос работы или перечисление объектов изучения), наличие грубых существенных ошибок при выполнении практических заданий, нарушение стандарта и методических указаний в оформлении ДКР, отсутствие списка использованных источников.
Зачтено	Раскрытие сущности теоретических вопросов в полном объеме, согласно задания. Практические задания выполнены верно и в соответствии с методическими указаниями. Отсутствие существенных ошибок и грубых нарушений методических указаний в оформлении ДКР.

**Образец титульного листа**

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»  
Филиал учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет» Политехнический колледж  
Машиностроительное отделение

**ДОМАШНЯЯ КОНТРОЛЬНАЯ  
РАБОТА №**

---

(наименование учебного предмета)

Вариант №

Преподаватель

---

(инициалы, фамилия)

Выполнил учащийся

---

(инициалы, фамилия)

\_\_курса \_ учебной группы \_\_

специальности

Шифр учащегося \_\_\_\_\_



## Список использованных источников

**Головенков, С.Н., Сироткин, С.В.** Основы автоматического регулирования станков с программным управлением / С.Н. Головенков, С.В. Сироткин. М.: 1988

**Грумбина, А.Б.** Электрические машины и источники питания радиоэлектронных средств / А.Б. Грумбина. М.: 1990

**Игнатов, В.А.** Электрооборудование современных металлорежущих станков и обрабатывающих комплексов / И.В. В.А. Игнатов, В.Б. Ровенский, Р.Т. Орлова. М.: 1991

**Михайлов О.П.** Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов / А.П. Михайлов. М.: 2010

**Москаленко В.В.** Системы автоматизированного управления электроприводами / В.В. Москаленко. М.: 2004

**Петренко Ю.Н.** Системы автоматизированного управления электроприводами / Ю.Н. Петренко. Мн.: 2000

**Харизоменов, И.В.** Электрооборудование и электроавтоматика металлорежущих станков / И.В. Харизоменов. М.: 1991

**Острецов, В.Н.** Электропривод и электрооборудование. Учебник и практикум / В.Н. Острецов, А.В. Палицын. Юрайт, 2020

**Жур А.И.** Электрооборудование предприятий и гражданских зданий: учеб. пособие / А.И. Жур. Мн.: РИПО, 2019