

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Вакуумная и компрессорная техника»

## МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ

Программно-методический комплекс  
для студентов заочной формы получения образования  
по направлению специальности 1-08 01 01-01  
«Профессиональное обучение (машиностроение)»

Минск  
БНТУ  
2014

УДК 621.9.06(075.8)  
ББК 34.63-5я7  
М54

Составитель  
*С. С. Данильчик*

Рецензенты:  
*И. А. Иванов, А. А. Дробыш*

В издании приведены учебная программа по дисциплине «Металлорежущие станки», задания на контрольные работы и перечень литературы для самостоятельной подготовки студентов.

© Белорусский национальный  
технический университет, 2014

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Целью дисциплины «Металлорежущие станки» является формирование системы знаний о современном металлорежущем оборудовании, его наладке и эксплуатации.

В результате изучения курса формируется система знаний:

- о классификации металлорежущих станков и основах кинематической настройки;
- принципе работы типовых механизмов и устройстве основных узлов станков;
- системах управления станками;
- назначении и устройстве металлорежущих станков основных типов;
- методике наладки металлорежущего оборудования на обработку различных деталей, его эксплуатации и техническом обслуживании.

Знания технических характеристик и области применения различных типов станков, методики их наладки необходимы студенту для успешного изучения дисциплин «Технология машиностроения», «Обработка на многооперационных станках с ЧПУ», «Технологическая оснастка», для выбора оборудования при проектировании технологического процесса механической обработки деталей в курсовом и дипломном проектах, а также в будущей практической деятельности.

Наряду с проведением лекционных занятий и выполнением цикла лабораторных работ основной формой изучения дисциплины является самостоятельная работа студента. Для самостоятельной подготовки к сессии ниже приведены программа дисциплины и задания для выполнения контрольных работ. Предусмотрено выполнение по одной контрольной работе в каждом семестре. На экзамене оценивается знание учебного материала и умение иллюстрировать его схемами и эскизами.

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТАНКАХ

### **Тема 1. Классификация металлорежущих станков**

Классификация станков по технологическому назначению. Понятие группы и типа станка. Обозначение модели станка. Типоразмер станка. Классификация станков по степени универсальности, по степени точности, по степени автоматизации, по виду заготовок, по массе.

### **Тема 2. Техничко-экономические показатели станков**

Точность станков. Способы повышения точности. Влияние точности станков на погрешности деталей при обработке. Жесткость станков.

Виброустойчивость, теплостойкость станков. Производительность. Универсальность и гибкость станочного оборудования.

### **Тема 3. Техническая характеристика металлорежущих станков**

Основные технические параметры металлорежущих станков. Геометрические параметры, характеризующие рабочее пространство станка. Скоростная характеристика. Ступенчатое и бесступенчатое регулирование. Приводы со ступенчатым регулированием. Диапазон регулирования. Геометрический ряд частот вращения шпинделя. Основные закономерности ряда. Принципы нормализации значений знаменателя геометрического ряда и частот вращения. Определение скорости резания для станков с главным вращательным и поступательным движением.

Силовая характеристика. Общая мощность привода. Полезная мощность. Определение КПД привода.

## **Тема 4. Основы кинематики металлорежущих станков**

Формообразование на станках. Методы образования производящих линий: следа, касания, обкатки, копирования. Образование поверхностей деталей. Движения в станках: формообразующие, установочные, делительные, управления, вспомогательные.

Основы кинематической настройки станков. Органы настройки. Кинематическая схема станка. Условное обозначение кинематических пар. Настройка кинематических цепей. Начальные и конечные звенья кинематических цепей. Расчетные перемещения. Уравнения кинематического баланса. Методика расчета кинематической настройки. Кинематические и структурные схемы станков.

## **РАЗДЕЛ II. ТИПОВЫЕ ДЕТАЛИ, УЗЛЫ И МЕХАНИЗМЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ. ПРИВОДЫ СТАНКОВ**

### **Тема 5. Типовые детали и узлы металлорежущих станков**

Корпусные детали станков. Станины. Конструктивные варианты. Назначение. Основные требования. Материалы для изготовления станин.

Направляющие. Назначение и классификация направляющих. Материал для изготовления направляющих, требования, предъявляемые к ним. Направляющие скольжения, гидростатические направляющие, аэростатические направляющие. Направляющие качения, роликовая замкнутая опора.

Шпиндельные узлы. Основные элементы. Требования, предъявляемые к шпиндельным узлам. Опоры шпинделей.

### **Тема 6. Типовые механизмы металлорежущих станков**

Реверсивные механизмы. Механизмы периодических действий.

Механизмы, преобразующие вращательное движение в поступательное. Передача винт-гайка скольжения и качения. Способы регулирования зазора и натяга в передаче. Гидростатическая передача винт-гайка. Передача рейка-шестерня и червяк-рейка. Кривошипно-шатунный механизм. Кулисный механизм. Кулачковые механизмы.

Механизмы для малых перемещений. Суммирующие механизмы.

### **Тема 7. Электромеханические приводы металлорежущих станков**

Приводы со ступенчатым регулированием. Множительные механизмы привода главного движения: многовенцовые зубчатые блоки, множительные механизмы с муфтами, с перебором, ременные передачи, гитары сменных зубчатых колес.

Графоаналитический метод расчета привода. Структурная формула. Построение структурной сетки. Основные положения при выборе оптимального варианта привода. Построение графика частот вращения. Определение числа зубьев зубчатых колес. Основные типы приводов главного движения со ступенчатым регулированием.

Электромеханический привод подач. Множительные механизмы коробок подач: со встречными ступенчатыми конусами и вытяжной шпонкой, конус Нортонa, механизм типа «меандр».

Бесступенчатое регулирование скорости: электрическое, гидравлическое, механическое. Разновидности механических вариаторов.

### **Тема 8. Гидравлический привод металлорежущих станков**

Особенности применения гидравлики в приводах главного движения и подач металлорежущих станков. Основные элементы гидропривода: насосы, гидроцилиндры, распределительные устройства. Расчет гидравлического привода станка.

## РАЗДЕЛ III. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИМИ СТАНКАМИ

### **Тема 9. Аналоговые системы управления**

Основные понятия и задачи управления станками. Цикл обработки. Ручное управление. Программное управление. Программоносители. Развитие систем программного управления.

Способы задания программы в аналоговом виде. Замкнутые и незамкнутые система управления.

Путевые системы управления. Временные системы управления. Системы циклового программного управления. Возможности системы. Область применения. Программируемые командоаппараты. Принципиальная схема системы циклового программного управления.

Системы управления кулачками. Особенности применения дисковых и цилиндрических кулачков. Профилирование кулачков. Структуры систем управления с распределительным валом: с постоянной скоростью вращения вала; с двумя скоростями вращения вала; с двумя управляющими валами.

Копировальные системы управления. Область применения. Система управления прямого действия.

Системы управления со следящим приводом.

### **Тема 10. Числовое программное управление станками**

Способ задания программы управления в цифровом виде. Разновидности систем ЧПУ в зависимости от уровня технических возможностей: NC, SNC, CNC, DNC. Характеристика систем различных классов, их возможности. Обозначения УЧПУ. Основные характеристики УЧПУ.

Классификация ЧПУ по характеру движения рабочих органов: позиционные, контурные, комбинированные системы.

Классификация ЧПУ по числу потоков информации: разомкнутые, замкнутые, адаптивные системы.

Основы программирования обработки на станках с ЧПУ. Системы счисления. Программоносители. Подготовка и кодирование информации.

### **Тема 11. Технологические возможности и конструктивные особенности станков с ЧПУ**

Основные параметры и характеристики станков с ЧПУ. Конструктивные особенности станков. Оси координат станков с ЧПУ. Конструкция привода главного движения. Шаговый привод подачи. Следящий привод подачи. Датчики обратной связи.

## **РАЗДЕЛ IV. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ**

### **Тема 12. Станки токарной группы**

Классификация станков токарной группы. Назначение, технологические возможности, основные параметры станков.

Токарно-винторезные станки. Основные узлы станка. Компонировка. Конструкция суппорта, задней бабки. Структурная схема станка. Кинематическая схема станка мод. 16К20. Виды работ, выполняемых на токарно-винторезных станках.

Компировка лобовых токарных станков. Токарно-карусельные станки: одностоечные и двухстоечные. Стол токарно-карусельного станка. Расположение и установка инструмента на двухстоечном токарно-карусельном станке. Работы, выполняемые на токарно-карусельных станках.

Токарно-револьверные станки. Револьверные головки. Работы, выполняемые на станках.

Токарные станки с ЧПУ. Патронные и центровые станки. Конструктивные особенности и технологические возможности токарных станков с ЧПУ. Система координат. Кинематическая схема патронно-центрального станка мод. 16К20Ф3. Привод главного движения и привод подачи.



## **Тема 13. Токарные автоматы и полуавтоматы**

Классификация токарных автоматов и полуавтоматов. Виды обрабатываемых деталей. Специальные механизмы станков.

Одношпиндельные токарные автоматы. Схема работы автомата продольного течения. Движения в станке. Система управления станком. Фасонно-отрезные автоматы. Схема работы.

Многорезцовые токарные полуавтоматы. Схема работы многорезцового полуавтомата. Компоновка полуавтомата. Устройство командоаппарата. Типовые схемы обработки заготовок.

Токарно-копировальные полуавтоматы. Компоновка и принцип работы станка. Гидрокопировальное устройство. Многорезцово-копировальные полуавтоматы. Типовые схемы обработки заготовок на токарно-копировальном полуавтомате.

Токарно-револьверные автоматы. Компоновка станка. Рабочее пространство прутковых токарно-револьверных автоматов. Кинематическая схема токарно-револьверного автомата. Устройство суппорта револьверной головки. Механизм подачи и зажима прутка.

Многошпиндельные автоматы. Назначение. Схема работы многошпиндельного автомата последовательного действия. Приспособления, применяемые на автоматах.

Вертикальные многошпиндельные полуавтоматы. Принципиальная схема полуавтомата последовательного действия. Технологические возможности и особенности настройки полуавтоматов.

## **Тема 14. Сверлильные и расточные станки**

Назначение, технологические возможности и классификация станков. Вертикально-сверлильные станки. Компоночная схема станка. Структурная схема станка. Кинематическая схема станка. Конструкция шпиндельного узла вертикально-сверлильного станка. Основные схемы обработки.

Радиально-сверлильный станок. Компоновочная схема станка. Назначение станка. Движения в станке.

Многошпиндельные сверлильные станки и станки для глубокого сверления. Компоновочные схемы станков.

Расточные станки. Назначение, классификация. Компоновочная схема универсального горизонтально-расточного станка. Движения в станке. Работы, выполняемые на станке.

Координатно- и алмазно-расточные станки. Назначение. Компоновка станков. Основные узлы. Схема обработки.

Особенности конструкций сверлильных станков с ЧПУ. Система координат. Устройство и кинематическая схема станка. Постоянные циклы при обработке отверстий.

Особенности конструкций расточных станков с ЧПУ. Система координат. Устройство и кинематическая схема горизонтально-расточного станка с ЧПУ.

## **Тема 15. Станки фрезерной группы**

Классификация фрезерных станков. Основные размерные характеристики. Горизонтальный консольно-фрезерный станок. Техническая характеристика. Компоновочная схема станка. Основные узлы. Кинематическая схема. Движение в станке. Конструкция шпиндельного узла.

Вертикально-фрезерные станки. Компоновочная схема консольного и бесконсольного станков. Особенности конструкции.

Продольно-фрезерные станки. Назначение. Компоновочная схема двухстоечного станка. Движения в станке.

Копировально-фрезерные станки. Назначение. Системы управления. Принципиальная схема копировальной системы со следящим приводом.

Делительные приспособления, используемые на фрезерных станках.

Фрезерные станки непрерывного действия. Компоновочная схема барабанно-фрезерного и карусельного станков. Назначение станков.

Фрезерные станки с ЧПУ. Технологические возможности фрезерных станков с ЧПУ. Консольный вертикально-фрезерный станок с ЧПУ. Компонировочная схема станка. Движения в станке. Конструкция приводов подачи. Система координат станка.

## **Тема 16. Станки шлифовальной группы**

Общие сведения о шлифовальных станках. Достижимая размерная точность обработки. Классификация шлифовальных станков.

Станки для круглого наружного шлифования. Схема работы станка с продольной подачей. Схема работы станка методом врезания. Компонировка и основные узлы станков. Схема гидравлического привода стола. Кинематическая схема станка. Схема работы на бесцентрово-шлифовальном станке. Компонировка бесцентровошлифовального станка.

Станки для круглого внутреннего шлифования. Схема круглого внутреннего шлифования с продольной подачей. Схема планетарного шлифования. Компонировка станка. Кинематическая схема. Установка и крепление заготовок. Бесцентровое внутреннее шлифование.

Плоскошлифовальные станки. Схема плоского шлифования периферией и торцом круга. Компонировки плоскошлифовальных станков.

Особенности конструкций шлифовальных станков с ЧПУ. Система координат. Устройство и кинематическая схема круглошлифовального станка с ЧПУ.

## **Тема 17. Конструкции шлифовальных станков для выполнения специальных операций**

Хонинговальные станки. Назначение, технологические возможности. Компонировка хонинговального станка. Схема хонинговальной головки.

Станки для суперфиниширования. Назначение, технологические возможности.

Компоновка притирочного станка, работающего металлическими дисками. Кинематическая схема притирочного станка.

Полировальные станки. Назначение. Компоновочная схема универсального полировального станка. Основные схемы обработки шлифовальной лентой.

## **Тема 18. Зубообрабатывающие станки**

Нарезание зубчатых колес методом обкатки. Нарезание зубчатых колес методом копирования. Требуемые движения рабочих органов. Достоинства и недостатки методов. Классификация зубообрабатывающих станков по назначению, по виду обработки и инструменту, по точности обработки.

Зубодолбежные станки. Структурная схема станка. Компоновка станка. Основные узлы и движения в станках. Настройка кинематических цепей. Нарезание колес с винтовыми зубьями.

Зубофрезерные станки. Структурная схема зубофрезерного станка. Движения рабочих органов, необходимые для нарезания цилиндрических зубчатых колес с прямым и наклонным зубом. Настройка кинематических цепей. Схема установки фрезы при нарезании прямозубого и косозубого колеса.

Станки для обработки червячных колес методом радиальной подачи и методом тангенциальной подачи. Движения рабочих органов.

Методы нарезания конических зубчатых колес. Необходимые движения. Плоское производящее колесо. Компоновка зубострогального полуавтомата. Структурная схема. Движения в станке и настройка кинематических цепей. Особенности обработки конических зубчатых колес на зубофрезерных станках. Схема обработки. Цикл работы станка.

Кинематика станков для отделки зубчатых колес. Обкатывание, притирка, зубошевингование, зубошлифование. Схемы обработки. Требуемые движения.

Станки для зубозакругления.

Особенности конструкций зубообрабатывающих станков с ЧПУ. Система координат. Устройство и кинематическая схема станка с ЧПУ.

### **Тема 19. Строгальные и протяжные станки**

Область применения и технологические возможности станков. Поперечно-строгальные, продольно-строгальные станки. Горизонтально и вертикально-протяжные станки. Основные узлы и движения в станках.

### **Тема 20. Станки для электрофизических и электрохимических методов обработки**

Электроэрозионные, электрохимические, анодно-механические, ультразвуковые станки. Основные узлы и схемы обработки, назначение станков.

### **Тема 21. Многооперационные станки**

Технологические возможности и характерные особенности многооперационных станков. Компоновки многооперационных станков. Основные узлы. Устройства автоматической смены и контроля инструмента. Инструментальные магазины. Способы кодирования инструмента. Устройства для размерной настройки инструмента. Устройства автоматической смены заготовок. Компоновка и принцип работы многооперационного станка.

### **Тема 22. Агрегатные станки**

Принцип агрегатирования станков, его сущность и достоинства. Типовые узлы агрегатных станков и их компоновки. Станины, стойки, основания, многопозиционные столы, сило-

вые столы и силовые головки. Виды компоновок агрегатных станков и их зависимость от назначения станка. Конструктивные особенности силовых узлов агрегатных станков.

## РАЗДЕЛ V. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ И ГИБКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ МЕТАЛЛОБРАБОТКИ

### **Тема 23. Автоматические линии**

Основные понятия и классификация автоматических линий (АЛ). Линии с жесткими и гибкими связями, спутниковые и беспутниковые, однопоточные и многопоточные. Оборудование автоматических линий. Транспортные системы автоматических линий. Устройства загрузки заготовок. АЛ из агрегатных станков. Роторные АЛ.

### **Тема 24. Гибкие производственные системы**

Технологическое оборудование и типовые компоновки ГПС. Робототехнические комплексы ГПС. Транспортные системы ГПС.

## РАЗДЕЛ VI. ОСНОВЫ НАЛАДКИ ОБОРУДОВАНИЯ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ ОБОРУДОВАНИЯ

### **Тема 25. Основные сведения о наладке**

Понятие «наладка оборудования». Типовые методы наладки. Понятие о наладочном размере. Общие сведения о порядке наладки оборудования.

Причины, влияющие на стабильность и качество наладки.

Рациональная организация рабочего места станочника, оператора станков с ЧПУ, наладчика. Прогрессивные формы труда.

Основные сведения о последовательности наладки оборудования. Ознакомление с технической документацией; подготовка рабочего места; проверка и подготовка оборудования к пуску; подбор, подготовка режущего, вспомогательного и измерительного инструментов и приспособлений; установка, наладка и закрепление режущего инструмента, базирование и закрепление заготовок, наладка приспособлений; установка рабочих органов станка в исходное положение; установка и проверка управляющей программы; пробная обработка первой детали, проверка качества обработки; проверка стабильности и качества наладки; корректирование управляющей программы (для станков с ЧПУ); введение коррекции размеров с помощью устройств ЧПУ; обработка всей партии деталей.

Безопасные приемы работы при наладке оборудования. Затраты времени на его наладку.

## **Тема 26. Контроль качества деталей**

Методы контроля деталей. Контроль деталей на станке. Контроль деталей вне станка. Контрольно-измерительные системы. Контрольно-измерительные машины. Основные конструкции, принцип работы, методика измерения деталей.

## **Тема 27. Основные понятия об эксплуатации оборудования**

Устройство производственных помещений; упаковка и транспортировка оборудования; установка оборудования на фундамент или виброгасящие опоры; испытание станков.

## **Тема 28. Точность обработки**

Погрешности, возникающие при обработке деталей на металлорежущем оборудовании. Точность и стабильность наладки станков.

Погрешности, возникающие на этапах подготовки и преобразования исходной информации, ошибки интерполятора и режима интерполяции, погрешности аппроксимации.

Погрешности системы «станок–приспособление–инструмент–заготовка»:

- погрешности, вносимые приводом подачи рабочих органов станка: статические, динамические и скоростные ошибки привода;

- погрешности установки, базирования и закрепления заготовки;

- погрешности обработки, вызванные неточностью настройки инструмента на размер;

- погрешности обработки, вызываемые неточностью инструмента, его биением и износом, снижение погрешности путем выбора оптимальных режимов резания и применением СОЖ;

- погрешности обработки, возникающие в результате температурных деформаций станка, детали и инструмента;

- систематические и случайные погрешности, вносимые средствами автоматизации.

Статистические методы исследования и контроля точности обработки. Случайные и систематические погрешности. Кривые распределения размеров (кривые Гаусса) и их практическое применение при подналадке станка.

## **Тема 29. Техническое обслуживание и ремонт оборудования**

Основные понятия и определения. Основные правила рациональной эксплуатации оборудования и надзор за их выполнением.

Надежность оборудования и его показатели. Пути и средства повышения долговечности оборудования, сокращение отказов оборудования.

Классификация видов ремонта.



Структура и периодичность технического обслуживания и ремонта оборудования. Продолжительность ремонтного цикла, межремонтных и межосмотровых периодов. Определение ремонтной сложности оборудования. Система планово-предупредительного ремонта. Основная документация по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту оборудования. Диагностирование оборудования. Организация ремонтных работ на предприятии.

### **Тема 30. Система инструментообеспечения**

Основные элементы системы инструментообеспечения:

- планирование потребностей инструмента для полного производственного процесса;
- подготовка (сборка режущего и вспомогательного инструментов согласно ведомости оснастки);
- измерение (настройка инструмента вне станка);
- транспортирование инструмента к металлорежущему оборудованию;
- диагностика рабочего состояния инструмента;
- хранение инструмента.

Классификация устройств, приспособлений и приборов настройки инструмента вне станка. Правило единства баз при установке инструментальных блоков на станке и на приборе.

Приспособления для настройки инструмента вне станка, основные конструкции, методика настройки инструмента.

Механические, оптические и электронные приборы для настройки инструмента вне станка, назначение, принцип действия.

# КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

## Контрольная работа 1

### Задача 1

В соответствии с вариантом задания (табл. 1) выполнить схему, дать описание назначения, принципа работы, примеров применения в станках механизма, передачи и т. п. Для этого требуется:

1. Зарисовать схемы механизма, описать назначение, принцип работы и взаимодействия его частей.
2. Привести не менее двух примеров применения механизма в приводе конкретных моделей станков (кинематические схемы или их фрагменты) и описать их назначение.

Таблица 1

Задание к задаче 1 контрольной работы 1

Вариант	Наименование механизма, передачи и т. п.
1	2
1	Множительные механизмы ступенчатого регулирования привода главного движения
2	Множительные механизмы ступенчатого регулирования привода подач
3	Фрикционные вариаторы
4	Винтовые передачи станков
5	Механизмы малых перемещений
6	Суммирующие механизмы станков
7	Реверсивные механизмы
8	Механизмы обгона
9	Механизмы периодических движений
10	Кулисные механизмы

1	2
11	Реечные передачи
12	Кулачковые механизмы
13	Кривошипно-шатунные механизмы
14	Механизмы обеспечения точности обработки (отсчетные, коррекции, фиксации, компенсации)
15	Объемные насосы гидравлических приводов станков
16	Силовые гидроцилиндры
17	Поворотные гидродвигатели и гидромоторы приводов станков
18	Переливные, предохранительные и редуцирующие клапаны гидравлических приводов станков
19	Множительные механизмы ступенчатого регулирования привода главного движения
20	Множительные механизмы ступенчатого регулирования привода подач
21	Фрикционные вариаторы
22	Винтовые передачи станков
23	Механизмы малых перемещений
24	Суммирующие механизмы станков
25	Реверсивные механизмы
26	Механизмы обгона
27	Механизмы периодических движений
28	Кулисные механизмы
29	Реечные передачи
30	Кулачковые механизмы

### *Задача 2*

Провести кинематический расчет привода главного движения станка в соответствии с вариантом (табл. 2).

## Задание к задаче 2 контрольной работы 1

Вариант	Модель станка	Структурная формула
1	Токарно-затыловочный 1811	$1 \cdot 2_6 \cdot 3_2 \cdot 1 \cdot 2_1 \cdot 1$
2	Вертикально-фрезерный МА655Ф3	$2_6 \cdot 6_1(1 \cdot 1 + 1 \cdot 1)$
3	Токарно-карусельный 1512	$2_1 \cdot 2_4 \cdot 3_2 \cdot 2_6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1$
4	Токарно-винторезный 16К20	$1 \cdot 3_1 \cdot 2_3(2_4 + 2_4 \cdot 1 \cdot 1)$
5	Вертикально-сверлильный 2Н135	$1 \cdot 2_1 \cdot 3_4 \cdot 1 \cdot 2_2$
6	Радиально-сверлильный 2М55	$1 \cdot 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_8$
7	Радиально-сверлильный 2Н55	$1 \cdot 3_2 \cdot 2_4 \cdot 2_1 \cdot 2_9$
8	Горизонтально-расточной 2620В	$3_2(1 \cdot 2_5 + 1 \cdot 1) \cdot 2_1$
9	Горизонтально-расточной 2625	$3_1 \cdot 1(1 \cdot 2_4 + 1 \cdot 1) \cdot 1$
10	Горизонтально-фрезерный 6Р82	$3_4 \cdot 1 \cdot 3_2 \cdot 2_1$
11	Токарно-револьверный 1П365	$1 \cdot 3_4 \cdot 3_2 \cdot 2_1 \cdot 1$
12	Токарно-резьбонарезной 1622	$1 \cdot 2_1 \cdot 3_2 \cdot 2_6 \cdot 1 \cdot 1$
13	Радиально-сверлильный 2М55	$1 \cdot 2_4 \cdot 3_1 \cdot 2_6$
14	Токарный-гидрокопировальный 1713	$1 \cdot 2_1 \cdot 2_2 \cdot 5_1 \cdot 1 \cdot 2_5$
15	Поперечно-строгальный 7Е35	$1 \cdot 4_2 \cdot 2_1 \cdot 1 \cdot 2_8$
16	Вертикально-фрезерный МА655Ф3	$6_1 \cdot 2_4(1 \cdot 1 + 1 \cdot 1)$
17	Вертикально-фрезерный 6Р81	$2_1 \cdot 4_2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (1 + 1 \cdot 1)$
18	Токарно-затыловочный 1811	$1 \cdot 2_4 \cdot 3_2 \cdot 2_1 \cdot 1 \cdot 1$
19	Токарно-карусельный 1512	$2_1 \cdot 3_2 \cdot 2_6 \cdot 2_6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1$
20	Токарно-винторезный 16К20	$1 \cdot 2_1 \cdot 3_4(2_2 + 2_6 \cdot 1 \cdot 1)$
21	Вертикально-сверлильный 2Н135	$1 \cdot 3_2 \cdot 2_5 \cdot 1 \cdot 2_1$
22	Радиально-сверлильный 2М55	$1 \cdot 2_1 \cdot 3_2 \cdot 2_6 \cdot 2_4$
23	Радиально-сверлильный 2Н55	$1 \cdot 3_1 \cdot 2_4 \cdot 2_3 \cdot 2_8$
24	Горизонтально-расточной 2620В	$2_3(1 \cdot 2_4 + 1 \cdot 1) \cdot 3_1$
25	Горизонтально-расточной 2625	$1 \cdot 3_1 \cdot 2_3(1 \cdot 2_4 + 1 \cdot 1) \cdot 1$
26	Горизонтально-фрезерный 6Р82	$1 \cdot 2_8 \cdot 3_2 \cdot 3_1$
27	Токарный-гидрокопировальный 1713	$1 \cdot 2_1 \cdot 2_4 \cdot 5_1 \cdot 1 \cdot 2_2$
28	Токарный-гидрокопировальный 1713	$1 \cdot 2_3 \cdot 2_4 \cdot 5_1 \cdot 1 \cdot 2_1$
29	Вертикально-фрезерный МА655Ф3	$2_1 \cdot 6_2(1 \cdot 1 + 1 \cdot 1)$
30	Токарно-карусельный 1512	$2_2 \cdot 2_4 \cdot 2_1 \cdot 2_6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1$

Задача выполняется в следующей последовательности:

1. Вычертить кинематическую схему цепи главного движения станка (табл. 1) или вклеить ксерокопию кинематической схемы станка.

2. Найти число ступеней привода главного движения и частоту вращения шпинделя (конечного вращающегося звена цепи) на каждой ступени от  $n_{\min}$  до  $n_{\max}$ .

3. Определить диапазон регулирования, знаменатель геометрического ряда  $\phi$  и относительную потерю скорости при переходе от  $n_z$  к  $n_{z-1}$ . Знаменатель геометрического ряда  $\phi$  округлить до стандартного значения.

4. Рассчитать характеристики всех групп передач и записать структурную формулу.

5. По представленным в виде  $i = \phi^{\pm m}$  передаточным отношениям построить график частот привода, на графике указать частоту вращения электродвигателя и обозначить все передаточные отношения через числа зубьев зубчатых колес.

В кинематику привода главного движения станка вносятся изменения. Характер изменений представлен в табл. 2. Далее, с учетом изменений, работа выполняется в следующем порядке.

6. Проверить по формуле  $\phi \leq^{(P-1)X_{\max}} \sqrt[8]{}$  пригодность значения  $\phi$ . При необходимости уменьшить значение  $\phi$ . Построить структурную сетку.

7. По заданной кинематикой станка частоте вращения электродвигателя и минимальной частоте вращения шпинделя определить передаточные отношения всех передач, учитывая, что  $0,25 \leq i \leq 2$ .

8. Рассчитать числа зубьев зубчатых передач и, при необходимости, диаметры шкивов ременных передач. Сумма зубьев зубчатых колес передачи не должна превышать 120.

9. Записать уравнение кинематического баланса и рассчитать все частоты вращения шпинделя, округлить их до стандартных значений.

10. Построить график частот привода, учитывающий внесенные в него изменения.

## Контрольная работа 2

### Задача 1

Ознакомиться с устройством, кинематикой и настройкой металлорежущего станка, для чего выполнить следующие действия.

1. Описать назначение станка, привести техническую характеристику и компоновочную схему станка (табл. 3).

2. Изобразить кинематическую схему (или вклеить ксерокопию) станка. Рассмотреть виды движения и передачу их к рабочим органам станка.

3. Записать расчетные перемещения конечных звеньев цепей станка и уравнения кинематического баланса. Для всех цепей вывести формулы настройки.

4. Рассчитать передаточные отношения цепей и подобрать гитары зубчатых колес, зацепления зубчатых колес коробки скоростей и подач, числа зубьев храпового механизма и т. д. (в зависимости от типа станка) для заданных режимов резания. Частота вращения шпинделя, число двойных ходов, скорость главного поступательного перемещения, подачи задаются самим студентом.

Таблица 3

Задание к задаче 1 контрольной работы 2

Вариант	Модель станка
1	2
1	Токарно-винторезный 16К20
2	Токарно-револьверный 1К341
3	Вертикально-сверлильный 2Н135
4	Горизонтально-расточной 2625

1	2
5	Горизонтально-расточной 2620В
6	Продольно-строгальный 7212
7	Горизонтально-фрезерный 6Р82
8	Токарный многорезцовый 1Н713
9	Токарно-копировальный 1713
10	Токарно-карусельный 1512
11	Вертикально-сверлильный 2Н118
12	Радиально-сверлильный 2М55
13	Поперечно-строгальный 7Е35
14	Вертикально-фрезерный 6Р12
15	Токарно-затыловочный 1811
16	Токарно-резьбонарезной 1622
17	Токарно-револьверный 1П365
18	Широкоуниверсальный фрезерный 6Р82Ш
19	Вертикально-сверлильный 2Н150
20	Токарно-винторезный 16К20
21	Токарно-револьверный 1К341
22	Вертикально-сверлильный 2Н135
23	Горизонтально-расточной 2625
24	Горизонтально-расточной 2620В
25	Продольно-строгальный 7212
26	Горизонтально-фрезерный 6Р82
27	Токарный многорезцовый 1Н713
28	Токарно-копировальный 1713
29	Токарно-карусельный 1512
30	Вертикально-сверлильный 2Н118

### ***Задача 2***

В соответствии с вариантом контрольного задания произвести настройку зуборезного станка (зубодолбежного или зубофрезерного) для профилирования зубьев зубчатого колеса. Данные для расчета взять из табл. 4 и 5.

Таблица 4

Данные для настройки зубодолбежного станка 5В12

Вариант	Параметры нарезаемого колеса			Число зубьев долбяка $z_d$	Режимы резания	
	Модуль $m$ , мм	Число зубьев $z$	Ширина венца $b$ , мм		Скорость резания $V$ , м/мин	Круговая подача $S_k$ , мм/дв. ход
1	3	31	15	25	20	0,4
2	2,5	45	18	30	18	0,4
3	3	49	20	25	14	0,32
4	3,5	52	18	25	22	0,35
5	4	61	15	25	19	0,36
6	2	65	15	38	24	0,45
7	2	78	30	38	24	0,45
8	2	81	25	38	23	0,22
9	2	85	30	38	20	0,22
10	2	25	20	38	21	0,23
11	2,5	40	15	30	22	0,23
12	2,5	35	25	30	23	0,24
13	2	90	20	38	24	0,24
14	2	95	25	38	24	0,25
15	2	104	30	38	25	0,25

Таблица 5

Данные для настройки зубофрезерного станка 5В312

Вариант	Параметры нарезаемого колеса					Параметры червячной фрезы			Режимы резания	
	Модуль нормальный $m_n$ , мм	Число зубьев $z$	Угол наклона линии зуба $\beta$ , град	Направление зуба	Длина зуба, мм	Направление винтовой линии	Угол подъема витков $\gamma$ , градус	Диаметр, мм	Скорость резания $V$ , м/мин	Подача $S_b$ , мм/мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16	1,5	115	10	Правое	40	Правое	1°23'	63	24	4,15
17	2,5	97	11	Левое	32	Левое	1°48'	70	21	3,30



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
18	2,0	96	12	Правое	35	Правое	1°48'	70	21	2,60
19	2,0	95	13	Левое	40	Левое	1°48'	70	20	2,45
20	2,5	87	14	Правое	25	Правое	1°59'	80	18	2,90
21	3,0	84	15	Левое	20	Левое	2°08'	90	16	2,90
22	3,0	85	10	Правое	32	Правое	2°08'	90	36	3,00
23	3,0	77	11	Левое	40	Левое	2°08'	90	38	2,80
24	4,0	56	12	Правое	35	Правое	2°36'	100	36	2,90
25	3,0	26	11	Правое	30	Правое	2°08'	90	32	3,70
26	3,0	82	13	Левое	30	Левое	2°08'	90	20	3,90
27	2,5	108	13	Правое	35	Правое	1°59'	80	22	2,90
28	3,0	92	12	Левое	40	Левое	2°08'	90	36	2,80
29	4,0	65	11	Правое	32	Правое	2°36'	100	42	3,60
30	5,0	52	12	Левое	25	Левое	2°57'	112	22	4,00

*Примечание.* Число заходов фрезы  $k = 1$ .

В контрольной работе для настройки зубодолбежного станка модели 5В12 необходимо:

1. Выполнить упрощенный эскиз заданного зубчатого колеса, проставить нужные его размеры.

2. Выполнить схему обработки, стрелками указать направление движений долбяка и обрабатываемой заготовки при зубодолблении.

3. Вычертить структурную схему станка, показать формообразующие движения, необходимые для нарезания прямозубого колеса наружного зацепления.

Записать расчетные перемещения конечных звеньев цепей, участвующих в передаче движения.

4. Пользуясь кинематической схемой станка, записать уравнения кинематического баланса цепей и вывести формулы настройки цепей главного движения, деления (обката), круговой и радиальной подач.

5. Произвести расчеты по настройке цепей:

а) определить число двойных ходов долбяка и принять ближайшее значение по технической характеристике станка. За

действительное число двойных ходов принимают ближайшее значение: 200, 315, 425 или 600;

б) подобрать сменные колеса гитары деления из набора (49 штук): 24, 25, 27, 28, 31, 34, 36, 38, 40, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 52, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 92, 94, 95, 96 и 98 зубьев. Сменные колеса гитары проверяют на сцепляемость по условию:

$$a + b = 120,$$

$$c + d > 86,$$

$$c + d > b + 22,$$

$$c < 98;$$

в) подобрать сменные колеса гитары круговых подач из набора: 35, 40, 46, 52, 58, 64, 70, 75 при условии, что сумма зубьев колес гитары равна 110.

г) выбрать кулачок для цепи радиальных подач и записать уравнение кинематического баланса для выбранного кулачка. Однопроходной кулачок на станке устанавливается при нарезании зубчатых колес из мягкой стали, имеющих модуль до 2 мм. Двухпроходной и трехпроходной кулачки применяются при нарезании зубчатых колес с модулем до 4 мм из стали средней твердости и твердых сталей, а также для получения повышенной точности профиля нарезаемых зубьев.

В контрольной работе для *настройки зубофрезерного станка модели 5В312* необходимо:

1. Выполнить упрощенный эскиз заданного зубчатого колеса, проставить нужные его размеры.

2. Выполнить схему установки фрезы и заготовки, стрелками показать направление рабочих движений червячной фрезы и обрабатываемой заготовки при зубофрезеровании, рассчитать угол полворота фрезы относительно заготовки.

3. Изобразить структурную схему станка, записать расчетные перемещения конечных звеньев цепей, участвующих в передаче движения.

4. Пользуясь кинематической схемой станка, записать уравнения кинематического баланса цепей и вывести формулы настройки цепей главного движения, деления (обката), подачи и дифференциала.

5. Произвести настройку цепей:

а) подобрать диаметры шкивов ременной передачи цепи главного движения.

Возможные варианты ступеней приведены в табл. 6.

Таблица 6

Параметры цепи главного движения

№ ступени	Частота вращения фрезы, мин <sup>-1</sup>	Диаметры шкивов, мм	
		А	Б
1	100	90	325
2	125	112	325
3	160	143	325
4	200	143	255
5	250	180	255
6	315	226	255
7	400	255	226
8	500	255	180

б) рассчитать гитары деления, подач и дифференциала.

Зубчатые колеса гитар выбираются из комплекта, состоящего из колес со следующим числом зубьев: 24, 25, 27, 30, 32, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 43, 45, 47, 48 (2 шт.), 49, 50, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 79, 82, 83, 85, 86, 87, 89, 91, 94, 95, 97, 98.

Условие сцепляемости зубчатых колес гитары деления:

$$a + b = 96;$$

$$c + d \geq b + 26.$$

Условие сцепляемости колес гитары подач:

$$a_1 + b_1 = 96;$$

$$c_1 + d_1 = 120.$$

Гитару дифференциала проверяют на сцепляемость

$$a_2 + b_2 + c_2 + d_2 > 225,$$

$$a_2 + b_2 > 105,$$

$$a_2 + b_2 > c_2 + 26,$$

$$c_2 + d_2 = 95 \dots 180,$$

$$c_2 + d_2 > b_2 + 26.$$

Гитару дифференциала подобрать с точностью до 0,001.

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная литература

1. Альперович, Т. А. Наладка шлифовальных станков / Т. А. Альперович, Л. Е. Константинов, А. Я. Шапиро. – М. : Высшая школа, 1989. – 288 с.

2. Власов, С. Н. Устройство, наладка и обслуживание металлообрабатывающих станков и автоматических линий / С. Н. Власов, Г. М. Годович, Б. И. Черпаков. – М. : Машиностроение, 1995. – 324 с.

3. Грачев, Л. М. Конструкция и наладка станков с программным управлением и роботизированных комплексов / Л. М. Грачев, В. Л. Косовский. – М. : Высшая школа, 1986. – 286 с.

4. Камышенный, И. И. Конструкция и наладка токарных автоматов и полуавтоматов / И. И. Камышенный, В. С. Стародубов. – М. : Высшая школа, 1983. – 324 с.

5. Кочергин, А. И. Автоматы и автоматические линии : учебное пособие для втузов / А. И. Кочергин. – Минск : Вышэйшая школа, 1980. – 288 с.

6. Кочергин, А. И. Металлообрабатывающие станки, линии и инструменты : учебное пособие для втузов / А. И. Кочергин, М. Ю. Пикус, В. И. Шагун ; под ред. П. И. Ящерицина. – М. : Высшая школа, 1979. – 576 с.

7. Металлорежущие станки и автоматы : учеб. для машиностроительных втузов / А. С. Проников [и др.] ; под ред. А. С. Проникова. – М. : Машиностроение, 1981. – 480 с.

8. Металлорежущие станки : учеб. для вузов / В. Д. Ефремов [и др.] ; под общ. ред. П. И. Ящерицына. – 4-е изд. – М. : Глобус, 2005. – 558 с.

9. Металлорежущие станки : учеб. : в 2 т. / редкол. : В. В. Бушуев (ред.) [и др.]. – М. : Машиностроение, 2011. – Т. 2.

10. Металлорежущие станки : учеб. для машиностроительных вузов / В. Э. Пуш [и др.] ; под ред. В. Э. Пуша. – М. : Машиностроение, 1986. – 571 с.

11. Металлорежущие станки : учебное пособие для вузов / Н. С. Колев [и др.]. – 2-е изд. – М. : Машиностроение, 1980. – 500 с.

12. Чернов, Н. Н. Технологическое оборудование (металлорежущие станки) : учебное пособие / Н. Н. Чернов. – Ростов-н/Д : Феникс, 2009. – 493 с.

13. Шейнгольд, Е. М. Технология ремонта и монтажа промышленного оборудования / Е. М. Шейнгольд, Л. Н. Нечаев. – Л. : Машиностроение, 1973. – 236 с.

### **Дополнительная литература**

1. Каштальян, И. А. Обработка на станках с числовым программным управлением / И. А. Каштальян, В. И. Клевзович. – Минск : Вышэйшая школа, 1989. – 272 с.

2. Локтева, С. Е. Станки с программным управлением и промышленные роботы : учеб. для машиностроительных техникумов / С. Е. Локтева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 320 с.

3. Марголит, Р. Б. Наладка станков с программным управлением : учебное пособие для машиностроительных техникумов / Р. Б. Марголит. – М. : Машиностроение, 1983. – 253 с.

4. Металлорежущие системы машиностроительных производств : учебное пособие для студентов технических вузов / О. В. Таратынов [и др.] ; под ред. Г. Г. Земскова, О. В. Таратынова. – М. : Высшая школа, 1988. – 464 с.

5. Кузнецов, Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ : справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1990. – 512 с.

6. Пекелис, Г. Д. Технология ремонта металлорежущих станков / Г. Д. Пекелис, Б. Т. Гельберг. – Л. : Машиностроение, 1984. – 237 с.

7. Сергиевский, Л. В. Пособие наладчика станков с ЧПУ / Л. В. Сергиевский, В. В. Русланов. – М. : Машиностроение, 1991. – 176 с.

8. Смирнов, Ю. А. Неисправности гидроприводов станков / Ю. А. Смирнов, В. С. Волков. – М. : Машиностроение, 1980. – 184 с.

9. Типовая система технологического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования / Минстанкопром СССР : ЭНИМС. – М. : Машиностроение, 1988. – 466 с.

10. Ящерицын, П. И. Металлорежущие станки : учеб. для вузов / П. И. Ящерицын, В. Д. Ефремов ; под ред. А. И. Кочергина. – Минск : БГАТУ, 2001. – 446 с.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	3
СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ .....	18
ЛИТЕРАТУРА .....	29



Учебное издание

**ДАНИЛЬЧИК** Сергей Сергеевич

**МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ**

Программно-методический комплекс  
для студентов заочной формы получения образования  
по направлению специальности 1-08 01 01-01  
«Профессиональное обучение (машиностроение)»

Редактор *Т. А. Зезюльчик*

Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 08.04.2014. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,45. Тираж 100. Заказ 716.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.