



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ПГУ»)

«Утверждаю»  
Председатель приемной комиссии,  
Ректор ПГУ  А.Д. Гуляков  
31 октября 2023 г.



## ПРОГРАММА

вступительного испытания для поступающих на обучение по  
программам подготовки научно-педагогических кадров в  
аспирантуре

### 2.5 Машиностроение

#### 2.5.6 Технология машиностроения

Составитель  
д-р тех. наук, профессор  
А.Е. Зверовщиков

Пенза, ПГУ 2023

## **1 НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ**

### **1.1 Основные этапы развития технологии машиностроения**

Задачи и основные направления развития машиностроения. Предмет технологии машиностроения. Технология машиностроения как наука. Основные этапы развития технологии машиностроения. Роль отечественных ученых и инженеров в формировании и развитии технологии машиностроения. Направления дальнейшего развития технологии машиностроения.

### **1.2 Понятия и определения технологии машиностроения**

Машина как объект производства. Изделия, детали, узлы, группы, подгруппы и другие сборочные единицы, служебное назначение изделий. Качество изделий. Производственный и технологический процессы. Классификация технологических процессов (по ЕСТПП): проектный, рабочий, единичный, типовой, стандартный, временный, перспективный, маршрутный, операционный, маршрутно-операционный. Технологическая операция. Рабочее место. Элементы технологической операции: установ, технологический переход, вспомогательный переход, рабочий ход, вспомогательный ход, позиция. Необходимость сочетания в технологическом процессе технического (обеспечение заданного качества изделий) и экономического (наивысшая производительность при полном использовании орудий труда и наименьших затратах) принципов. Трудоемкость и станкоемкость. Норма времени и норма выработки. Программа выпуска изделий. Объем серии изделий. Производственная и операционная партии. Объем выпуска изделий. Характеристики технологического процесса: цикл технологической операции, такт и ритм выпуска. Производственный цикл. Типы машиностроительных производств: единичное, серийное, массовое и их технологическая характеристика. Поточная и непоточная формы организация производства. Групповая организация производства. Специализация и кооперирование производства. Производительность труда, себестоимость изделий и операций.

### **1.3 Базирование деталей и заготовок**

Установка заготовок на станках и в приспособлениях. Теоретические основы определения положения твердого тела в пространстве. Понятие о базировании и базах, комплекте баз, опорной точке. Классификация баз. Определенность и неопределенность базирования. Средства и порядок закрепления детали и заготовки. Смена баз. Подготовка смены баз. Методика построения технологических размерных цепей, возникающих при смене баз. Расчет погрешности при различных схемах установки заготовок. Принцип единства и постоянства баз. Основы выбора технологических и измерительных баз. Роль и значение первой операции. Принципы выбора баз и последовательности обработки заготовок. Рекомендации по выбору баз.

### **1.4 Построение, расчет и анализ технологических размерных цепей**

Виды технологических размерных цепей (Р.Ц.). Методика построения технологических Р.Ц. Основные положения и зависимости для расчета технологических Р.Ц. Области применения, преимущества и недостатки расчета технологических размерных цепей методами полной, неполной и групповой взаимозаменяемости, пригонки и регулирования. Методика расчета технологических линейных и угловых Р.Ц. Размерный анализ технологических процессов. Методика расчета технологических размерных цепей с помощью теории графов.

### **1.5 Закономерности и связи при проектировании и создании машины. Качество изделий**

Показатели качества изделий. Три вида показателей качества: расчетные, действительные, измеренные. Показатели качества деталей. Показатели качества деталей: точность размеров, расположения поверхностей, геометрической формы поверхностей (включая их макро- микрогеометрию и волнистость). Взаимосвязь показателей качества детали. Показатели качества машины: точность, надежность, коэффициент полезного действия, легкость управления, степень автоматизации. Отклонения характеристик качества изделий от требуемых значений. Систематические и случайные погрешности. Расчетно-аналитический и статистический методы анализа погрешностей.

### **1.6 Статистические методы исследования качества изделий**

Рассеивание параметров качества изделий. Факторы, порождающие рассеивание. Точечные диаграммы. Производственные погрешности. Задачи, решаемые на основе изучения статистических характеристик рассеивания. Величина поля рассеивания. Законы распределения. Методика построения гистограмм и теоретических кривых распределения. Коэффициент и процент риска. Степень взаимозаменяемости. Математические характеристики распределения. Закон Гаусса и характеристики рассеивания. Влияние действия доминирующих факторов на качество изделий. Доминирующие факторы: случайные, постоянные, равномерно изменяющиеся во времени, имеющие постоянный и переменный характер изменения и др. Распределение характеристик качества при одновременном воздействии случайных и переменных систематических погрешностей. Расчет производственной погрешности. Методика и задачи статистического анализа технологических процессов. Области применения статистических методов исследования технологических процессов. Метод точечных диаграмм.



## 1.7 Формирование качества деталей при механической обработке на металлорежущих станках

Включение заготовки при обработке в размерные и кинематические цепи технологической системы "станок-приспособление-инструмент-заготовка". Три этапа достижения точности: установка заготовки, настройка технологической системы, обработка заготовки. Причины возникновения погрешностей по выдерживаемым параметрам качества обрабатываемой заготовки на каждом этапе. Производственные погрешности как сумма погрешностей технологической системы и погрешности, вызываемые сменой баз. Погрешность установки как сумма погрешностей базирования, закрепления и положения. Погрешность закрепления: сущность, принципы расчета; влияние контактных деформаций в стыках на погрешность закрепления; повторные нагружения, пути уменьшения погрешности закрепления. Погрешности положения заготовки: факторы, определяющие погрешность положения и пути ее уменьшения. Погрешность статической настройки технологической системы: определение рабочего настроечного размера и размера статической настройки при изготовлении одной детали и партии деталей. Настройка с требуемой точностью на обработку партии заготовок. Методы базирования приспособлений и режущего инструмента на станках. Методы статической настройки размерных и кинематических цепей технологической системы. Использование эталонов, "габаритов", мерных длин, лимбов, линеек, и т.д. Настройка инструментов вне станка. Погрешности, возникающие при обработке заготовки. Жесткость технологической системы. Податливость. Лабораторные и производственные методы измерения жесткости на станке. Измерение жесткости технологической системы: жесткости технологической системы: статические и динамические методы; лабораторные и производственные методы. Влияние жесткости технологической системы на точность формы обрабатываемых заготовок. Влияние жесткости на точность размеров деталей, обработанных на настроенных станках. Закон копирования погрешностей. Влияние жесткости технологической системы на производительность обработки. Основные пути повышения жесткости технологической системы. Факторы, влияющие на величину производственной погрешности при обработке заготовки на станке:

- 1) качество материала обрабатываемых заготовок; влияние колебания физико-механических свойств материала на силы резания и на точность обработки; величина и колебание припусков на обработку; основные мероприятия для сокращения погрешности обработки;
- 2) вибрации и их влияние на величину погрешности обработки; вынужденные колебания и автоколебания. Меры предотвращения и сокращения вибраций;
- 3) тепловые деформации технологической системы. Стационарное и нестационарное ее состояние. Источники тепловыделения и тепловой баланс. Влияние теплообразования на точность обработки на универсальных и настроенных станках. Тепловые деформации заготовок; методика расчета, пути сокращения, тепловые деформации режущих инструментов: расчет, мероприятия по уменьшению влияния на точность обработки;
- 4) погрешности обработки, вызываемые износом режущего инструмента. Расчет линейного износа различных инструментов;
- 5) остаточные напряжения и их влияние на качество обработанных деталей. Классификация технологических остаточных напряжений. Методы борьбы с остаточными напряжениями. Настройка станков на размер по пробным заготовкам. Погрешности настройки. Приемы ручной настройки и поднастройки "малыми импульсами". Контроль точности настройки: путем измерения пробных заготовок универсальным инструментом; путем измерения пробных заготовок калибром с суженным допуском по знакам отклонения. Прогрессивные методы настройки и поднастройки станков на размер: автоматическая поднастройка с помощью подналадчиков; самоподнастраивающиеся станки; адаптивные системы.

## 1.8 Расчет производственных погрешностей

Анализ влияния погрешностей установки заготовки и настройки станка на размер, погрешностей, возникающих при обработке заготовки на станке и погрешностей, вызываемых сменой баз и геометрическими погрешностями станка и технологической оснастки, на точность размеров, расположения и формы поверхностей обработанной детали. Методика расчета производственных погрешностей при работе на настроенных станках (по методу автоматического получения размеров), правила суммирования частных погрешностей.

## 1.9 Качество поверхности и технологические методы повышения надежности деталей машин

Понятие о качестве поверхности. Значение качества поверхностей деталей машин. Критерии и классификация шероховатости поверхностей. Причины возникновения неровностей поверхности. Параметры и определения. Способы оценки параметров шероховатости поверхностей. Шероховатость поверхности, остаточные напряжения, физико-механическое состояние металла поверхностного слоя и его микроструктура. Влияние способов и режима механической обработки резанием, состав и структура обрабатываемого материала, смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), геометрии режущего инструмента, состояния станка и инструмента, вибраций технологической системы на шероховатость поверхности. Физическая сущность деформационного упрочнения металла. Характеристики физико-механических свойств поверхностного слоя и их изменения под влиянием режима механической обработки. Влияние технологии обработки на изменение микроструктуры металла поверхностного слоя. Механизм образования остаточных напряжений в поверхностном слое и влияние способов и режима механической обработки на величину, знак и глубину распространения остаточных напряжений. Влияние шероховатости, остаточных напряжений и отдельных характеристик состояния поверхностного слоя металла на основные эксплуатационные свойства деталей машин (износостойкость, сохранение точности, усталостная прочность, коррозионная стойкость, магнитные свойства и др.). Неоднородность



свойств поверхностного слоя и нестабильность сроков службы поверхностей деталей. Задача повышения надежности машины путем технологического воздействия на рабочие поверхности деталей. Задача формирования параметров шероховатости и состояния поверхностного слоя деталей машин, соответствующих различным эксплуатационным условиям. Технологическая наследственность. Назначение способов и режимов механической обработки резанием, обеспечивающих требуемые эксплуатационные качества деталей машин. Применение методов поверхностного пластического деформирования (ППД). Термическая и термохимическая обработка с целью повышения износостойкости поверхностных слоев. Металлические и неметаллические покрытия.

#### **1.10 Виды заготовок деталей машин. Припуски на обработку**

Заготовки из проката. Кованные и штампованные заготовки. Технологические требования к конструкциям штампованных заготовок. Литые заготовки. Основные правила простановки размеров на литых заготовках. Расчет линейных и угловых размеров заготовок деталей машин и параметров точности. Комбинированные методы получения заготовок. Металлокерамические заготовки. Техничко-экономическое обоснование выбора вида и метода получения заготовки. Понятия о припусках на механическую обработку. Общие, операционные и промежуточные припуски. Опытно-статистический и расчетно-аналитический методы определения припусков. Понятие о напусках. Методы обработки заготовок.

#### **1.11 Производительность и экономичность технологических процессов**

Производительность и себестоимость обработки. Пути снижения себестоимости изделий. Основы технического нормирования: расчетно-аналитический метод технического нормирования, опытнo-статистический метод определения нормы времени, метод сравнения и расчета нормы времени по укрупненным типовым нормативам. Нормирование многостаночных работ. Расчет норм времени для различных методов обработки. Методы расчета экономичности вариантов технологических процессов.

#### **1.12 Технологичность конструкций машин**

Общие понятия о технологичности конструкций изделий. Общие правила и методика отработки конструкций на технологичность. Показатели технологичности конструкций.

#### **1.13 Последовательность разработки технологического процесса**

1) Анализ исходной информации для проектирования технологического процесса.

Изучение служебного назначения, рабочих чертежей и норм точности. Качественный и количественный анализ соответствия норм точности служебному назначению детали. Изучение программы выпуска. Определение типа производства и выбор формы организации технологического процесса.

2) Выбор технологического процесса получения исходной заготовки

Разработка технических условий на исходную заготовку, выбор технологического процесса ее получения, назначение допусков на изготовление заготовки. Оформление чертежа заготовки.

3) Основные этапы проектирования единичного технологического процесса изготовления детали. Выбор технологических баз для получения большинства поверхностей детали. Правила и исключения. Координатный и цепной методы достижения точности. Перерасчет допусков. Выбор технологических баз для обработки заготовки на первой операции. Роль первой операции в технологическом процессе изготовления детали.

Определение количества переходов по обработке поверхностей детали и выбор оборудования. Понятие о передаточном отношении технологической системы.

4) Разработка мероприятий по обеспечению требуемых свойств материала деталей. Обоснование последовательности обработки поверхностей заготовки. Компоновка переходов в операции. Выбор структуры операции. Выявление технологических размерных цепей. Расчет припусков, межпереходных размеров и допусков.

5) Обоснование выбора режимов обработки, средств для обеспечения требуемого качества детали и производительности операции. Нормирование. Определение экономической эффективности технологического процесса. Оформление технологической документации.

#### **1.14 Типовые и групповые технологические процессы**

Понятие типизации технологических процессов. Разработка типовой технологии на основе создания детали-представителя. Классификация деталей. Сущность групповой обработки заготовок. Основные принципы создания групп. Понятие о комплексной заготовке. Последовательность проектирования групповой обработки. Модульная технология.

#### **1.15 Характеристика технологических процессов массового производства**

Особенности технологических процессов массового производства. Проектирования технологических процессов обработки заготовок на автоматических линиях. Режимные параметры обработки деталей на автоматических линиях. Обеспечение качества и производительности обработки. Автоматизация транспортирования деталей.

#### **1.16 Разработка технологических процессов механической обработки на станках с числовым программным управлением (ЧПУ)**

Область применения и технологические возможности станков с программным управлением. Технологическая



подготовка обработки заготовок на станках с ЧПУ. Отбор номенклатуры и классификация заготовок. Проектирование технологических процессов механической обработки заготовок на станках с ЧПУ. Особенности построения технологии обработки на многоцелевых станках и гибких производственных системах.

## **1.17 Технология производства типовых деталей и соединений машин**

### **1.17.1 Технология изготовления валов**

Конструктивно-технологические разновидности валов. Технические требования на изготовление. Материалы и виды исходных заготовок. Технологические базы. Технологический маршрут, основные этапы и специфика механической обработки валов в единичном и серийном производствах на станках обычного типа и с программным управлением, а также в автоматизированном производстве. Характеристики методов точения по точности, производительности и экономичности. Характеристика методов нарезания шлицев, шпоночных пазов, резьб. Шлифование валов. Применяемые методы отделочной и упрочняющей обработки. Технологический маршрут и основные этапы механической обработки валов в крупносерийном и поточно-массовом производствах. Особенности обработки коленчатых валов, распределителей, шпинделей и ходовых винтов.

### **1.17.2 Обработка втулок и дисков**

Конструктивные разновидности деталей и основные технологические задачи при их изготовлении. Технологичность конструкции. Технические требования. Материалы и исходные заготовки. Способы обеспечения соосности поверхностей вращения и технологические базы. Технологические маршруты обработки для различных типов производства. Способы выполнения основных операций и оборудование. Обработка деталей на станках с программным управлением. Групповая обработка втулок и дисков. Методы контроля.

### **1.17.3 Технология изготовления деталей зубчатых передач**

Служебное назначение, конструктивные разновидности зубчатых колес и технические требования, предъявляемые к ним. Технологичность конструкции. Материал и методы получения исходных заготовок. Термическая обработка зубчатых колес. Типовой технологический маршрут механической обработки. Выбор технологических баз при изготовлении зубчатых колес. Методы нарезания зубьев цилиндрических зубчатых колес. Нарезание шевронных колес. Методы отделки зубьев цилиндрических колес. Нарезание зубьев конических зубчатых колес. Особенности изготовления червячных колес. Обработка деталей зубчатых передач на станках с ЧПУ. Контроль точности зубчатых колес.

### **1.17.4 Изготовление рычагов, вилок и шатунов**

Основные конструктивные разновидности деталей, их служебное назначение и требования к технологичности конструкции. Материалы и исходные заготовки рычагов и шатунов. Технические требования и задачи, возникающие при изготовлении деталей данного типа. Особые требования к массе и расположению центра тяжести. Маршрут и основные операции обработки рычагов и шатунов в мелкосерийном и массовом производствах. Построение и методы выполнения основных операций. Применяемое оборудование и оснастка. Методы и средства контроля рычагов в различных производственных условиях.

### **1.17.5 Технология изготовления корпусных деталей**

Служебное назначение, конструктивные особенности корпусных деталей (корпуса передних бабок и станины металлорежущих станков, корпуса и крышки редукторов и т.д.) и технические требования на их изготовление. Материал и методы получения исходных заготовок. Типовой технологический маршрут изготовления корпусных деталей. Обоснование выбора технологических баз для обработки большинства поверхностей детали. Задачи, решаемые при выборе технологических баз на первой операции. Методы обработки плоских поверхностей корпусных деталей и применяемое станочное оборудование при различной серийности производства. Методы обработки главных и мелких, резьбовых отверстий. Применяемое оборудование и режущий инструмент. Методы отделки плоских поверхностей и главных отверстий. Обработка корпусных деталей на станках с программным управлением. Особенности изготовления корпусных деталей в гибком автоматизированном производстве. Контроль корпусных деталей по различным параметрам точности. Автоматизированный контроль корпусов.

### **1.17.6 Сборка машины и ее сборочных единиц**

Служебное назначение машины, анализ технических требований. Соответствие технических требований служебному назначению. Задачи достижения требуемой точности машины. Выявление и расчет конструкторских и технологических цепей. Разработка схемы сборки. Выбор организационной формы технологического процесса сборки. Определение числа рабочих - сборщиков. Циклограмма сборки. Выбор средств механизации и автоматизации технологического процесса сборки. Объединение сборочных переходов в операции. Планировка сборочного участка.

Особенности достижения требуемой точности при сборке типовых узлов машин. Монтаж валов на опорах скольжения. Уменьшение осевого и радиального биения валов на опорах скольжения. Монтаж валов на опорах качения. Уменьшение осевого и радиального биения. Обеспечение заданного натяга в опорах качения. Достижение требуемой точности положения вала относительно основных баз корпусной детали. Сборка цилиндрических зубчатых передач. Технические требования, методы достижения точности зацепления зубчатых колес. Контроль качества зацепления зубчатых колес. Сборка конических зубчатых передач. Технические требования. Методы достижения точности при монтаже конических



колес. Сборка червячных передач. Технические требования, методы достижения точности при монтаже передач. Контроль качества зацепления.

Автоматизация сборочных операций. Сущность процесса автоматического соединения деталей. Технологичность сборочной единицы и деталей при автоматической сборке. Выявление условий собираемости деталей при автоматической сборке. Методы достижения точности и режимы сборочного процесса. Автоматизация технологического процесса сборки с использованием автоматических сборочных машин и промышленных роботов.

## 2 ЛИТЕРАТУРА

### 2.1 Основная

- 1 Балакшин В.С. Основы технологии машиностроения. Учебник. М.: Машиностроение, 1969. - 550с.
- 2 Колесов И.М. Основы технологии машиностроения. Учебник. – М.: Машиностроение, 2000. – 684 с.
- 3 Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник / А.А.Маталин. - 3-е изд., стереотип. - СПб.: Лань, 2010. - 512 с.
- 4 Основы технологии машиностроения. Учебник// Кован В.М., Корсаков В.С., Косилова А.Г. и др. под ред. Корсакова В.С. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М: Машиностроение, 1977. - 416с.
- 5 Проектирование технологии автоматизированного машиностроения : Учеб. для студентов машиностроит. специальностей вузов / [И. М. Баранчукова, А. А. Гусев, Ю. Б. Крамаренко и др.]; Под ред. Ю. М. Соломенцева. - 2. изд., испр. - М. : Высш. шк., 1999. - 415с.
- 6 Суслов А.Г. Технология машиностроения. Учебник. –М.: Машиностроение, 2007. – 430 с.
- 7 Технология машиностроения (специальная часть). А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 480с.
- 8 Технология машиностроения: В 2т. Т.2. Производство машин: Учебник для вузов // Под ред. Г.Н. Мельникова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 640 с.
- 9 Технология машиностроения: В 2-х томах. Т. 1. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов / Под ред. А.М. Дальского. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. – 564 с.

### Дополнительная

- 1 Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2001. – 368с.
- 2 Замятин В.К. Технология и оснащение сборочного производства машино-приборостроения: Справочник. – М.: Машиностроение, 1995. – 608с.
- 3 Матвеев В.В. Размерный анализ технологических процессов./ Матвеев В.В., Тверской М.М. и др. – М.: Машиностроение, 1972. - 263с.
- 4 Машиностроение. Энциклопедия. Т. III-3: Технология изготовления деталей машин /А.М. Дальский, А.Г. Суслов, Ю.Ф. Назаров и др.; Под общ. ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение. 2000.– 840с.
- 5 Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др.-М.: Машиностроение. Технология изготовления деталей машин Т. III-3 / А.М. Дальский, А.Г. Суслов, Ю.Ф. Назаров и др.; Под общ. ред. А.Г. Суслова. 2000. - 840 с.
- 6 Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Технология сборки в машиностроении. Т. III-5 / А.А. Гусев, В.В. Павлов, А.Г. Андреев и др.; Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. - 2006. - 640 с.
- 7 Михайлов А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2009 - 346с.
- 8 Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1980. – 592с.
- 9 Скрябин В.А. Размерный анализ технологических процессов в автоматизированном производстве / В.А. Скрябин, В.О. Соколов, А.Г. Схиртладзе и др. – Старый Оскол: Изд-во «Тонкие наукоемкие технологии», 2009. – 220 с.
- 10 Справочник технолога /Суслов А.Г., Безъязычный В.Ф., Базров Б.М. [и др.]; общ. ред. Суслов А. Г.- М.: Инновационное машиностроение, 2019. – 799 с.
- 11 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Инновационное машиностроение, 2018. – 756 с.
- 12 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Инновационное машиностроение, 2018. – 818 с.
- 13 Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. М.: Машиностроение, 2000.
- 14 Технологическая наследственность в машиностроительном производстве/ А.М. Дальский. Б.М. Базров, А.С. Васильев и др.: Под ред. А.М. Дальского. М.: Изд-во МАИ, 2000.
- 15 Технологические методы обеспечения надежности деталей машин [Текст] : учебник для студентов высших учебных заведений по техническим специальностям / [И. М. Жарский и др. ; ред. А. В. Новикова]. - Минск : Вышэйшая школа, 2010. - 336 с.

Разработчик

Зав.каф. ТОМ,  
д.т.н, профессоp



А.Е. Зверовщиков