

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Набережночелнинский институт (филиал)



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности

Д.А. Тагорский

2019г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ**

Направление подготовки:

**15.06.01 Машиностроение**

Направленность (профиль) подготовки:

**05.02.07 Технология и оборудование  
механической и физико-технической  
обработки**

Высшая инженерная школа

Кафедра конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных  
производств

Казань 2019г.

## **1. Вводная часть**

**Цель** вступительного экзамена по направлению 15.06.01 «Машиностроение», направленность (профиль) 05.02.07 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» – определить уровень общей личностной культуры, профессиональной компетентности, теоретической подготовленности, установить глубину профессиональных знаний, уровень подготовленности поступающего в магистратуру к самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области теории и практики проектирования режущего инструмента, станков, комплектующих агрегатов и другой технологической оснастки.

**Задачи** вступительного экзамена:

- выявить уровень знаний общих концепций процессов механической и физико-технической обработки;
- выявить уровень общих знаний методологических вопросов теории формообразования поверхностей деталей путем удаления части начального объема материала;
- выявить уровень знаний современных информационных технологий;
- определить готовность ставить и решать научно-технические задачи.

## **2. Структура экзамена и критерии оценивания результатов**

**Форма сдачи экзамена** – письменно;

**продолжительность экзамена** - 3 часа (180 минут);

**количество вопросов в билетах** – 3.

**Критерии оценивания вступительных экзаменов в аспирантуру по 100 бальной системе:**

Ответ оценивается по 100-бальной системе.

Ответ оценивается на 80-100 баллов – «отлично», если поступающий в аспирантуру уверенно и свободно владеет теоретическим материалом не только в рамках заданного минимума, представляет проблемы инструментального обеспечения машиностроительного производства, знает современные достижения технологии и оборудования механической и физико-технической обработки, в ходе логических рассуждений приходит к правильному решению задачи.

Ответ оценивается на 60-79 баллов – «хорошо», если поступающий в аспирантуру хорошо владеет теоретическим материалом в рамках заданного минимума, в ходе решения задач допускает не более двух ошибок.

Ответ оценивается на 40-59 баллов – «удовлетворительно», если поступающий знает материал в пределах заданного минимума, при ответе на вопрос допускает не более четырех ошибок

Ответ оценивается меньше 40 баллов и считается «неудовлетворительным», если поступающий в аспирантуру не владеет теоретическим материалом, допускает грубые ошибки при ответе на вопрос, не может ответить на дополнительные вопросы.

### 3. Содержание вступительного испытания

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Содержание раздела (модуля)
1	Значение механических и физико-технических методов обработки в современном машиностроении	<p>Проблемы стоящие перед технологией и оборудованием современного машиностроения. Основные задачи, решаемые механическими и физико-техническими методами, их удельный вес в общей трудоемкости изделий в машиностроении и направлении развития.</p> <p>Обработка материалов резанием и физико-техническими методами - один из основных элементов технологии современного машиностроения. Фондообразующая роль станкостроения в машиностроительной отрасли. Значение станков для производства машин. Основные направления развития и важнейшие достижения станкостроения и инструментальной промышленности по показателям технического уровня. Современные тенденции и пути обеспечения конкурентоспособности станочного оборудования и инструментов. Международная динамика рынка станков и инструментов. Мировая структура развития станкостроения.</p>
2	Обработка резанием	<p>Задачи теории резания металлов. Преимущества и недостатки механической обработки резанием по сравнению с другими методами.</p> <p>Основные понятия процесса резания, его физические основы. Механика процесса резания, схемы стружкообразования, трение при резании, наростообразование. Методы и средства экспериментального исследования процесса резания.</p> <p>Энергетический баланс обработки. Тепловые, электрические, магнитные и другие явления при резании. Средства снижения теплообразования при резании. Методы и задачи изучения физических явлений при резании.</p> <p>Колебания при резании, их виды и принципы возникновения. Использование наложения вибраций на про-</p>

		<p>цесс обработки.</p> <p>Технологические среды и их действие. Обработка с ограниченным использованием СОЖ.</p> <p>Инструментальные материалы, их виды и области применения. Виды износа, критерии смены инструмента и способы повышения его стойкости.</p> <p>Понятие о стойкости инструмента; типовая геометрическая картина износа рабочих поверхностей инструмента при механической обработке, его зависимость от вида обрабатываемого материала, операции, режимов резания; понятие о кривых износа инструментов и периоде стойкости.</p> <p>Критерии затупления инструмента; их назначение в зависимости от вида операции и типа инструмента. Технологические критерии затупления и понятие размерного износа различных видов инструмента.</p> <p>Физические основы изнашивания инструмента; понятие об абразивном, адгезионном, диффузионном и окислительных механизмах изнашивания. Общий механизм износа инструмента; интенсивность износа, его модели.</p> <p>Оптимизация режима резания, ее методы и критерии. Физические и экономические требования к оптимизации, вытекающие из одно- и многоинструментальной обработки, одно- и многопроходной обработки, "безлюдной" технологии, концепции автоматических линий и ГПС.</p> <p>Применение ЭВМ для выбора оптимальных режимов резания.</p> <p>Связь режима обработки с качеством поверхностного слоя. Обрабатываемость конструкционных материалов резанием.</p> <p>Эксперименты в резании металлов, их особенности и требования к методике, средствам обеспечения эксперимента. Основные нерешенные вопросы в области теории резания.</p> <p>Основные методы (схемы) обработки. Сверхскоростное резание, комбинированные рабочие процессы. Требования к режущему инструменту, автоматические методы контроля его размера, состояния и настройки.</p> <p>Расчеты сил резания. Их методика.</p>
3	Режущий инструмент	<p>Роль и значение режущих инструментов в металлообработке.</p> <p>Типовые задачи и этапы проектирования режущих инструментов. Способы проектирования. Функционально-структурная модель режущего инструмента.</p> <p>Назначение конструктивно-геометрических параметров режущего инструмента в соответствии с требованиями процесса резания. Особенности проектирования режущих инструментов для различных видов обработки. Методы крепления и базирования. Базирование и крепление режущих элементов сборных инструментов. Требования к конструкции крепежно-присоединительной (корпусной) части инструментов при скоростной и сверхскоростной обработке.</p> <p>Стандартизация и сертификация режущих инстру-</p>

		<p>ментов.</p> <p>Алгоритмизация процедур расчета и проектирования режущего инструмента. САПР режущего инструмента.</p> <p>Дополнительные требования к инструментам в крупносерийном и автоматизированном производстве: на агрегатных станках, автоматических линиях, на станках с ЧПУ, многоцелевых станках, ГП-модулях.</p> <p>Настройка инструмента на размер на станке и вне станка. Методы автоматической коррекции положения режущего инструмента. Входной контроль инструментов. Инструментальное обеспечение различных производств.</p> <p>Перспективы развития конструкции режущих инструментов.</p>
4	Интенсификация процессов механической обработки	<p>Основные направления создания высокопроизводительных процессов резания. Физические особенности и технологические показатели скоростного и силового резания, тонкого точения и растачивания, типовые конструкции инструмента, режимы резания, области применения.</p> <p>Процессы резания с особыми кинематическими и физическими схемами обработки - ротационное (бреющее) и вибрационное резание, в том числе ультразвуковое и иглофрезерование; нанотехнологические методы обработки.</p> <p>Комбинированные методы обработки резанием, совмещающее воздействие на материал снимаемого слоя нескольких физических и химических явлений. Резание в специальных технологических средах, с опережающим пластическим деформированием (ОПЛ), нагревом (терморезание), электромеханические методы лезвийного резания и химико-механические методы абразивной обработки. Перспективы развития комбинированных методов обработки резанием.</p>
5	Физико-технические методы обработки	<p>Понятие физико-химической обработки как метода изготовления детали путем снятия с заготовки слоя материала в результате всех возможных видов воздействия инструментов и том числе механических, тепловых, электрических и химических в технологических средах и их комбинациях.</p> <p>Физико-химический механизм обработки как средство снятия с заготовки слоя материала в виде стружки (механическая обработка), продуктов анодного растворения (электромеханическая обработка), электроэрозионного разрушения (электроэрозионная обработка), а также плавление и испарение металла (лазерная и электронно-лучевая обработка) и другие воздействия.</p> <p>Классификация существующих методов физико-химической обработки и теоретические предпосылки создания принципиально новых на основе использования совокупности известных физических, химических и других явлений. Понятие о классе обработки резанием (механическое, тепловое, электрическое, химическое, комбинированное), группе, характеризующейся определенным физико-химическим механизмом резания (например, плазменно-механическая обработка резанием) и методе конкретной реализации определенной обработки резанием (например,</p>

		плазменно-механическая обработка твердосплавным инструментом).
6	Типы металлорежущих станков и их классификация	<p>Классификация станков по технологическому назначению, точности, степени автоматизации, типажи и каталоги металлорежущих станков.</p> <p>Особенности конструкций станков основных групп.</p> <p>Методика формирования цены на станки с учетом их качества.</p> <p>Международная стандартизация и сертификация станков и их комплектующих. Конкурентоспособность металлорежущих станков.</p>
7	Кинематика станков	<p>Образование поверхностей на обрабатываемых деталях.</p> <p>Классификация движений в станках.</p> <p>Кинематическая структура станков с механическими и немеханическими кинематическими связями. Сравнительный анализ кинематической структуры отдельных типов станков.</p>
8	Технологические основы обработки на металлорежущих станках различных типов	<p>Технология и физико-химические процессы удаления части начального объема материала заготовки при механической обработке, электромеханической, электроэрозионной и лазерной обработке и других методах формирования деталей.</p> <p>Технологическая подготовка проектирования станков. Формирование требований к станку на основе анализа параметров обрабатываемых деталей.</p> <p>Особенности построения технологического процесса обработки на металлорежущих станках различных типов, в том числе станков для нанотехнологической обработки.</p>
9	Основные этапы проектирования и расчетов станочного оборудования	<p>Маркетинг с целью определения конкурентоспособности создаваемого станка по комплексу технико-экономических показателей.</p> <p>Основные критерии работоспособности станков, производительность, начальная и с учетом температурных деформаций прочность, жесткость, износостойкость, устойчивость.</p> <p>Надежность станков. Общие понятия. Надежность параметрическая и функциональная. Надежность в период нормальной эксплуатации и износных отказов. Резервирование.</p> <p>Составление технического задания на разработку станка на основе технологической подготовки проектирования. Определение основных конструктивных и технологических параметров. Методы формирования показателей и критериев оценки технического уровня станка по его выходным характеристикам.</p> <p>Формирование компоновочного решения и несущей системы станков. Определение конструктивных параметров.</p> <p>Разработка кинематической схемы, выбор принципа управления, контроля и диагностики.</p> <p>Статические упругие перемещения и их влияние на точность станков.</p>

		<p>Динамическая система станка. Характеристики ее основных элементов (упругой системы, процесса резания, процесса трения, процессов в двигателях). Устойчивость движений рабочих органов станка и методы ее обеспечения.</p> <p>САПР станков. Многокритериальная оптимизация в задачах проектирования станков. Формирование требований к основным системам станка.</p> <p>Понятия о сквозном методе проектирования и изготовления изделия CAD-CAM-CAE. Параметрические твердотельные модели.</p> <p>Имитационное моделирование как средство количественного анализа технологических систем.</p> <p>Разработка математических моделей конструкций и процессов, происходящих в станках.</p> <p>Использование систем Internet и Intranet при проектировании станков.</p> <p>Методы оценки качества технологического оборудования на этапах проектирования и сборки.</p>
10	Основные системы станка и их проектирование и расчет	<p>Принципы конструирования мехатронных узлов. Основные преимущества их использования в станках.</p> <p>Направляющие прямолинейного и кругового движения. Конструирование и расчет направляющих смешанного трения, гидростатических, гидродинамических и качения.</p> <p>Конструирование и расчет коробок скоростей и передач.</p> <p>Шпиндельные узлы с подшипниками качения и скольжения, гидростатическими и гидродинамическими. Конструирование, расчет с учетом критерия жесткости элементов узла. Особенности конструирования высокоскоростных шпинделей.</p> <p>Механизмы для осуществления прямолинейных движений, их виды, конструирование и расчет механизмов: винт-гайки скольжения и качения, зубчато-реечного, червячно-реечного и др. Механизмы для осуществления периодических движений. Механизмы для микроперемещений.</p> <p>Механизмы подачи. Механизмы фиксации. Механизмы автоматической смены инструментов. Магазины инструментов и заготовок (компоновки). Зажимные приспособления металлорежущих станков. Классификация, основные типы. Расчеты типовых приспособлений для станков различного технологического назначения.</p> <p>Экспериментальные исследования металлорежущих станков, методики проведения и обработки результатов.</p>
11	Электрооборудование станков	<p>Устройство и основные характеристики электродвигателей станков: конструкции двигателей постоянного и переменного тока. Типы быстродействующих двигателей, высокомоментные двигатели постоянного тока с постоянными магнитами, их достоинства; двигатели для вентильного привода; шаговые двигатели; линейные двигатели, двигатели с частотным регулированием.</p> <p>Механические характеристики двигателей: разгон,</p>

		<p>торможение и регулирование скорости.</p> <p>Системы регулируемого электропривода станков. Тенденции развития конструкций электродвигателей станков. Построение электроприводов на базе микропроцессоров и микроЭВМ.</p> <p>Переходные процессы в электроприводах станков: динамические режимы работы привода (основные показатели); уравнение движения электропривода. Расчет мощности электродвигателей станков: при длительной работе; при повторно-кратковременной работе.</p> <p>Аппаратура и схема электрического управления металлорежущими станками.</p>
12	Гидравлический привод станков	<p>Область применения гидравлического привода в станках, его преимущества и недостатки, основные требования, предъявляемые к гидроприводу станков.</p> <p>Способы регулирования скорости в гидравлических приводах станков, принципиальные схемы, основные характеристики.</p> <p>Схемы и конструкции основных элементов гидропривода: насосы и гидромоторы; цилиндры; контрольно-регулирующая аппаратура; распределительная аппаратура; фильтры.</p> <p>Гидравлические следящие приводы. Область применения в станках, основные схемы, точность и устойчивость приводов.</p> <p>Электрогидравлические приводы станков с ЧПУ: следящие золотники; гидроусилители крутящего момента; насосные установки.</p> <p>Динамика гидропривода. Устойчивость движения рабочих органов станков с гидроприводом. Вибрация в гидросистемах, устойчивость контуров системы.</p>
13	Автоматизация станков. Программное управление станками. Автоматические станочные системы	<p>Классификация автоматизированных станков и станочных систем по различным признакам. Основные понятия теории автоматического управления. Линейные элементы автоматических систем и их характеристики. Типовые нелинейности автоматических систем, их влияние на устойчивость системы и методы линеаризации.</p> <p>Системы управления циклом. Принцип построения циклограмм. Структурные схемы кулачковых автоматов. Область применения. Преимущества и недостатки.</p> <p>Копировальные следящие системы. Индуктивные и фотокопировальные системы. Области применения копировальных станков. Преимущества и недостатки.</p> <p>Классификация систем программного управления. Системы: контурные, позиционные, прямоугольные, универсальные. Системы управления многооперационными станками. Структура систем программного управления основных классов. Понятие об основных узлах устройств ЧПУ (интерполяторы, устройства управления приводом и др.). Области применения станков с программным управлением. Системы группового числового управления станками. Датчики перемещения в станках с ЧПУ.</p> <p>Процесс программирования. Программноносители и устройства для ввода программы.</p>

		<p>Автоматизация процесса резания. Адаптивные системы. Приборы контроля точности изготовления деталей на станке и подналадка станка.</p> <p>Роботы и манипуляторы.</p> <p>Основные принципы компоновки автоматических линий. Транспортные системы. Области применения автоматических линий. Гибкие автоматические линии. Определение. Принципы построения.</p> <p>Основные понятия о ГП-модулях и гибких производственных системах (ГПС). Требования к системам ЧПУ и ГП-модулям.</p> <p>Гибкие автоматизированные производственные системы (ГПС). Основные понятия. Область применения.</p> <p>Стратегии создания автоматических заводов (АЗ).</p> <p>Моделирование станочных систем.</p>
14	<p>Особенности станков для физико-технических методов обработки</p>	<p>Сравнительные характеристики методов физико-технической обработки, их место среди других методов размерной обработки материалов и общие вопросы построения станков. Принципы и схемы адаптивно-программного управления процессом обработки. Оптимальное регулирование режимов обработки.</p> <p>Электроэрозионные станки, их разновидности, физические схемы и технологические возможности. Прецизионные методы изготовления деталей.</p> <p>Типовые узлы станков для электроэрозионной обработки, генераторы импульсов энергии, виды электродов, системы автоматического регулирования.</p> <p>Взаимосвязь элементарных единичных и реальных массовых процессов электроэрозионной обработки. Физические модели реального процесса при массовом воздействии разрядов. Рабочие жидкости, влияние их свойств на выходные показатели процесса.</p> <p>Автоматизация электроэрозионных копировально-прошивочных и вырезных станков. Средства и устройства автоматизации. Станки-модули. Устройства, сообщающие орбитальные движения электроду-инструменту.</p> <p>Ультразвуковые станки, физические основы их работы, кинематика обрабатываемой системы, в том числе магнитострикционные и ультразвуковые преобразователи. Технологические характеристики размерной ультразвуковой обработки.</p> <p>Станки для отделочных методов электрофизической обработки, электрополирование, методы достижения точности и качества поверхностного слоя деталей.</p> <p>Станки для обработки электрохимическими методами. Основные виды электрохимической обработки: непрерывная, импульсная, циклическая. Выбор их оптимальной последовательности и параметров, закономерности анодного растворения, электролиты, конструкции катодов. Установки для электрохимической обработки типовых деталей. Средства интенсификации процесса обработки. Автоматизация электрохимического оборудования.</p> <p>Станки для лучевых методов обработки: электронно-лучевая обработка и лазерная обработка, принципы дей-</p>

		<p>ствия и физические схемы, установки, области применения. Основные положения экономики; физические схемы, применение в изделиях приборостроения.</p> <p>Станки для обработки комбинированными методами, их классификация. Станки для обработки электроконтактными и анодно-механическими методами; физические схемы, технологические установки, области применения.</p>
15	Эксплуатация станков и станочных систем	<p>Установка станков на фундамент.</p> <p>Испытание станков на холостом ходу и при резании.</p> <p>Диагностика станков, инструментов и механизмов смены и загрузки инструмента.</p> <p>Особенности эксплуатации станочных автоматических линий.</p> <p>Особенности эксплуатации станков с ЧПУ и ГПС.</p> <p>Техническое обслуживание и ремонт.</p> <p>Проблемы модернизации станков.</p>

Вопросы к вступительным испытаниям по образовательной программе высшего образования – программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации 15.06.01 «Машиностроение», профиль 05.02.07 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»:

1. Основные функции режущих инструментов.
2. Жесткость, геометрическая, кинематическая, температурная точность станков и их влияние на точность обрабатываемых поверхностей
3. Понятие о системе резания как о совокупности одновременно совершающихся и взаимосвязанных процессов.
4. Понятие исходной инструментальной поверхности и характеристики – мгновенной линии контакта исходной инструментальной поверхности и поверхности детали. Линейчатые исходные инструментальные поверхности и их универсальное описание. Профилирование режущих инструментов, классический, кинематический методы, метод совмещенных сечений и их модификации. Применение матричного метода преобразования координат.
5. Направляющие скольжения, качения, жидкостного трения и их характеристики, комбинированные направляющие, влияние трения на плавность перемещения исполнительных органов
6. Режущий клин, его элементы. Виды обработки резанием. Обрабатываемая, обработанная поверхности, поверхность резания при основных видах обработки резанием.
7. Переход от исходной инструментальной поверхности к режущему клину, передняя и задняя поверхности, их геометрические особенности. Геометрические параметры режущей части инструмента в статике, определение передних и задних углов в произвольном сечении. Затылование, методы затылования, определения задних углов затылованного инструмента. Оптимизация методов затылования. Геометрические параметры режущей части инструмента с учетом кинематических особенностей процесса резания.

8. Шпиндельные узлы на опорах качения, составляющие жесткости шпиндельных узлов, влияние натяга в опорах на работоспособность шпиндельных узлов, способы проверки натяга
9. Углы заточки режущих инструментов и кинематические изменения углов различных инструментов
10. Схемы резания, определение параметров срезаемого слоя. Скорость съема материала, ее влияние на тепловые и силовые нагрузки при резании.
11. Динамические процессы в металлорежущих станках, источники колебаний, способы их устранения.
12. Режим резания, его параметры. Определение толщины и ширины среза при различных видах обработки резанием.
13. Общие принципы построения конструкций инструментов. Основные части инструмента: рабочая и крепежная. Форма и размеры крепежной части, унификация посадочных и базовых поверхностей, развитие требований к ним для инструментов, работающих в условиях автоматизированного производства. Инструменты составной и сборной конструкции. Многогранные пластины, типовые конструктивные решения по их креплению.
14. Проектирование приводов главного движения станков с числовым программным управлением
15. Пластическое снятие и сдвиг как циклические стадии процесса стружкообразования. Соотношение между ними при обработке.
16. Состав и структура САПР в инструментальном производстве. Общие принципы создания алгоритма для расчета режущих инструментов.
17. Требования к приводам главного движения станков с числовым программным управлением. Жесткость скоростной характеристики.
18. Усадка стружки, ее зависимость от угла сдвига, скорости, подачи, глубины резания, геометрии инструмента
19. Структура и схема инструментальной оснастки, быстросменные инструменты, настраиваемые на размер вне станка. Типовые конструкции и их анализ.
20. Особенности проектирования тяговых устройств станков с числовым программным управлением с большой длиной хода исполнительного механизма
21. Контактные явления в процессе стружкообразования: адгезия, диффузия, схватывание и перенос металла без участия внешней среды. Влияние воздуха на контактные процессы. Область пластического и упругого контакта на передней поверхности инструмента. Эпюры нормальных и касательных напряжений, распределение коэффициентов трения по длине контакта.
22. Устройства, обеспечивающие получение информации о рабочем состоянии, поломках и износе инструмента. Формирование стружки и отвод ее из рабочей зоны.
23. Опоры жидкостного трения шпиндельных узлов, принципы их действия, характеристики, область применения.
24. Наростообразование как результат явлений схватывания и переноса металлов. Закономерности изменения величины и стабильности нароста в зависимости от скорости резания, толщины среза, геометрии инструмента. Влияние нароста и застойной зоны на качество обработанной поверхности и износ инструмента.
25. Основные виды инструментальной оснастки для инструментов концевых, насадных и призматического типов. Подсистемы вспомогательного инструмента для

станков с числовым программным управлением и гибких автоматизированных производств.

26. Смазка станков и шпиндельных узлов на опорах качения.
27. Силы действующие на передней и задней поверхностях режущего клина. Общая сила резания и ее проекции. Методы измерения составляющих силы резания.
28. Методы увеличения размерной стойкости режущих инструментов.
29. Система управления станками с числовым программным управлением: NC, CNC их характеристики. Фазовые и импульсные системы, общие понятия. Перспективы развития систем NC и CNC.
30. Влияние факторов на составляющие силы резания при точении. Теоретические и экспериментальные формулы для расчета проекции силы резания. Работа резания и ее составляющие. Мощность резания.
31. Резцы. Назначение и типы резцов. Геометрические параметры режущей части. Сборные конструкции резцов. Фасонные резцы.
32. Затыловочный станок. Настройка станка на затылование
33. Причины возникновения вынужденных колебаний и автоколебаний при резании. Влияние различных факторов на частоту и амплитуду колебаний. Методы повышения устойчивости приводов движений при резании.
34. Протяжки. Принцип работы протяжек, как инструментов с конструктивной подачей. Схемы резания и методы формообразования поверхности детали при протягивании. Шаг зубьев и впадин, припуск под протягивание.
35. Токарные обрабатывающие центры, конструкции полярной координаты шпинделя. Фрезерно-сверлильные обрабатывающие центры.
36. Баланс тепла при резании металлов. Методы измерения температуры на контактных площадках инструментов.
37. Фрезы. Определение, назначение и типы фрез. Кинематика процесса фрезерования. Конструктивные элементы фрез, форма зуба и впадины. Фрезы сборной конструкции. Фрезы фасонные. Фрезы затылованные и острозаточенные.
38. Станочные системы гибкого производства, станочный модуль.
39. Закономерность распределения температур на контактных поверхностях инструментов. Влияние на температуру резания элементов режима резания, свойств обрабатываемого и инструментального материалов, геометрических факторов.
40. Инструменты для обработки зубьев цилиндрических колес. Дисковые зуборезные фрезы, пальцевые фрезы, зубодолбежные головки, протяжки, шлифовальные круги, долбяки, червячные зуборезные фрезы, шеверы.
41. Промышленные роботы, их характеристики, основы проектирования и расчета.
42. Физические механизмы изнашивания рабочих поверхностей инструментов. Внешняя картина изнашивания режущего клина. Зависимость «износ-время». Влияние на скорость изнашивания скорости резания и других факторов. Механизмы разрушения инструмента.
43. Сверла спиральные, конструкция, геометрия режущих кромок. Конструктивные особенности сверл для глубокого сверления
44. Корпусные детали металлорежущих станков, материалы, особенности конструкции расчета. Способы повышения жесткости и демпфирующих свойств корпусных деталей.

45. Понятие качества обработанной поверхности. Остаточные сечения и геометрические зависимости высоты микронеровностей. Расчет величины шероховатости.

#### 4. Список рекомендованной литературы

1. Альперович Т.А., Барабанов В.В., Давыдов А.Н. и др. Под ред. д.т.н., проф. Черпакова Б.И. Компьютерно-интегрированные производства и CALS-технологии в машиностроении. М.: ГУП "ВИМИ", 1999.
2. Артамонов Б.А., Волков Ю.С., Дрожжалова В.И. и др. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов Учебное пособие в 2-х томах. М.: Высшая школа, 1983.
3. Баранчиков В.И. и др. Справочник конструктора-инструментальщика. М.: Машиностроение, 1994.
4. Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. М.: Машиностроение, 2000.
5. Вороничев Н.М., Тартаковский Ж.Э., Генин В.Б. Автоматические линии из агрегатных станков. М.: Машиностроение, 1979.
6. Гжиров Р.И., Гречишников В.А. и др. Инструментальные системы автоматизированного производства. Учебник для вузов. С.-Пб., Политехника, 1993.
7. Гибкие производственные комплексы. /Под ред. Беянина П.Н. и. Лещенко В.А. М.: Машиностроение, 1984.
8. Гибкое автоматическое производство. /Под ред. Майорова С.А. и Орловского Г.В. Л.: Машиностроение, 1983.
9. Дальский А.М. и др. Механическая обработка материалов. Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1981.
10. Иноземцев Г.Г. Проектирование режущего инструмента. Учебное пособие для вузов. М.: Машиностроение, 1984.
11. Качество машин. Справочник в 2-х томах. /Под ред. Сусллова А.Г. М.: Машиностроение, 1995.
12. Кузнецов Ю.И. и др. Оснастка для станков с ЧПУ. Справочник. М.: Машиностроение, 1990.

13. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1982.
14. Машиностроение. Энциклопедия. Технология изготовления деталей машин. Т. 111-3. /Под ред. Суслова А.Г., 1999.
15. Машиностроение. Энциклопедия. Металлорежущие станки и деревообрабатывающее оборудование. Т.IV-7. /Под ред. Черпакова Б.И. М.: Машиностроение, 1999.
16. Остафьев В.А. Расчет динамической прочности режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1979.
17. Подураев В.Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания. М.: Машиностроение, 1977.
18. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем. /Под ред. Проникова А.С., Т.1, 2 (в 2-х частях), 3, М.: Машиностроение, МГТУ им. Баумана, 1994-1995 гг.
19. Проников А.С. Надежность машин. М.: Машиностроение, 1978.
20. Резников А.Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах. – М.: Машиностроение, 1990.
21. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1986.
22. Родин П.Р. Основы проектирования режущих инструментов. Учебник для вузов. Киев: Высшая школа, 1990.
23. Сахаров Г.Н. и др. Металлорежущие инструменты. Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1989.
24. Свешников В.К. Станочные гидроприводы (Справочник, 3-е издание), М.: Машиностроение, 1995.
25. Силин С.С. Метод подобия при резании материалов. М.: Машиностроение, 1979.
26. Сосонкин В.Л. Программное управление станками. М.: Машиностроение, 1981.
27. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. Дальского А.М. и др. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2001.
28. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. М.: Машиностроение, 1989.

29. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. М.: Машиностроение, 2000.
30. Таратынов О.В. и др. Проектирование и расчет режущих инструментов на ЭВМ. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1990.
31. Трент Е.М. Резание металлов. М.: Машиностроение, 1980.
32. Участки для электроэрозионной обработки рабочих деталей вырубных штампов и пресс-форм. М.: ОНТИ, ЭНИМС, 1983.
33. Черпаков Б.И. Эксплуатация автоматических линий. М.: Машиностроение, 1990.
34. Электроэрозионная и электрохимическая обработка, часть I и II. М.: НИИН-МАШ, 1980.