

<http://www.vak.org.by/index.php?go=Box&in=view&id=1276>

05.02.07 – технология и оборудование механической и физико-технической обработки

Приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 25 октября 2010 г. № 219

1. Цели и задачи программы-минимума

Целью программы-минимума является теоретическая и научная подготовка аспиранта (соискателя) ученой степени по общенаучным, профессиональным и специальным дисциплинам научной специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки», систематизация теоретических знаний и практических умений, формирование аспиранта (соискателя) навыков самостоятельной научно-исследовательской деятельности.

Теоретическую основу научной специальности составляют следующие общенаучные, профессиональные и специальные дисциплины: «Теория обработки материалов резанием»; «Физико-технические методы обработки материалов»; «Инструментальные системы»; «Проектирование инструментальных систем»; «Технологическое оборудование машиностроительного производства»; «Конструирование и расчет технологического оборудования»; «Надежность и диагностирование технологических систем»; «Основы инженерного творчества»; «Исследования и испытания технологического оборудования».

Задачи программы-минимума:

- формирование у аспиранта (соискателя) фундаментальных знаний в области наук, составляющих теоретическую основу специальности, умения прогнозировать развитие научных исследований, технологий и технологического оборудования, обладающих новизной и практической ценностью;
- обучение аспиранта (соискателя) методологии теоретического и экспериментального исследования, диагностирования, моделирования и оптимизации процессов механической и физико-технической обработки, технологического оборудования, режущих инструментов, инструментальных систем и оснастки;
- обучение аспиранта (соискателя) методологии инженерного (технического) творчества, формирование у него навыков генерации инновационных идей и создания новых технологий и технологического оборудования;
- развитие у аспиранта (соискателя) навыков проектирования, расчета и совершенствования технологического оборудования, режущих инструментов, инструментальных систем и оснастки.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ, УМЕНИЯМ И НАВЫКАМ АСПИРАНТА (СОИСКАТЕЛЯ)

В соответствии с основным содержанием программы-минимума аспирант (соискатель) должен знать:

- современное состояние, перспективы развития технологий и технологического оборудования на мировом рынке, техническую вооруженность машиностроительной отрасли;
- теоретические основы, методы моделирования и экспериментального исследования процессов механической и физико-технической обработки, включая процессы комбинированной обработки с наложением различных физических и химических эффектов;
- физико-химические явления, происходящие в зоне взаимодействия инструмента и обрабатываемой детали; физические основы процесса резания; геометрические, кинематические, динамические, трибологические и другие особенности широко применяемых в производстве методов обработки материалов; механизм формирования качества обработанных поверхностей;
- методы анализа, планирования и управления различными технологическими процессами обработки материалов резанием;
- теоретические основы исследований и испытаний технологических систем;
- методы диагностирования оборудования с использованием современных приборов оборудования и компьютерных технологий;
- методы оптимизации параметров процесса в целях повышения производительности, качества и экономичности обработки, а также снижения энергопотребления;
- методологию проектирования, расчета и оптимизации параметров режущих инструментов, инструментальных систем и оснастки, обеспечивающих технически, экономически и энергетически эффективные процессы механической и физико-технической обработки;
- теорию и методологию проектирования металлорежущих станков, станочных систем, автоматических линий, оборудования для физико-технической обработки;
- методы повышения производительности, точности, качества и надежности технологического оборудования и режущих инструментов, интенсификации процессов механической и физико-технической обработки;
- особенности применения процессов механической и физико-технической обработки в автоматизированном производстве, в т.ч.: управление; моделирование и оптимизацию параметров процессов, оборудования и инструментов; теорию надежности; методы диагностики процессов формообразования поверхностей и состояния технологического оборудования, оснастки и режущего инструмента;
- структурно-фазовые изменения в материалах при механических и физико-технических методах воздействия режущего инструмента или направленного потока энергии на обрабатываемую поверхность.

Аспирант (соискатель) должен уметь:

- моделировать процессы механической и физико-технической обработки, технологического оборудования и режущих инструментов при формообразовании поверхностей деталей машин;
- оптимизировать параметры процесса в целях повышения производительности, качества и экономичности обработки, а также снижения энергопотребления;
- разрабатывать конкурентоспособные технологии механической и физико-технической обработки при формообразовании поверхностей деталей машин, приборов и аппаратов, включая технологии комбинированной обработки с наложением различных физических и химических эффектов;
- прогнозировать и создавать технологические процессы механической и физико-технической обработки, оборудование и инструменты, основанные на новых физических эффектах;
- разрабатывать конструкцию, выполнять расчеты и оптимизацию параметров инструмента и технологической оснастки, обеспечивающих технически и экономически эффективные процессы механической и физико-технической обработки;
- проектировать металлорежущие станки, станочные системы, автоматические линии и оборудование для физико-технической обработки, выполнять расчеты и оптимизировать их компоновки, состав оборудования, и параметры станочного оборудования;
- выполнять диагностирование процессов формообразования поверхностей, технологического оборудования, оснастки и режущего инструмента;
- решать проблемы рациональной эксплуатации технологического оборудования, режущего инструмента и оснастки.

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ-МИНИМУМА

3.1. Механические и физико-технические методы обработки в современном машиностроении

Ключевые слова: машиностроение, станкостроение, резание, физико-техническая, обработка, технология, инструмент.

Содержание специальности. Проблемы, стоящие перед современным машиностроением. Развитие станкоинструментальной отрасли. Современные технологии механической и физико-технической обработки. Основные задачи, решаемые методами механической и физико-технической обработки.

Обработка материалов резанием, как один из основных элементов технологии машиностроения. Значение теории резания для развития технологии машиностроения, круг решаемых ею задач. Понятие физико-технической обработки как метода изготовления детали путем снятия слоя материала, изменения формы и свойств материала и поверхностных слоев в результате всех возможных видов воздействия инструмента (механического, теплового, электрического, химического, акустического, лучевого, плазменного, струйного и др.) в технологической среде и их комбинаций.

Научные основы технологии машиностроения, процессов резания материалов и физико-технических методов обработки. Современные научные исследования в этой области. Роль науки в развитии станкостроения и инструментальной промышленности.

3.2. Теории обработки материалов резанием и ППД

Ключевые слова: формообразование, резание, инструмент, стружкообразование, усадка, нарост, сила резания, температура резания, изнашивание, стойкость, обрабатываемость, технологическая среда, поверхностная деформация, упрочнение.

Определение механической обработки резанием как метода формообразования деталей заданных размеров, точности и качества поверхности путем удаления с заготовки слоя материала в виде стружки. Теория резания материалов – основа для изучения специальных дисциплин.

Значение обработки резанием в повышении технического уровня и конкурентоспособности продукции машиностроительного производства. Исторический опыт, тенденции и перспективы развития обработки материалов резанием. Работы ученых И.А. Тиме, К.А. Зворыкина, Я.Г. Усачева, А.Н. Челюсткина, Ф. Тэйлора, М. Кроненберга и др., достижения белорусских ученых Е.Г. Коновалова, Г.К. Горанского, Э.И. Фельдштейна, П.И. Ящерицына и др. в развитии науки о резании материалов.

Относительные движения инструмента и заготовки при обработке резанием. Определение рабочих поверхностей инструмента. Геометрия режущего клина. Понятие о базовых координатных плоскостях. Взаимосвязи между углами в различных секущих плоскостях. Статические и кинематические геометрические параметры рабочей части инструмента. Углы заточки и рабочие углы инструмента.

Классификация видов резания. Схемы формообразования поверхностей. Параметры режима резания и геометрические элементы срезаемого слоя. Схемы резания (схемы срезания припуска): профильная и генераторная, одиночная и групповая.

Инструментальные материалы, основные требования, предъявляемые к ним. Повышение режущих свойств инструментальных материалов.

Физические основы процесса резания. Общие представления о пластических деформациях и разрушении твердых тел. Дислокационные представления о природе пластической деформации при резании металлов. Схема процесса стружкообразования с единственной плоскостью сдвига. Образование сливной стружки. Особенности резания хрупких материалов. Виды стружек. Характеристики пластических деформаций металла при резании: степень деформации, относительный сдвиг, усадка стружки. Влияние на коэффициент усадки различных факторов процесса резания. Управление стружкообразованием в автоматизированном производстве.

Контактные процессы при резании. Явления адгезии и диффузии. Застойные явления и контактные (вторичные) деформации. Нормальные и касательные напряжения. Коэффициент трения при резании и факторы, влияющие на его величину. Наростообразование при резании. Влияние нароста на процесс резания. Зависимость наростообразования от различных факторов.

Динамика процесса резания. Силы, возникающие на рабочих поверхностях инструмента. Общая сила резания и ее проекции. Полная и удельная работа резания. Влияние на силы резания технологических факторов процесса резания. Измерение составляющих силы резания.

Расчетные формулы для определения составляющих силы резания, крутящих моментов и мощности резания для различных видов обработки. Виды колебаний, возникающих в процессе резания. Автоколебания. Влияние параметров режима резания, инструмента и технологического оборудования на вибрации при резании материалов.

Тепловые явления при резании, их влияние на качество обработанной поверхности. Методы теоретического и экспериментального определения температур. Источники и баланс теплоты при резании, тепловые потоки. Температура резания и влияние на нее элементов режима резания, обрабатываемых и инструментальных материалов, геометрических параметров инструмента. Оптимальная температура резания. Основные пути управления тепловыми процессами при лезвийной и абразивной обработке резанием.

Работоспособность и отказы режущего инструмента. Физическая природа изнашивания инструмента (абразивный, адгезионный, диффузионный, окислительный и др. механизмы изнашивания). Интенсивность изнашивания и кривые износа режущего инструмента. Критерии износа инструмента. Технологические критерии износа и понятие размерного износа инструментов. Период стойкости инструмента, ее зависимость от факторов процесса резания. Математические модели периода стойкости инструмента и назначение периода стойкости в автоматизированном производстве. Основные направления повышения стойкости режущих инструментов. Прочность инструмента, методы расчета прочности режущего клина, метод конечных элементов. Понятие надежности инструмента, производственные показатели надежности.

Особенности обработки резанием различных материалов. Понятие обрабатываемости резанием как технологического свойства материала. Физические основы обрабатываемости сталей и сплавов. Основные показатели обрабатываемости. Пути улучшения обрабатываемости резанием.

Формирование свойств поверхностного слоя обработанных деталей. Формирование физико-химического состояния поверхностного слоя детали, влияние условий резания на тонкую структуру, наклеп, остаточные напряжения, изменение химического состава, фазовые превращения. Формирование шероховатости обработанных поверхностей.

Технологические среды при обработке резанием. Физико-химическое действие технологических сред (смазывающее, охлаждающее, моющее, режущее (диспергирующее) действие среды, эффект Ребиндера). Виды смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС) и область их применения. Способы подачи СОТС в зону резания.

Интенсификация процессов механической обработки. Основные направления создания высокопроизводительных процессов резания. Использование технологических сред, антифрикционных и специальных покрытий.

Процессы резания с особыми кинематическими и физическими схемами обработки – ротационное резание, вибрационное (в т.ч. ультразвуковое), иглофрезерование, сверхскоростное и сухое резание. Резание с опережающим пластическим деформированием, нагревом (терморезание), электромеханические и химико-механические методы обработки. Суперчистовое резание (нанотехнология резания), особенности резания со снятием супертонких срезов. Физические особенности и технологические показатели скоростного и силового резания.

Особенности различных методов обработки резанием (точение и растачивание; сверление, зенкерование и развертывание; шлифование, зубонарезание; резьбонарезание; фрезерование; протягивание; строгание). Режущие инструменты. Схемы резания. Параметры режима резания и геометрия срезаемого слоя. Геометрические параметры рабочей части инструмента. Особенности процесса шлифования, виды шлифования. Прогрессивные процессы абразивной обработки: глубинное, скоростное, ультразвуковое шлифование, обработка свободным абразивом и др.

Оптимизация процесса резания. Понятие о системе резания как совокупности входных факторов, параметров функционирования процесса резания и выходных параметров (показатели работоспособности инструмента и качества обработанных поверхностей, производительность и стоимость обработки). Постановка задачи оптимизации. Методы оптимизации, математические модели. Критерии оптимальности, технологические и технические ограничения. Применение ЭВМ для оптимизации.

Назначение режимов резания при работе на универсальных станках, станках с ЧПУ и автоматических линиях.

Определение ППД как метода поверхностной механической обработки металлических материалов. Теория ППД – основа для разработки технологических процессов. Напряженно-деформированное состояние поверхности. Назначение режимов обработки. Способы и средства реализации ППД. Области эффективного применения. Преимущества, недостатки.

3.3. Физико-технические методы обработки материалов

Ключевые слова: физико-техническая обработка, ультразвуковая, магнитоимпульсная, электроискровая, электроэрозионная, электрохимическая, лучевая, лазерный, плазменная, струйная, гидроабразивная.

Научные основы технологии физико-технической обработки. История и перспективы развития физико-технической обработки в республике Беларусь. Роль науки в создании оборудования для физико-технической обработки.

Теория формообразования при специальных видах обработки. Физико-технический механизм обработки как метод снятия с заготовки слоя материала в результате механического, теплового, электрического, химического, акустического, лучевого, плазменного, струйного и др. воздействий в технологической среде и их комбинаций. Классификация методов физико-технической обработки и теоретические предпосылки создания принципиально новых на основе использования физических, химических и др. явлений.

Ультразвуковая обработка. Физические основы метода. Основные технологические процессы ультразвуковой обработки материалов. Оборудование. Технологические характеристики размерной ультразвуковой обработки.

Электроэрозионные методы обработки. Физическая сущность метода. Схемы формообразования. Основные схемы технологических процессов электроэрозионной обработки и их технологические параметры. Оборудование для электроэрозионной обработки. Прецизионные методы изготовления деталей.

Сущность и физические основы электрохимической обработки материалов. Механизм электролиза. Основные технологические процессы электрохимической обработки. Конструкции инструментов и электрохимических станков.

Лучевые методы обработки. Лазерный эффект и его сущность. Сущность и физические основы лазерной обработки материалов. Светолучевая и электронно-лучевая обработка. Оборудование и технологии лазерной, светолучевой и электронно-лучевой обработки.

Химические методы обработки, сущность, установки, применение. Химическое фрезерование.

Отделочные методы физико-технической обработки. Электрополирование, магнитно-абразивное полирование, электромагнитная обработка. Достижение точности и качества поверхностного слоя деталей.

Плазменная обработка материалов. Физическая сущность метода. Технологические процессы плазменной обработки.

Струйная обработка материалов. Физическая сущность метода. Технологические процессы струйной обработки. Водоструйная (гидроабразивная) обработка материалов.

Комбинированные методы физико-технической обработки, их классификация. Область применения. Электродные и анодно-механические методы обработки. Плазменно- и лазерно-механическая обработки, электролитно-плазменная обработка. Физические схемы и технологические установки.

3.4. Инструментальные системы

3.4.1. Конструкции инструментальных систем

Ключевые слова: инструмент, инструментальная система, режущий, инструментальная наладка, инструментарий.

Научные основы инструментального производства. Общие сведения об инструментальных системах машиностроительного производства. Перспективы развития инструментального производства в Беларуси. Научные исследования в области создания и совершенствования конструкций инструментальных систем. Достижения отечественных ученых.

Структура инструментальных систем автоматизированного оборудования. Функции и задачи инструментального обеспечения. Значение режущих и вспомогательных инструментов, требования к ним. Понятие об инструментальных блоках, инструментальной наладке и их компонентах.

Инструментальные материалы, их эксплуатационные характеристики, область применения и основные марки.

Общие элементы и параметры конструкций режущих инструментов. Составные части режущих инструментов. Режущий клин как основа любой режущей части. Поверхности и кромки режущей части. Системы координат. Параметры рабочей части инструментов. Зуб и стружечная канавка многозубых инструментов. Цельные, составные и сборные конструкции инструментов.

Конструкции режущих инструментов для выполнения основных технологических процессов обработки резанием (точения и растачивания, сверления, зенкерования и развертывания, зубонарезания, резбонарезания, фрезерования, протягивания, строгания, шлифования). Типы инструментов, принцип работы, схемы резания. Кинематика движений инструмента и заготовки. Область применения, технологические возможности. Геометрические и конструктивные параметры. Формы зубьев многозубых инструментов, способы крепления режущих элементов. Инструменты с острозаточенными и затылованными зубьями. Способы затылования. Режущие инструменты с многогранными неперетачиваемыми пластинками (МНП). Пути совершенствования конструкций инструментов.

Вспомогательные инструменты для автоматизированного оборудования. Системы вспомогательных инструментов в зависимости от способа крепления инструментального блока на станке. Вспомогательные инструменты для токарных станков с ЧПУ, для сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ, для агрегатных станков (резцедержатели, оправки, патроны). Агрегатно-модульные конструкции вспомогательного инструмента.

Инструментальные наладки. Инструментальные наладки для агрегатных станков и автоматических линий, для станков с ЧПУ. Наладки протяжных станков. Конструкции, состав, типовые конструктивные решения.

Система инструментария автоматизированного оборудования. Инструментальные накопители (револьверные головки и инструментальные магазины). Способы автоматической смены инструмента. Автооператоры. Кодирование и поиск инструмента.

3.4.2. Основы рациональной эксплуатации, испытаний и исследования инструментов

Ключевые слова: инструмент, настройка на размер, переточка, работоспособность, моделирование.

Этапы эксплуатации инструментальных систем (подготовительный, этап непосредственной работы, восстановительный, хранение).

Подготовка инструмента к работе. Настройка инструментального блока на размер вне станка. Точность сборки инструментальных блоков.

Наблюдение за работой инструмента, проверка состояния его работоспособности, контроль износа. Контроль целостности инструмента. Обеспечение условий формирования и отвода стружки.

Определение момента снятия инструмента для переточки. Выбор способа восстановления режущих свойств инструмента. Регулировка и переналадка сборных инструментов. Контроль качества восстановленных инструментов. Нормирование расхода инструментов.

Консервация, складирование и транспортирование инструментов.

Методы испытаний и исследования инструментов. Механические испытания прочности, жесткости и виброустойчивости инструмента. Методы физического и математического моделирования.

3.5. Проектирование инструментальных систем

Ключевые слова: инструмент, инструментальная система, производительность, точность, стойкость, надежность, формообразование, затылование, профилирование, инструментальная наладка.

Инструментальная система как комплекс устройств и средств, обеспечивающих процесс обработки поверхностей резанием. Способы реализации функций формообразования поверхности детали и срезания припуска. Технично-экономические показатели и критерии работоспособности инструмента. Обеспечение высокой производительности и точности обработки, стойкости и надежности режущего инструмента и инструментальных систем в целом, технологичности и экономичности их конструкций. Научные основы проектирования инструмента и инструментальных систем различного технологического назначения. Математические модели инструментов и процессов формообразования.

Методы проектирования режущих инструментов и инструментальных систем. Этапы проектирования. Структурная схема инструмента. Использование аналогового и поэтапного методов при проектировании режущих инструментов и инструментальных систем. Последовательность проектирования режущего инструмента и инструментальной системы.

Проектирование рабочей части инструмента. Выбор инструментальных материалов и способов их соединения с корпусами. Выбор схемы срезания припуска. Выбор и анализ геометрических параметров режущей части инструмента. Выбор формы передних и задних поверхностей инструментов. Выбор формы зубьев и стружечных канавок многолезвийных инструментов. Основы теории затылования. Образование перетачиваемых и неперетачиваемых поверхностей инструмента.

Профилирование режущего инструмента. Условия формообразования поверхностей при их обработке резанием, использование их при выборе размеров инструментов. Кинематические схемы резания и формообразования. Использование схем формообразования для разработки новых типов инструментов. Формообразование на уровне макроповерхности и микроповерхности. Погрешности, переносимые инструментом на деталь. Роль погрешностей сборки. Профилирование инструментов для обработки поверхностей вращения, винтовых, сферических и фасонных поверхностей, эвольвентных и неэвольвентных профилей.

Проектирование узлов крепления и регулирования режущей части. Проектирование присоединительной и направляющей частей инструмента. Методы соединения частей инструмента в единое целое. Способы присоединения инструмента к станку: подвижное и неподвижное. Формы базовых поверхностей и элементов передачи усилий. Способы направления инструмента в работе, конструкции направляющей части.

Проектирование инструментальных наладок. Структура наладки для агрегатных станков и автоматических линий. Структура наладки станков с ЧПУ. Проектирование инструментальных систем автоматизированного производства. Принципы проектирования протяжных наладок. Модульный принцип проектирования оснастки. Подсистема кодирования информации.

Структура инструментообеспечения гибких производственных систем. Оптимизация резерва режущего инструмента.

Расчеты инструментов на прочность, жесткость и устойчивость.

3.6. Технологическое оборудование современного машиностроительного производства

Ключевые слова: станкостроение, станок, конкурентоспособность, привод, шпиндель, тяговый механизм, направляющая, кинематические связи, настройка, автоматическая линия, ГПС, мехатроника, ЧПУ, компоновка, интеллектуальное производство.

Общие сведения о технологическом оборудовании машиностроительного производства. История и перспективы развития станкостроения Беларуси. Взаимосвязь технологии и оборудования. Научные основы проектирования станков и станочных систем, роль науки в совершенствовании и создании новых конструкций металлорежущих станков. Научные исследования в области технологического оборудования.

Основные виды технологического оборудования. Металлорежущий станок как технологическая машина. Основные системы и узлы станка. Классификация станочного оборудования.

Технично-экономические показатели и критерии работоспособности технологического оборудования. Основные задачи по повышению технического уровня и конкурентоспособности металлообрабатывающего оборудования.

Основные узлы и механизмы технологического оборудования: механизмы, изменяющие скорость движения; периодических (прерывистых) движений; суммирующие; возвратно-поступательных движений; делительные. Приводы главного движения. Шпиндельные узлы. Приводы подачи. Тяговые механизмы. Линейные приводы. Базовые детали. Направляющие.

Системы управления технологическим оборудованием. Управление с помощью кулачков, упоров, копиров. Системы числового программного управления (ЧПУ).

Процесс образования поверхностей деталей резанием на станках. Производящие линии поверхности. Методы образования производящих линий. Движения в станках. Кинематические связи в станках. Кинематическая структура станка. Кинематическая настройка станка.

Универсальные металлорежущие станки и автоматы, их типы. Станки с ЧПУ. Многоцелевые станки. Многоцелевые станки с параллельной кинематической структурой. Агрегатные станки. Типовые операции, выполняемые на станках. Технология обработки деталей. Компоновки станков. Движения. Кинематика станков. Конструкция основных узлов и деталей. Мехатронные узлы, применяемые в станках. Приспособления для станков. Направления развития станков.

Технологическое оборудование для нанесения покрытий и упрочнения поверхностей. Оборудование для автоматической сборки. Автоматизированные сборочные линии.

Автоматические линии. Состав автоматических линий. Типы линий. Структуры и компоновки линий. Целевые механизмы автоматических линий. Автоматические линии из агрегатных станков, роторные АЛ.

Технологическое оборудование гибких производственных систем. Характерные особенности ГПС. Типы ГПС. Уровни автоматизации ГПС. Структурные и компоновочные схемы ГПС.

Современное высокоинтеллектуальное производство. Интеллектуализация производственных систем. Основные компоненты, определяющие интеллектуальный уровень производственных систем. Традиционные и нетрадиционные методы обработки материалов. Элементы мехатроники и микропроцессорной техники.

3.7. Конструирование и расчет технологического оборудования

3.7.1. Методология проектирования технологического оборудования

Ключевые слова: станок, проектирование, модульный принцип, моделирование, компоновка, кинематика, жесткость, точность, надежность, робот, манипулятор.

Содержание процесса проектирования технологического оборудования. Этапы проектирования станочного узла, станка, станочной системы. Автоматизированное проектирование.

Проектные критерии и ограничения. Стандартизация при конструировании: унификация, типизация, агрегатирование. Модульный принцип конструирования. Моделирование, эксперимент, эксплуатационные наблюдения при создании станков и станочных систем.

Главные моменты при проектировании машин. Формообразующие движения. Методы образования наиболее распространенных поверхностей деталей машин. Схема движений. Компоновки технологических машин. Обоснование технического уровня проектируемого оборудования. Определение геометрических параметров оборудования, диапазона скоростных характеристик и расчетных нагрузок. Разработка расчетных схем.

Проектирование кинематики машин. Проектирование компоновки машин. Художественное проектирование машин.

Моделирование технологического оборудования. Задачи, решаемые путем моделирования. Моделирующий алгоритм.

Принципы рационального конструирования узлов и элементов оборудования. Критерии оценки конструкции узлов. Технологичность конструкций. Надежность, точность и жесткость конструкций. Способы снижения геометрических, тепловых, упругих деформаций. Устранение зазоров. Главные моменты при конструировании узлов машины. Конструирование приводов главного движения, шпиндельных узлов, приводов подачи. Проектирование тяговых устройств, базовых деталей, направляющих. Проектирование поворотных, фиксирующих и зажимных устройств, устройств автоматической смены и закрепления инструментов, устройств автоматической смены заготовок.

Проектирование промышленных роботов. Конструкции манипуляторов промышленных роботов, захватных устройств, исполнительных органов манипуляторов. Проектирование сервисных устройств роботизированных комплексов: тактовых столов, кассет.

Проектирование смазочных систем. Проектирование устройств для подачи СОЖ и охлаждающей среды, устройств для отвода стружки.

3.7.2. Особенности проектирования технологического оборудования различного назначения

Ключевые слова: станок, автоматическая линия, моделирование, оптимизация, проектирование, компоновка.

Проектирование универсальных и специальных станков. Концептуальное проектирование. Выбор компоновки. Ограничения на конструкцию станка. Прогнозирование нагруженности станка методами моделирования и экспертным методом. Формирование спектра нагрузок. Оптимизация технических характеристик станков. Разработка технологического процесса обработки детали и инструментальной наладки. Проектирование циклограммы работы станка. Выбор унифицированных узлов. Разработка конструкций оригинальных узлов.

Проектирование станков для сверхскоростной обработки. Общие проблемы, связанные со сверхскоростной обработкой (инструмент, станок, система управления, обслуживание). Предпосылки для реализации сверхскоростной обработки. Проблемы станков, связанные с высокими скоростями резания. Пути повышения быстроходности шпиндельных узлов.

Проектирование станков для нанотехнологий. Особенности лезвийной, абразивной и физико-технической сверхпрецизионной обработки. Проблемы теплостойкости и вибростойкости станков, обеспечение малых перемещений. Узлы сверхпрецизионных станков. Конструкционные материалы. Системы управления станками.

Проектирование станков с параллельной кинематической структурой. Технология обработки детали. Элементы конструкции станка с параллельной кинематикой. Кинематика и динамика механизмов с параллельной кинематической структурой. Компоновка станка, определение рабочей зоны.

Проектирование оборудования для автоматической сборки. Выбор методов автоматизации сборки. Проектирование сборочных инструментов. Проектирование кинематики сборочных машин. Типовые исполнительные устройства для сборки цилиндрических сопряжений с гарантированным зазором и натягом, резьбовых соединений, соединений заклепками и пайкой.

Проектирование оборудования гибких производственных систем. Построение технологических процессов изготовления типовых деталей. Проектирование подсистемы основного оборудования.

Проектирование автоматических линий. Построение циклограммы работы линии. Разработка технологии обработки детали и конструкции инструментальной наладки. Обоснование оптимального варианта автоматической линии.

Формирование компоновок станочных систем с использованием банков данных. Формализованное представление типовых структурно-компоновочных решений. Определение требуемой схемы транспортных связей. Определение емкости накопителя.

3.8. Научные основы разработки технологии и оборудования для механической и физико-технической обработки

Ключевые слова: научное исследование, методика, планирование эксперимента, оптимизация, инновационный, изобретение.

Выбор направления научного исследования. Организация и планирование научных исследований. Поиск, накопление и обработка научной информации. Методика проведения исследования. Приборы и аппаратура для исследований. Теоретические исследования. Экспериментальные и технологические исследования. Математическое планирование эксперимента. Методы поиска оптимума. Методы обработки результатов исследований.

Основы инновационного проектирования. Понятие инновации. Потребность в инновациях. Суть инновационного проектирования. Инструменты и технология инновационной деятельности.

Понятие технического творчества. Психологические особенности творческого процесса. Уровни творческой деятельности. Понятие «ноу-хау». Изобретение как высший уровень инженерного творчества. Признаки изобретения (новизна, техническое решение, изобретательский уровень, промышленная применимость). Характеристика различных уровней изобретений.

Методы инженерного творчества, их классификация. Стратегии поиска новых идей. Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ). Основные принципы и структура ТРИЗ. ТРИЗ как процесс инновационного проектирования.

Применение средств вычислительной техники в инженерном творчестве. Использование средств вычислительной техники в энергоинформационном методе технического творчества. Автоматизированный синтез физических принципов действия по заданной физической операции.

3.9. Исследование, испытания и диагностирование технологического оборудования

Ключевые слова: технологическое оборудование, эксперимент, измерение, погрешность, диагностирование, точность, жесткость, шум, износ, приемочные испытания.

Цель и основные задачи прикладных исследований в области технологического оборудования. Основные этапы экспериментальных исследований. Натурный и машинный эксперимент. Активные и пассивные методы экспериментальных исследований. Виды, методы и погрешности измерений. Обработка опытных данных.

Исследование геометрических и кинематических характеристик оборудования, точности и жесткости технологической машины, износа, динамических и шумовых характеристик. Исследование термоупругих характеристик технологической машины. Автоматизация экспериментальных исследований станков. Измерительно-диагностические комплексы. Функции ЭВМ в комплексах. Программные нагрузочные устройства. Нагрузочные устройства для имитации внешних воздействий. Нагружение с применением процесса резания.

Методы испытания технологического оборудования. Выбор показателей для выходных параметров оборудования. Разработка методики испытания. Основные виды испытаний. Исследования опытных образцов, приемочные испытания серийных машин, контрольные испытания машин, находящихся в эксплуатации. Программа и условия проведения испытаний на холостом ходу и под нагрузкой. Испытания на надежность.

Диагностирование в ТС. Объекты диагностирования. Диагностические признаки и результаты диагностирования. Функциональное и тестовое диагностирование. Диагностирование состояния оборудования. Диагностирование элементов технологических систем: приводов, узлов и механизмов, инструментальных систем, транспортных систем, систем управления. Методы повышения надежности путем диагностирования.

4. Литература

Основная литература

1. Автоматизация и механизация производства. Учебное пособие / Б.И. Черпаков, Л.И. Вереина. – М.: Академия, 2004. – 384 с.
2. Бабук В.В. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / В.В. Бабук, В.А. Шкред, Г.П. Кривко. – Минск: Вышэйшая школа, 1987. – 254 с.
3. Гречишников В.А. Инструментальное обеспечение автоматизированного производства. (Серия: Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств) / В. А. Гречишников, А. Р. Маслов, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. – М.: Высш. школа, 2001. – 272 с.
4. Испытания, контроль и диагностика технологических систем: учеб. пособие / В.В. Юркевич – М.: МГТУ «СТАНКИН», 2005. – 360 с.

5. Мрочек Ж.А. Основы технологии автоматизированного производства в машиностроении: учеб. пособие / Ж.А. Мрочек, А.А. Жолобов, Л.М. Акулович. - Минск: Техноперспектива, 2008. - 303 с.
6. Кочергин А.И. Основы надежности металлорежущих станков / А.И. Кочергин. - Минск: Вышэйшая школа, 1982. - 175 с.
7. Лолодзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. - М.: Машиностроение, 1982. - 320 с.
8. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов / под ред. В.Э.Пуша. - М.: Машиностроение, 1985. - 571 с.
9. Ящерицын П.И. Основы резания материалов и режущий инструмент / П.И. Ящерицын, М.Л. Еременко, Н.И. Жигалко. - Минск: Выш. школа, 1981. - 560 с.
10. Обработка деталей на станках с ЧПУ / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. - Минск.: Вышэйшая школа, 2006. - 287 с.

Дополнительная литература

1. Автоматизация производственных процессов в машиностроении / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, А.Г. Схиртладзе [и др.]. - М.: Высшая школа, 2004. - 415 с.
2. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач / Г.С. Альтшуллер. - Новосибирск: Наука, 1991. - 224 с.
3. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука / Г.С. Альтшуллер. - Петрозаводск: Скандинавия, 2004. - 328 с.
4. Альтшуллер Г.С. Как стать гением: Жизненная стратегия творческой личности / Г.С. Альтшуллер, И.М. Верткин. - Минск: Беларусь, 1994. - 479 с.
5. Армарего И.Дж. Обработка металлов резанием / И.Дж. Армарего, Р.Х. Браун. - М.: Машиностроение, 1977. - 325 с.
6. Электрофизические и электромеханические методы обработки материалов: в 2 т. / А.В. Артамонов, Ю.С. Волков, В.И. Дрожалова [и др.]; под ред. В.П. Смоленцева. - М.: Высш. шк., 1983. - 2 т.
7. Беспцентровые круглошлифовальные станки. Конструкции, обработка и правка / Я.М. Ашкиназий. - М.: Машиностроение, 2003. - 352 с.
8. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. - М.: Машиностроение, 1975. - 343 с.
9. Бушуев В.В. Основы конструирования станков / А.А. Бушуев. - М.: Станкин, 1992. - 520 с.
10. Бушуев В.В. Практика конструирования машин: справочник / В.В. Бушуев - М.: Машиностроение, 2006. - 448 с.
11. Вороничев Н.М. Автоматические линии из агрегатных станков / Н.М. Вороничев, Ж.Э. Тартаковский, В.Б. Генин. - М.: Машиностроение, 1979. - 487 с.
12. Гибкие производственные комплексы / под ред. П.Н. Белянина и В.А. Лещенко - М.: Машиностроение, 1984. - 384 с.
13. Гибкое автоматическое производство / под ред. Майорова С.А. и Орловского Г.В. - М.: Машиностроение, 1983. - 376 с.
14. Горанский Г.К. Автоматизация технического нормирования станочных работ на металлорежущих станках с помощью ЭВМ / Г.К. Горанский, Е.В. Владимиров, Л.Н. Ламбин. - М.: Машиностроение, 1970. - 222 с.
15. Грановский Г.И. Резание металлов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. - М.: Высш. шк., 1985. - 304 с.
16. Гутвин Б.Г. Автоматизация электроэрозионных станков / Б.Г. Гутвин. - Л.: Машиностроение, 1971. - 274 с.
17. Данилов В.А. Формообразующая обработка сложных поверхностей резания / В.А. Данилов. - Минск: Наука и техника, 1995. - 264 с.
18. Джонс Дж. К. Методы проектирования / Дж. К. Джонс - М.: Мир, 1986. - 326 с.
19. Жолобов А.А. Программирование процессов обработки поверхностей на станках с ЧПУ: учеб. пособие / А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек, А.М. Федоренко. - Могилев: Белорусско-Российский университет, 2009. - 338 с.
20. Зацепина Т.А. Станки инструментального производства: учеб. пособие / Т.А. Зацепина [и др.]. - М: МГИУ, 2005. - 114 с.
21. Идеология конструирования / А.Ф.Крайнев. - М.: Машиностроение, 2003. - 384 с.
22. Иноземцев Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов / Г.Г. Иноземцев. - М.: Машиностроение, 1984. - 272 с.
23. Инструменты для обработки точных отверстий / С.В. Кирсанов, В.А. Гречишников, А.Г. Схиртладзе, В.И. Кокарев. - М.: Машиностроение, 2003. - 253 с.
24. Инструмент для станков с ЧПУ, многоцелевых станков и ГПС / И.Л. Фадюшин, Я.А.Музыкант, А.И.Мещеряков, А.Р.Маслов. - М.: Машиностроение, 1990. - 272 с.
25. Инструментальное обеспечение автоматизированного производства: Учеб для машиностр. спец. вузов / В.А.Гречишников, А.Р.Маслов, Ю.М.Соломенцев [и др.]; под общ. ред. Ю.М.Соломенцева. - М.: Высш. шк., 2001. - 271 с.
26. Инструментальные системы автоматизированного производства: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / Р.И.Гжиров, В.И.Гречишников, В.Г.Логашев [и др.]. - СПб.: Политехника, 1993. - 399 с.
27. Исследование и изобретательство в машиностроении. Практикум / под общ. ред. М.М.Кане. - Минск: УП «Технопринт», 2003. - 237 с.
28. Кане М.М. Основы научных исследований в технологии машиностроения / М.М. Кане. - Минск: Высш. шк., 1987. - 231 с.
29. Кане М.М. Методы повышения эффективности инженерного творчества / М.М. Кане. - Минск: БГПА, 1999. - 122 с.
30. Клименков С.С. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: учебник / Клименков С.С. - Минск: Техноперспектива, 2008. - 407 с.
31. Козочкина М.П. Виброакустическая диагностика процессов / М.П. Козочкина (МГТУ им. Баумана). - М.: ИКФ "Каталог", 2005.-186 с.
32. Комплексные способы эффективной обработки резанием / Ю.М. Ермаков. - М.: Машиностроение, 2005. - 272 с.
33. Комплексные способы эффективной обработки резанием. (Серия "Библиотека технолога") / Ю. М. Ермаков. - М.: Машиностроение, 2005. - 272 с.
34. Коновалов Е.Г. Основы электроферромагнитной обработки. / Е.Г. Коновалов, Ф.Ю. Сакулевич. - Минск: Наука и техника, 1974. - 272 с.
35. Коновалов Е.Г. Чистовая и упрочняющая ротационная обработка поверхностей / Е.Г. Коновалов, В.А. Сидоренко. - Минск: Вышэйшая школа, 1968. - 363 с.
36. Кочергин А.И. Автоматы и автоматические линии / А.И. Кочергин. - Минск: Вышэйшая школа, 1980. - 288 с.
37. Кочергин А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: Учебн. пособие для вузов/ А.И. Кочергин. - Минск: Вышэйшая школа, 1991. - 382 с.
38. Кочергин А.И. Шпиндельные узлы с опорами качения: учеб.-метод. пособие / А.И. Кочергин, Т.В. Василенко. - Минск: БНТУ, 2007. - 124 с.
39. Кроненберг М. Основы теории резания. Введение в теорию обработки металлов резанием и применение ее на практике / М. Кроненберг. - М.: ГТИ, 1931. - 182 с.
40. Кузнецов Ю.И. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник / Ю.И. Кузнецов, А.Р. Маслов, А.Н. Байков. - 2-е изд. - М.: Машиностроение, 1990. - 512 с.
41. Куприянов И.Л. Газотермические покрытия с повышенной прочностью сцепления / И.Л. Куприянов, М.А. Геллер. - Минск: Наука и техника, 1990. - 175 с.
42. Лашнев С.И. Проектирование режущей части инструмента с применением ЭВМ / С.И. Лашнев, М.И. Юликов. - М.: Машиностроение, 1980. - 208 с.
43. Лашнев С.И. Расчет и конструирование режущих инструментов с применением ЭВМ / С.И. Лашнев, М.И. Юликов. - М.: Машиностроение, 1975. - 392 с.
44. Магнитно-абразивная обработка точных деталей / Сакулевич Ф.Ю. [и др.]. - Минск: Вышэйшая школа, 1977. - 286 с.
45. Марков А.И. Ультразвуковое резание труднообрабатываемых материалов / А.И. Марков. - М.: Машиностроение, 1968. - 365 с.
46. Маслов А.Р. Приспособления для металлообрабатывающего инструмента: Справочник / А.Р. Маслов - М.: Машиностроение, 2002. - 256 с.

47. Машиностроение: Энциклопедия: В 40 т. / Ред. совет: К.В.Фролов (предс.) [и др.]; Раздел II. Материалы в машиностроении. ТII-2 – М.: Машиностроение, 2001. – 780 с.
48. Машиностроение: Энциклопедия: В 40 т. Раздел III. Технология производства машин. Т. III-5. Технология сборки в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2001. – 637 с.
49. Машиностроение: Энциклопедия: В 40 т. Раздел IV. Расчет и конструирование машин. Т. IV-7. Металлорежущие станки и деревообрабатывающее оборудование. – М.: Машиностроение, 1999. – 863 с.
50. Меерович М.И. Технология творческого мышления / М.И. Меерович, Л.М. Шрагина. – Минск: Харвест, 2003. – 431 с.
51. Металлорежущие станки и автоматы: учебник для машиностроительных вузов / под ред. А.С.Проникова. - М: Машиностроение, 1981. – 480 с.
52. Металлорежущие станки: учебник для машиностроительных вузов / под ред. В.Э.Пуша. - М: Машиностроение, 1985. – 575 с.
53. Металлорежущие инструменты: Учебник для вузов / Г.Н.Сахаров, О.Б.Арбузов, Ю.Л.Боровой [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
54. Металлорежущие системы машиностроительных производств: Учеб. пособие для студентов технических вузов / О.В. Таратынов, Г.Г. Земсков, И.М.Баранчукова [и др.]; под ред. Г.Г. Земскова, О.В. Таратынова. – М.: Высш. шк., 1988. – 463.
55. Металлорежущие станки и автоматы: Учебник для машиностроительных вузов / под ред. А.С. Проникова. – М.: Машиностроение. 1981. – 479 с.
56. Металлорежущие станки: учебник / В.Д. Ефремов [и др.]; под общ. ред. П.И. Ящерицына. - 4-е изд. - М: Глобус, 2005. - 553 с.
57. Металлорежущие станки: Учебн. пособие для вузов / Н.С.Колев, Л.В.Красниченко, Н.С.Никулин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1980. – 500 с.
58. Металлорежущие станки / Б.И. Черпаков, Т.А. Альперович. – М.: Высш. школа, 2004. – 368 с.
59. Методы классической и современной теории автоматического управления. В 5 томах. – М.: МГТУ им. Баумана, 2004. - Том 3. Синтез регулятор систем автоматического управления / Н.Д. Егупов, К.А. Пупков. – 2004. – 616 с.
60. Механическая обработка материалов. / под ред. Дальский А.И., Гаврилюк В.С., Вухаркин Л.Н. [и др.]: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1981. – 263 с.
61. Моисеева Н.К. Основы теории и практики функционально-стоимостного анализа / Н.К. Моисеева, М.Г. Карпунин. – М.: Высшая школа, 1988. – 191 с.
62. Муценек К.Я. Основы проектирования сборочных автоматов и автоматических линий / К.Я. Муценек. – Рига: Зинатне, 1981. – 223 с.
63. Обработка металлов резанием (2-е издание) / А.А. Панов. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.
64. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / под общ. ред. А.А.Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
65. Обработка упрочненных поверхностей в машиностроении и ремонтном производстве: Учебное пособие / С. И. Богодухов, В. Ф. Гребенюк, А. Д. Проскурин. – 2005. – 256 с.
66. Общемашинностроительные нормативы режимов резания. Справочник: в 2-х т. / А.Д. Локтев [и др.]. – М.: Машиностроение, 1991. – 2 т.
67. Основы научных исследований: Учебник для технических вузов / В.И.Крутов, И.М.Грушко, В.В.Попов [и др.]; Под ред. В.И.Крутова. - М.:Высш.шк., 1989. – 399 с.
68. Основы технологии формирования многокомпонентных вакуумных электродуговых покрытий / Мрочек Ж.А., Эйзнер Б.А., Марков Г.В. – Минск: Наука и техника, 1991. – 94 с.
69. Основы электротехнологии и новые ее разновидности / Л.Я. Попилов. – Л.: Машиностроение, 1971. – 213 с.
70. Остафьев В.А. Расчет динамической прочности режущего инструмента / В.А. Остафьев.– М.: Машиностроение, 1979. – 168 с.
71. Острейковский В.А. Теория надежности: Учеб. для вузов / В.А. Острейковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.
72. Подураев В.Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания / В.Н. Подураев. – М.: Машиностроение, 1977. – 304 с.
73. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов / В.Н. Подураев. – М.: Высш. шк., 1974. – 590 с.
74. Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач) / Г.С. Альтшуллер [и др.]. – Кишинев: Карта Молдовеняскэ, 1989. – 318 с.
75. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: Учебное пособие для студентов вузов / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 360 с.
76. Поляк М.С. Технология упрочнения. Технологические методы упрочнения. В 2 т. – М.: Л.В.М. – Скрипт: Машиностроение, 1995. – 2 т.
77. Прогрессивные конструкции затылованных инструментов - (Серия: Библиотека инструментальщика) / В.Б. Протасьев, М.В. Ушаков, Ю.С. Степанов. – М.: Машиностроение, 2004. - 236 с.
78. Проектирование и производство заготовок: учебник / А.И. Батышев [и др.]; под общ. ред. П.И. Ящерицына – М.: Глобус, 2004. - 227 с.
79. Проектирование и расчет металлорежущего инструмента на ЭВМ: учеб. пособие / О.В. Таратынов [и др.]; под ред. О.В. Таратынова. - 2-е изд. - М.: МГИУ, 2006. - 377 с.
80. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник. В 3 т. Т.1: Проектирование станков; Т.2: Расчет и конструирование узлов и элементов станков; Т.3: Проектирование станочных систем / Под общей ред. А.С.Проникова – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана: Машиностроение, Т.1, 1994; Т.2, 1995; Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана: Изд-во «Станкин», Т. 3, 2000. – 3 т.
81. Проектирование режущего инструмента: учеб. пособие / В.А. Гречишников [и др.]; под общ. ред. П.И. Ящерицына. - М: Корвет, 2005. - 248 с.
82. Проектирование технологических процессов в машиностроении. Учебное пособие для ВУЗов / И.П. Филонов. – Минск.: Технопринт, 2003. – 910 с.
83. Проектирование технологии автоматизированного машиностроения (Серия: Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств). – М.: Высш. школа, 1999. – 416 с.
84. Проников А.С. Надежность машин / А.С. Проников. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
85. Проников А.С. Программный метод испытания металлорежущих станков / А.С. Проников. - М.: Машиностроение, 1985. – 287 с.
86. Пуш В.Э. Автоматические станочные системы / И.Э. Пуш, В. Пигерт, В.Л. Сосонкин. – М.: Машиностроение, 1982. – 319 с.
87. Размерная электрохимическая обработка деталей машин/ Ф.В. Седыкин. – М.: Машиностроение, 1976. – 300 с.
88. Расчеты зуборезных инструментов / В.Ф. Романов. – М.: Машиностроение, 1969. – 251 с.
89. Режущий инструмент и инструментальное обеспечение автоматизированного производства: учеб. пособие для вузов / Е.Э.Фельдштейн, М.Л.Еременко, М.А.Корниевич [и др.]. Под общ. ред. Е.Э.Фельдштейна. – Минск: Вышэйшая школа, 1993. – 424 с.
90. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование: учебное пособие / под ред. Е.Э. Фельдштейна. – Минск: Дизайн ПРО, 1997. – 384 с.
91. Режущий инструмент. Проектирование. Производство. Эксплуатация. Учебное пособие / В.И.Шагун. – Минск: НПО «ПИОН», 2002. – 496 с.
92. Режущий инструмент: учебник / Д.В. Кожевников [и др.]; под ред. С.В. Кирсанова. - 2-е изд. – М.: Машиностроение, 2005. - 526 с.
93. Режущий инструмент: Учебник для вузов/ Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, В.И. Кокарев. – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.
94. Режущий инструмент / Д. В. Кожевников, В. А. Гречишников, С. В. Кирсанов, В. И. Кокарев, А. Г. Схиртладзе. – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.
95. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов/ А.Н. Резников. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
96. Решетов Д.Н. Надежность машин: Учебное пособие для машиностр. спец. вузов/ Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев. – М.: Высш. шк., 1988. – 237 с.
97. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты / П.Р. Родин. – К.: Віща школа, 1974. – 431 с.

98. Родин П.Р. Основы формообразования поверхностей резанием / П.Р. Родин. – К.: Віща школа, 1977. – 192 с.
99. Русские ученые – основоположники науки о резании металлов / под общ. ред. К.П. Панченко. – М.: Машгиз, 1952. – 480 с.
100. Сахаров Г.Н. Обкаточные инструменты / Г.Н. Сахаров. – М.: Машиностроение, 1983. – 323 с.
101. Семенченко И.Л. Проектирование металлорежущих инструментов / И.Л. Семенченко, М.Л. Матюшин, Г.Н. Сахаров. – М.: Машгиз, 1962. – 952 с.
102. Справочник инструментальщика / И.А.Ординарцев, Г.В.Филиппов, А.Н.Шевченко [и др.]; под общ. ред. И.А.Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.
103. Справочник по функционально-стоимостному анализу / под ред. М.Г.Карпунина, Б.И.Майданчика. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 430 с.
104. Справочник по электрическим и ультразвуковым методам обработки материалов / Л.Я. Попилов. – Л.: Машиностроение, 1971. – 543 с.
105. Справочник технолога по автоматическим линиям / А.К.Косилова, А.Г.Лыков, О.М.Деев [и др.]. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
106. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / А.М.Дальский [и др.]; под ред. А.М.Дальского, А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова, А.Г.Суслова. – М.: Машиностроение, 2001. – 2 т.
107. Станочное оборудование автоматизированного производства. В 2-х т. / под ред. В.В.Бушуева. – М.: Изд-во «Станкин», Т.1, 1993; Т.2, 1994. – 2 т.
108. Станочные приспособления: Учеб. пособие для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.Д. Новиков. – М.: Высш. школа, 2001. – 110 с.
109. Старков В.К. Дислокационные представления о резании металлов / В.К. Старков. – М.: Машиностроение, 1979. – 160 с.
110. Старков В.К. Технологические методы повышения надежности обработки на станках с ЧПУ / В.К. Старков. – М.: Машиностроение, 1984. – 120 с.
111. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве / В.К. Старков. – М.: Машиностроение, 1989. – 295 с.
112. Схиртладзе А.Г. Надежность и диагностика технологических систем: учебник / А.Г. Схиртладзе, М.С. Уколов, А.В. Скворцов; под ред. А.Г. Схиртладзе. – Минск: Новое знание, 2008. – 517 с.
113. Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач: учеб. пособие / В.Е. Старжинский [и др.]; под общ. ред. В.Е. Старжинского– 2-е изд. – СПб.: Профессия, 2007. – 830 с.
114. Теория и практика нанесения защитных покрытий / П.А. Витязь, В.С. Ивашко, А.Ф. Ильющенко [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 1998. – 583 с.
115. Теория резания / П.И. Ящерицын, М.А. Корниевич, Е.Э.Фельдштейн. – М.: Высш. школа, 2005. – 512 с.
116. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В. Чичнадзе, Э.М. Берлинер, Э.Д. Браун [и др.]. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
117. Трент Е.М. Резание металлов / Е.М. Трент. – М.: Машиностроение, 1980. – 263 с.
118. Фельдштейн Е.Э. Режущий инструмент и оснастка станков с ЧПУ: справ. пособие / Фельдштейн Е.Э. – Минск: Выш. шк., 1988. – 336 с.
119. Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А. Режущий инструмент для обработки незвольвентных профилей / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – Минск: Дизайн ПРО, 2000. – 112 с.
120. Фельдштейн Э.И. Обрабатываемость сталей в связи с условиями термической обработки и микроструктурой / Э.И. Фельдштейн. – М.: Машгиз, 1953. – 256 с.
121. Фельдштейн Е.Э. Режущий инструмент: учеб. пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич, М.И. Михайлов. – Минск: Новое знание, 2007. – 399 с.
122. Фельдштейн Е.Э. Металлорежущие инструменты: справочник конструктора / Е.Э. Фельдштейн, М.А.Корниевич. – Минск: Новое знание, 2009. – 1039 с.
123. Фельдштейн Е.Э. Обработка деталей на станках с ЧПУ: учеб. пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – 3-е изд. – Минск: Новое знание, 2008. – 298 с.
124. Фельдштейн Е.Э. Управление формированием качества поверхности деталей при механической обработке / Е.Э. Фельдштейн, И.Л. Баршай, В.К. Шелег. – Минск: БНТУ, 2006. – 227 с.
125. Филонов И.П. Инновации в технологии машиностроения: учеб. пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск: Вышэйшая школа, 2009. – 110 с.
126. Хомич Н.С. Магнитно-абразивная обработка изделий / Н.С. Хомич - Минск: БНТУ, 2006. - 217 с
127. Четвериков С.С. Металлорежущие инструменты / С.С. Четвериков. – М.: Высш. шк., 1965.
128. Шагун В.И. Металлорежущие инструменты: учеб. пособие / В.И. Шагун - М: Высшая школа, 2007. - 423 с.
129. Шадя В.Л. Современные методы обработки материалов в машиностроении: учеб. пособие / В.Л. Шадя. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 314 с.
130. Электрофизическая и электрохимическая обработка материалов / Л.Я. Попилов. – М.: Машиностроение, 1969. – 294 с.
131. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов. Учебное пособие: в 2-х томах/ Б.А. Артамонов, Ю.С. Волков, В.И. Дрожжалова [и др.]. – М.: Высшая школа, 1983. – 2 т.
132. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов / В.С. Коваленко. – Киев: Вища школа, 1975. – 233 с.
133. Электрохимическая обработка в машиностроении / Ю.П. Черепанов, Б.И. Самецкий. – М.: Машиностроение, 1972. – 110 с.
134. Электрохимическая обработка / А.Е. Де Барр – М.: Машиностроение, 1973. – 182 с.
135. Электроэрозионная обработка материалов / М.К. Мицкевич, А.И. Бушик, И.А. Бакуто [и др.]. – Минск: Наука и техника, 1988. – 215 с.
136. Юликов М.И. Проектирование и производство режущих инструментов / М.И. Юликов, Б.И. Горбунов, Н.В. Колесов. – М.: Машиностроение, 1987. – 296 с.
137. Якобс Г.Ю. Оптимизация резания / Г.Ю. Якобс, Э. Якоб, Д. Кохан.: Машиностроение, 1981. – 229 с.
138. Ящерицын П.И. Повышение эксплуатационных свойств шлифованных поверхностей / П.И. Ящерицын. – Минск, 1966. – 384 с.
139. Ящерицын П.И. Технологическая наследственность и эксплуатационные свойства шлифованных деталей / П.И. Ящерицын. – Минск, 1971. – 210 с.
140. Ящерицын П.И. Основы проектирования технологических комплексов в машиностроении / П.И. Ящерицын, Л.М Акулович, М.Л. Хейфец. - Минск: Технопринт, 2006. - 246 с.
141. Ящерицын П.И. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах / П.И. Ящерицын, М.Л. Еременко, Е.Э.Фельдштейн. – Минск: Выш. шк., 1990. – 510 с.