

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования


«Волгоградский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

 С. В. Кузьмин \*

« 25 »  2020 г.

## ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру по направлению  
**15.06.01 Машиностроение**

Волгоград 2020

Разработчики программы:

Зав. кафедрой "Оборудование и технология  
сварочного производства",  
академик РАН, д.т.н., проф.



В.И. Лысак

Зав. кафедрой "ДМ и ПТУ", д.т.н., проф.



М.М. Матлин

Зав. кафедрой "Теоретическая механика",  
д. ф.-м. н., проф.



Е.С. Брискин

Зав. кафедрой  
"Технология машиностроения",  
д.т.н., проф.



Ю.Л. Чигиринский

Зав. кафедрой "Транспортные машины и двигатели",  
д.т.н., проф.



М.В. Ляшенко

Зав. кафедрой "Автомобильные перевозки",  
к.т.н., доц.



С. А. Ширяев

Зав. кафедрой " Технологии строительного  
производства", д.т.н., проф.



О.В. Бурлаченко

Зав. кафедрой "Технология и оборудование  
машиностроительных производств",  
д.т.н., проф.



В.А. Носенко

## Раздел 1. Машиноведение, системы приводов и детали машин

### Машиноведение и детали машин

Роль машин в повышении производительности труда. Краткие сведения из истории машиностроения. Основные направления в совершенствовании конструкций машин. Классификация технических объектов машиностроения и деталей машин.

Краткий исторический обзор развития теории расчета и проектирования машин; роль российских ученых-механиков. Тенденции развития образования в области машиностроения.

*1. Расчеты на прочность деталей машин; работоспособность и надежность машин*

Основы расчетов на прочность. Характеристики статической и циклической прочности материалов. Расчетные, предельные и допускаемые напряжения. Расчеты на выносливость.

Трение, изнашивание и смазка деталей. Виды трения и изнашивания. Геометрические характеристики поверхностей и площадь касания. Сухое трение. Граничное трение.

Основные методы поверхностных упрочнений деталей машин: термические, химико-термические, механические, термомеханические. Основные пути экономии металла. Новые материалы и перспективы их применения в машинах.

Требования к деталям машин и критерии их работоспособности:

прочность, жесткость, вибростойкость, износостойкость, теплостойкость. Понятие качества изделия в машиностроении. Критерии качества и управление показателями качества изделий. Методы обеспечения работоспособности и надёжности машин. Общая характеристика расчетных методов оценки работоспособности деталей машин. Проверочные и проектировочные расчеты.

Основы расчетов на прочность. Характеристики статической и циклической прочности материалов. Расчетные, предельные и допускаемые напряжения. Расчетные и нормативные коэффициенты запаса прочности.

Надежность машин. Основные положения и показатели надежности. Общие зависимости надежности. Надежность в период нормальной эксплуатации машин. Надежность восстанавливаемых изделий. Оценка надежности систем по надежности элементов. Надежность систем с резервированием. Статистический контроль надежности и долговечности.

Вероятностные методы расчета деталей машин. Типовые режимы нагружения и их параметры. Понятие несущей способности деталей машин как случайной величины. Определение вероятности безотказной работы деталей и механизмов.

Расчеты на выносливость. Расчетно-экспериментальное определение пределов длительной и ограниченной выносливости деталей. Учет сложного напряженного состояния материала деталей. Расчеты на выносливость при нерегулярном нагружении.

Трение, изнашивание и смазка деталей. Виды трения и изнашивания. Геометрические характеристики поверхностей и площадь касания. Сухое трение. Граничное трение. Трение в условиях гидродинамической и гидростатической смазки. Газовое трение. Износ. Надежность в период износных отказов. Способы повышения износостойкости.

Метод конечных элементов, основные понятия. Возможности метода для анализа работоспособности деталей по критериям прочности, жесткости, вибростойкости, теплостойкости.

Выбор материалов. Стандартизация. Взаимозаменяемость.

Характеристики прочности материалов и классификация условий работы деталей машин. Критерии выбора материалов.

Основные методы поверхностных упрочнений деталей машин: термические, химико-термические, механические, термомеханические. Основные пути экономии металла. Новые материалы и перспективы их применения в машинах.

Стандартизация деталей машин и ее значение. Система стандартов. Использование стандартов при проектировании машин. Типизация. Унификация моделей. Проектирование машин с учетом требований стандартизации. Агрегатирование машин.

## *2. Соединения*

Резьбовые (винтовые) соединения.

Сварные соединения.

Соединения деталей с натягом.

Классификация соединений. Соединения неразъемные и разъемные. Соединения фрикционные и нефрикционные (зацеплением). Соединения стержней, листов и корпусных деталей; соединения вал - ступица, соединения валов, соединения труб.

Резьбовые (винтовые) соединения. Основные определения. Классификация резьбы. Основные параметры резьбы. Стандарты на резьбы. Основные типы крепежных соединений. Способы стопорения резьбовых соединений от самоотвинчивания. Материалы, применяемые для изготовления резьбовых деталей. Классы прочности.

Теория винтовой пары. Зависимость между моментом, приложенным к гайке, и осевой силой винта. Моменты сил трения на опорной поверхности гайки и головки винта. Коэффициент полезного действия винтовой пары. Самоторможение.

Расчет резьбы на прочность. Высота гайки и глубина завинчивания.

Расчет соединений при эксцентричном нагружении болта или перекосе опорных поверхностей. Расчет соединений, нагруженных в плоскости стыка.

Напряженные (затянутые) резьбовые соединения, определение усилий. Коэффициент внешней нагрузки, определение податливостей систем «болт» и «фланец». Прочность при переменных нагрузках. Расчеты напряженных резьбовых соединений: присоединений крышек цилиндров, фланцевых соединений труб. Расчет соединений, включающих группу болтов.

Конструкторские и технологические мероприятия по повышению выносливости болтов, винтов, шпилек.

Сварные соединения и их роль в машиностроении. Соединения дуговой электросваркой, электрошлаковой сваркой, контактной сваркой. Концентрация напряжений. Остаточные напряжения и деформации. Расчеты на прочность сварных соединений. Допускаемые напряжения и запасы прочности; нормативы. Расчеты на прочность при переменных напряжениях.

Заклепочные соединения. Паяные соединения. Клеевые соединения. Область применения. Расчет на прочность.

Соединения деталей с натягом и области их применения в машиностроении. Несущая способность соединений. Расчет натяга при передаче крутящего момента. Прочность сопрягаемых деталей. Расчетные и технологические натяги. Рассеяние числовых характеристик несущей способности в связи с рассеянием натягов. Вероятностный расчет. Способы повышения несущей способности. Конические соединения. Технология сборки. Силы запрессовки и распрессовки. Соединения нагревом или охлаждением соединяемых деталей. Соединения с помощью стяжных колец и планок.

Клеммовые соединения. Конструктивные исполнения. Методики расчета для случаев нагружения соединения крутящим моментом и осевой силой.

Шпоночные, зубчатые (шлицевые) и профильные (бесшпоночные) соединения. Основные типы и области применения. Способы центрирования. Стандарты. Концентрация нагрузки. Расчеты несущей способности.

### *3. Передачи*

Основные сведения.

Контактные напряжения и контактная прочность.

Расчет зубьев на изгиб.

Тепловой расчет червячной передачи.

Ременные передачи.

Общие сведения и основные характеристики.

Расчет ременных передач на основе кривых скольжения. Допускаемые полезные напряжения.

### *Механические передачи*

Назначение и роль передач в машинах. Классификация механических передач. Передачи трением и передачи зацеплением. Передачи с постоянным и переменным передаточным отношением. Передачи ступенчатого и бесступенчатого регулирования. Управление регулируемыми передачами.

Основные параметры передач: кинематические, энергетические, геометрические.

### *Зубчатые передачи*

Основные сведения. Классификация. Области применения. Стандартные параметры зубчатых передач. Геометрия и кинематика. Точность изготовления зубчатых колес.

Виды повреждений зубьев зубчатых колес. Критерии работоспособности зубчатых передач. Материалы колес. Методы объемного и поверхностного упрочнения.

Определение расчетных нагрузок. Учет перегрузок, концентрации нагрузки по длине зубьев, режима работы и срока службы, динамичности нагрузки, связанной с качеством изготовления. Силы в зацеплении.

Контактные напряжения и контактная прочность. Расчет зубьев прямозубых, косозубых и шевронных цилиндрических передач по контактными напряжениям. Расчетные зависимости для проектного и проверочного расчетов. Допускаемые напряжения.

Расчет зубьев прямозубых, косозубых и шевронных цилиндрических передач на изгиб. Номинальные напряжения. Коэффициент формы зуба. Концентрация напряжений у корня зуба. Учет совместной работы двух пар зубьев. Расчетные зависимости для проектного и проверочного расчетов. Допускаемые напряжения. Прочность корригированных зубчатых колес.

Оптимизация конструкции зубчатых передач. Передаточное отношение одноступенчатых и многоступенчатых зубчатых передач.

Конические зубчатые передачи с прямолинейными и криволинейными зубьями. Основные сведения из геометрии конических зацеплений. Особенности расчета на прочность.

Передачи с кругловинтовым зацеплением Новикова с одной и двумя линиями зацепления. Области применения. Расчеты.

Планетарные зубчатые передачи. Расчет и конструирование, типы. Кинематика, силы в зацеплении.

Волновые передачи. Кинематика и профилирование. Расчеты на прочность. Коэффициент полезного действия. Конструкции и область применения.

Передачи цилиндрическими винтовыми колесами. Гипоидные передачи.

Основные типы редукторов. Стандарты на основные параметры редукторов. Зубчатые коробки передач.

#### *Червячные передачи*

Основные понятия и определения. Общая характеристика. Область применения. Кинематика и геометрия червячных передач. Основные параметры. Стандарты червячных передач. Коэффициент полезного действия червячных передач. Применяемые материалы.

Виды повреждений червячных передач. Критерии работоспособности.

Силы, действующие в червячном зацеплении. Основы расчётов червячных передач по контактными напряжениям.

Расчет зубьев червячного колеса на изгиб. Коэффициент формы зуба. Условный угол обхвата. Длина контактных линий. Допускаемые напряжения.

Тепловой расчет. Искусственное охлаждение.

Понятие о расчете зубьев на сопротивление заеданию. Расчет червяка на прочность и жесткость.

Современные конструкции червячных редукторов. Смазка червячных передач.

Глобоидные передачи.

*Ременные передачи*

Общие сведения и основные характеристики. Область применения. Разновидности ременных передач. Основные типы и материалы плоских и клиновых ремней. Новые типы ремней и ремни из новых материалов. Стандарты на ремни. Геометрия и кинематика ременных передач.

Усилия и напряжения в ремне. Коэффициент тяги, кривые скольжения. Коэффициенты трения между ремнем и шкивом. Коэффициент полезного действия ременной передачи. Расчет ременных передач на основе кривых скольжения. Допускаемые полезные напряжения. Учет влияния отношения толщины ремня к диаметру шкива, углов обхвата, центробежных сил. Режимы работы. Долговечность ременной передачи.

Особенности расчета клиноременных передач. Расчет на тяговую способность и долговечность.

Способы натяжения ремней. Передача с натяжным роликом. Силы, действующие на валы ременной передачи. Шкивы ременных передач. Расчет основных элементов цельных и сварных шкивов.

Поликлиноременные передачи. Зубчато-ременные передачи.

*Цепные передачи*

Классификация и конструкции приводных цепей. Область применения цепных передач в машиностроении. Основные характеристики. Выбор основных параметров цепных передач. Кинематика и динамика цепных передач. Коэффициент полезного действия.

Виды повреждений, критерии работоспособности цепных передач и исходные положения для расчета. Натяжение в цепных передачах. Несущая способность и подбор цепей. Проектирование звездочек. Смазка и эксплуатация цепных передач.

*Передачи винтгайка*

Области применения. Типы ходовой резьбы. Допускаемые напряжения и скорости. Требования к точности. Конструкции. Передачи винтгайка качения шариковые и роликовые.

*Фрикционные передачи и вариаторы*

Принцип работы. Основные типы и область применения. Общие эксплуатационные характеристики. Геометрическое и упругое скольжение. Элементы конструкций. Материалы. Передачи для постоянного передаточного отношения. Бесступенчатые передачи. Рекомендация по выбору.

Кинематика передач. Точность передаточного отношения. Силы прижатия тел качения. Потери на трение; коэффициент полезного действия.

Проверочный расчёт передач по контактным напряжениям. Учет переменного режима нагружения. Допускаемые контактные напряжения. Определение размеров тел качения.

*4. Оси, валы и их соединения*

Классификация валов и осей.

Проектный расчет валов. Проверочный расчет валов на выносливость при совместном действии напряжений кручения и изгиба.

Расчет валов на жесткость.

Классификация валов и осей. Конструкции. Критерии расчета: прочность, жесткость, колебания. Материалы. Выбор расчетных нагрузок. Выбор расчетных схем.

Проектный расчет валов. Проверочный расчет валов на выносливость при совместном действии напряжений кручения и изгиба. Эффективные коэффициенты концентрации напряжений. Влияние на прочность размерного фактора. Выбор запасов прочности или допускаемых напряжений. Расчет по заданной вероятности безотказной работы. Упрочнения валов путем поверхностной термической и химико-термической обработки, поверхностного наклепа.

Расчет валов на жесткость. Допускаемые углы наклона упругой линии и прогибы.

Расчет многоопорных валов. Конструкции и расчет коленчатых валов. Конструкции и расчет гибких валов. Проверка критических частот вращения валов и систем. Учет деформаций опор. Учет вибрационных нагрузок при расчете на прочность.

*5. Подшипники качения и скольжения.*

Общие сведения. Классификация.

Практический подбор и проверка подшипников.

*Подшипники скольжения*

Общие сведения. Основные типы и параметры подшипников скольжения.

Условия работы и виды разрушения подшипников скольжения. Подшипниковые материалы. Биметаллические и полиметаллические вкладыши, пластмассовые вкладыши и вкладыши с пропиткой.

Режимы трения и критерии расчета. Основы теории жидкостного трения. Распределение давления в смазочном слое. Расчет подшипников при условии жидкостного трения. Тепловой расчет подшипников. Подвод смазки в подшипниках. Расположение смазочных канавок. Расход смазки. Системы смазки.

Практический расчет подшипников, работающих в условиях смешанного трения.

Конструкции подшипников скольжения. Регулирование зазора. Сегментные подшипники. Подшипники с газовой смазкой. Гидростатические подшипники, расчет и конструкции. Расчет и конструкции подпятников скольжения.

*Подшипники качения*

Классификация подшипников качения. Система условных обозначений. Точность подшипников. Выбор типов подшипников в зависимости от условий работы. Материалы тел качения и сепараторов. Потери на трение в подшипниках.



Условия работы подшипника качения, влияющие на его работоспособность. Распределение нагрузки между телами качения, контактные напряжения в деталях подшипника. Кинематика и динамика подшипника.

Выбор подшипников по динамической грузоподъемности. Эквивалентная динамическая нагрузка. Особенности расчета нагрузки радиальноупорных подшипников. Проверка и подбор подшипников по статической грузоподъемности.

Максимальные скорости вращения подшипников. Выбор быстроходных подшипников качения.

Посадки подшипников. Выбор предварительного натяга в подшипниках. Смазка подшипников. Сборка и разборка подшипниковых сборочных единиц.

Направляющие прямолинейного движения. Назначение и области применения. Направляющие скольжения. Направляющие качения. Общие основания расчета.

#### *6. Муфты для соединения валов*

Назначение и классификация муфт.

Глухие муфты: втулочные и фланцевые. Конструкции и схемы расчета.

Жесткие компенсирующие и подвижные муфты: зубчатые, крестовые и шарнирные. Упругие муфты. Работа упругих муфт при действии переменных и ударных моментов. Упругие муфты с резиновыми и пластмассовыми упругими элементами. Демпфирующая способность упругих муфт. Конструкции и расчет.

Сцепные управляемые муфты. Жесткие сцепные муфты: кулачковые и зубчатые. Форма зубьев. Включение и выключение муфт. Синхронизаторы. Расчет зубьев.

Муфты трения. Классификация. Механизмы управления. Динамика включения. Расчетные коэффициенты трения и допускаемые давления. Выбор материалов. Нормали. Особенности конструкций и расчета шинно-пневматических муфт трения.

Самоуправляемые сцепные муфты. Предохранительные муфты со срезными штифтами, пружинно-кулачковые и фрикционные. Особенность конструкций и расчет.

Обгонные муфты, конструкция и расчет. Центробежные муфты. Электромагнитные фрикционные и порошковые муфты, электромагнитные муфты скольжения и гидравлические муфты: области применения.

Динамика привода с упругой муфтой. Явление резонанса. Методы отстройки от резонанса с помощью упругой муфты.

#### *7. Испытание деталей машин*

Испытание деталей машин по основным критериям. Основные средства испытаний. Компьютерная обработка результатов испытаний.

Автоматизированное проектирование. Программные комплексы рабочего места конструктора для твердотельного моделирования, генерации чертежей с

использованием библиотек стандартных деталей, расчетов конструкций по различным критериям работоспособности. CAD системы, PDM системы.

#### *8. Системы приводов*

Классификация приводов. Электрические, гидравлические, пневматические и смешанные приводы. Основные характеристики и области применения.

Состояние теории, расчета и проектирования приводов, перспективы развития. Методы анализа и синтеза. Детерминированные и статистические методы. Задача оптимального проектирования. Понятие о компьютерных методах проектирования приводов.

#### *8. Системы гидроприводов*

Структурные и принципиальные схемы объемных гидроприводов, гидродинамических передач, следящих и электрогидроприводов. Сравнительная оценка. Область применения систем гидроприводов.

#### *9. Системы пневмоприводов.*

Основные характеристики процесса сжатия воздуха. Понятие давления, влажности, состава газообразного рабочего тела.

Типы пневматических исполнительных устройств поступательного и вращательного движения. Поршневые, мембранные, шланговые, сильфонные, роторные приводы, пневматический «мускул».

Стандарты ISO для пневматических приводов.

#### *10. Системы электроприводов.*

Назначение и области применения электропривода. Обобщенная функциональная схема электропривода.

Механическая часть электропривода. Моменту и силы сопротивления. Приведение моментов, моментов инерции, инерционных масс, упругих моментов и моментов диссипативных сил к одной оси. Двухмассовая электромеханическая система с упругостью первого и второго рода. Учет потерь в передачах. Механическая часть привода как объект управления.

Механические характеристики и регулировочные свойства электродвигателей постоянного тока, питаемых от сети или от регулируемых преобразователей: генератора, управляемого выпрямителя, широтно-импульсного преобразователя. Способы регулирования скорости и момента. Высокомоментные электродвигатели.

#### *11. Взаимозаменяемость. Допуски и посадки*

Основные принципы проектирования деталей машин. Составление задания. Оптимизация конструкции. Расчетные схемы. Этапы разработки конструкций. Учет технологических требований.

#### *12. Пружины*

Назначение пружин. Классификация пружин по виду нагружения и по форме. Области применения отдельных типов пружин. Материалы пружин. Допускаемые напряжения. Схемы технического расчета (подбора) цилиндрических винтовых пружин растяжения и сжатия. Общие понятия о

винтовых пружинах кручения, спиральных пружинах (часового типа), тарельчатых пружинах, рессорах.

### Рекомендуемая литература

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. изд. 8-е. М.: Машиностроение, 1999.
2. Биргер И.А., Иосилевич Г.Б. Резьбовые и фланцевые соединения. М., 1990.
3. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчеты на прочность деталей машин. М.: Машиностроение, 1993.
4. Гренко Л.П., Исаев Ю.М. Гидродинамические и гидрообъемные передачи в трансмиссиях транспортных средств. СПб, 2000.
5. Детали машин: Учеб. для вузов /Л.А. Андриенко, Б.А. Байков, И.К. Ганулич и др.; Под ред. О.А. Ряховского. М.: Изд-во МГТУ, 2002.
6. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. 7-е изд. М.: Высш. шк., 2001.
7. Иванов В.М. Детали машин. 7-е изд. М.: Высш. шк., 2000.
8. Иванов М.Н. Волновые зубчатые передачи. М.: Высш. шк., 1981.
9. Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прочность и износостойкость деталей машин. М., 1991.
10. Машиностроение. Энциклопедия: Детали машин. Конструкционная прочность. Трение, износ, смазка /Под общ. ред. Д.Н. Решетова. М.: Машиностроение, 1995. Т. 4
11. Николаев Г.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование. М., 1990.
12. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие. В 2 кн. М.: Машиностроение, 1988.
13. Расчёт деталей и узлов транспортных машин: учебник. Доп. УМО вузов РФ по образованию в области транспортных машин и транспортно-технологических комплексов / Матлин М.М., Мозгунова А.И., Лебский С.Л., Шандыбина И.М., Победин А.В.; ВолгГТУ. - Волгоград, 2014. - 311 с.

## **Раздел 2. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки**

### *1. Обработка резанием*

Основные понятия процесса резания, его физические основы. Механика процесса резания, схемы стружкообразования, трение при резании, наростообразование. Технологические среды и их действие. Понятие о стойкости инструмента. Виды износа. Технологические критерии затупления и понятие размерного износа различных видов инструмента. Связь режима обработки с качеством поверхностного слоя. Обрабатываемость конструкционных материалов резанием.

### *2. Физико-технические методы обработки*

Классификация существующих методов физико-технической обработки. Сравнительные характеристики методов физико-технической обработки. 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.

### *3. Режущий инструмент*

Инструментальные материалы, их виды и области применения. Конструктивно-геометрические параметры режущего инструмента.

### *4. Технологические основы обработки на металлорежущих станках различных типов*

Технология и физико-химические процессы удаления части начального объема материала заготовки при механической, электромеханической, электроэрозионной и лазерной обработке и других методах формирования деталей.

### *5. Металлорежущие станки*

Классификация станков по технологическому назначению, точности, степени автоматизации, типажи и каталоги металлорежущих станков. Особенности конструкций станков основных групп. Образование поверхностей на обрабатываемых деталях. Классификация движений в станках.

### *6. Основные этапы проектирования и расчетов станочного оборудования*

Основные критерии работоспособности станков. Надежность станков в период нормальной эксплуатации и износных отказов. Разработка кинематической схемы, выбор принципа управления, контроля и диагностики. Динамическая система станка. Характеристики ее основных элементов (упругой системы, процесса резания, процесса трения, процессов в двигателях).

### *7. Особенности станков для физико-технических методов обработки*

Электроэрозионные станки, их разновидности, физические схемы и технологические возможности. Прецизионные методы изготовления деталей.

Рабочие жидкости, влияние их свойств на выходные показатели процесса. Ультразвуковые станки, физические основы их работы, кинематика обрабатывающей системы, в том числе магнитострикционные и ультразвуковые преобразователи. Технологические характеристики размерной ультразвуковой обработки. Станки для отделочных методов электрофизической обработки, электрополирование, методы достижения точности и качества поверхностного слоя деталей. Станки для обработки электрохимическими методами. Электролиты, конструкции катодов. Установки для электрохимической обработки типовых деталей. Станки для электронно-лучевой и лазерной обработки. Станки для обработки комбинированными методами, их классификация. Станки для обработки электродными и анодно-механическими методами.

### Рекомендуемая литература

1. Артамонов Б. А., Волков Ю. С., Дрожжалова В. И. и др. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов : Учеб. пособие. В 2 т. М. : Высшая школа, 1983.
2. Верещака А. С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. М. : Машиностроение, 2000.
3. Иноземцев Г. Г. Проектирование режущего инструмента. Учеб. пособие для вузов. М. : Машиностроение, 1984.
4. Качество машин : Справочник: в 2 т. / Под ред. А. Г. Сулова. М. : Машиностроение, 1995.
5. Лоладзе Т. Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. М. : Машиностроение, 1982.
6. Машиностроение : Энциклопедия. Металлорежущие станки и деревообрабатывающее оборудование. Т.IV-7 / Под ред. Б. И. Черпакова. М. : Машиностроение, 1999.
7. Металлорежущие инструменты : Учеб. для вузов / Г. Н. Сахаров и др. М. : Машиностроение, 1989.
8. Механическая обработка материалов: Учеб. для вузов / А. М. Дальский и др. М.: Машиностроение, 1981.
9. Подураев В. Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания. М: Машиностроение, 1977.
10. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем / Под ред. А. С. Проникова. Т. 1, 2 (в 2 ч.), 3. М. : Машиностроение, МГТУ им. Баумана, 1994, 1995.
11. Проников А. С. Надежность машин. М. : Машиностроение, 1978.
12. Резников А. Н., Резников Л. А. Тепловые процессы в технологических системах. М : Машиностроение, 1990.
13. Решетов Д. Н., Портман В. Т. Точность металлорежущих станков. М. : Машиностроение, 1986.
14. Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков и др. М. : Машиностроение, 1994.

15. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. / Под ред. А. М. Дальского и др. 5-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 2001.
16. Старков В. К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. М. : Машиностроение, 1989.
17. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах / П. И. Ящерицын и др. М. : Высшая школа, 1990.
18. Электроэрозионная и электрохимическая обработка. Ч. 1 и 2. М. : НИИНМАШ, 1980.
19. Этин А. О., Юхвид М. В. Кинематический анализ и выбор эффективных методов обработки лезвийным инструментом. М. : АО ЭНИМС, 1994.

### Раздел 3. Технология машиностроения

#### 1. *Жизненный цикл изделий машиностроения, их функциональное назначение и качество*

Функциональное назначение изделий машиностроения. Эксплуатационные свойства деталей машин и их соединений. Качество деталей машин и их соединений. Точность деталей и ее показатели. Качество поверхностного слоя деталей. Геометрические характеристики – шероховатость, волнистость, макроотклонения. Показатели физико-механических свойств поверхностного слоя. Характеристики точности соединений: области применения посадок с зазором, с натягом и переходных посадок.

#### 2. *Система связей (физических, химических, размерных, временных, информационных, экономических и организационных) в машиностроении*

Конструкторские и технологические размерные цепи. Временные связи в производственном процессе и их компоненты. Виды и формы организации производственных процессов. Структуры временных связей в операциях технологического процесса.

#### 3. *Технологичность конструкций изделий машиностроения*

Определение, классификация и номенклатура показателей технологичности конструкций машиностроительных изделий. Основные показатели технологичности конструкций изделий. Методы и приемы отработки конструкций изделий на технологичность. Требования к обеспечению технологичности конструкций изделий машиностроения.

#### 4. *Технологическое обеспечение точности изделий машиностроения*

Расчет суммарной погрешности обработки и ее составляющих. Погрешность установки и погрешность базирования. Случайные погрешности обработки. Законы рассеивания размеров: Гаусса, Симпсона, Максвелла, равной вероятности. Точечные диаграммы.

#### 5. *Технологическое обеспечение качества поверхностного слоя деталей машин*

Взаимосвязь параметров качества поверхностного слоя деталей машин с условиями их обработки для лезвийных, алмазно-абразивных, отделочно-упрочняющих, физических, химических и комбинированных методов.

#### 6. *Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей машин*

Технологическое обеспечение контактной жесткости и прочности, статической и усталостной прочности, коррозионной стойкости, износостойкости, герметичности, прочности посадок.

#### 7. *Технологическая наследственность в машиностроении*

Технологическая наследственность на всех стадиях жизненного цикла изделия.

8. *Математическое моделирование технологических процессов, методов изготовления деталей и сборки изделий машиностроения.*

Методы экспериментальных исследований в технологии машиностроения. Классический эксперимент, дисперсионный анализ, планирование экспериментов, многофакторный регрессионный анализ. Оценка достоверности математических моделей.

9. *Основы разработки технологических процессов изготовления машин*

Исходные данные и этапы разработки технологических процессов изготовления деталей машин. Анализ технических требований чертежа и выявление технологических задач. Выбор заготовок. Маршрутное технологическое проектирование. Типизация технологических процессов и групповая обработка. Операционное технологическое проектирование. Припуски и их расчет.

10. *Технология изготовления типовых узлов и деталей машин*

Сборка типовых узлов и механизмов. Монтаж подшипников скольжения и качения. Сборка зубчатых и червячных передач. Сборка резьбовых соединений. Типовая технология изготовления ступенчатых валов. Типовая технология изготовления зубчатых колес. Типовая технология изготовления корпусных деталей.

#### **Рекомендуемая литература**

1. Суслов А.Г., Дальский А.М. Научные основы технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 2002. 302 с.
2. 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. 364 с.
3. Технология машиностроения: в 2 т. Т. 1. Основы технологии машиностроения: Учебник для ВУЗов. – 2<sup>е</sup> изд./ В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский и др.; Под ред. А.М. Дальского. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 564 с.
4. Технология машиностроения: в 2 т. Т. 2. Производство машин: Учебник для ВУЗов. – 2<sup>е</sup> изд./ В.М. Бурцев, А.С. Васильев, О.М. Деев и др.; Под ред. Г.И. Мельникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 640 с.
5. Колесов И. Н. Основы технологии машиностроения: Учеб. для машиностроит. спец. ВУЗов. – 2<sup>е</sup> изд., испр. – М.: Высш. шк., 1999. 591 с.
6. Машиностроение. Энциклопедия. Т. III-4 «Сборка машин»/ Соломенцев Ю.М., Гусев А.А. и др.; Под общ. ред. Ю.М.Соломенцева. – М.: Машиностроение, 2000. 760 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя в 2х т. Т. 1/ Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова. 5е изд. перераб. и доп. – Машиностроение-1, 2001. 912 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя в 2х т. Т. 2/ Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова. 5е изд. перераб. и доп. – Машиностроение-1, 2001. 905 с.



9. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000. 320 с.
10. Базров Б. М. Основы технологии машиностроения, М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.
11. Воронцова А. Н., Полянчиков Ю. Н., Схиртладзе А. Г., Борискин В. П. Проектирование и производство продукции, Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2007. – 264 с.
12. Технология автомобиле- и тракторостроения /[А. В. Победин, Ю.Н.Полянчиков, О. Д. Косов, Е.И. Тескер]: под ред. А. В. Победина. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 352 с.
13. Кравцов А. Н., Кравцов Н. В. Моделирование технологического обеспечения эксплуатационных свойств поверхностей деталей машин, Ирбит:ЗАО «ОНИКС», 2010. – 174 с.
14. Победин А. В., Схиртладзе А. Г., Полянчиков Ю. Н., Тескер Е. И., Косов О. Д. Технология тракторостроения, Волгоград: ИУНЛ, ВолгГТУ, 2011. – 476 с.
15. Схиртладзе А. Г., Скворцов А. В. Технологические процессы автоматизированного производства, М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 400 с.

## Раздел 4. Сварка, родственные процессы и технологии

1. Природа образования соединений при сварке. Классификация процессов сварки.
2. Теории образования соединения в твердой фазе.
3. Физические явления в приэлектродных областях дуги.
4. Общие условия устойчивости электрической дуги. Саморегулирование дуги с плавящимся электродом.
5. Кристаллизация металла при сварке, наплавке и нанесении покрытий.
6. Основные характеристики тепловых процессов.
7. Горячие трещины при сварке. Методы оценки сопротивляемости металлов образованию горячих трещин. Способы предотвращения горячих трещин.
8. Особенности структуры зоны термического влияния в сварных соединениях. Фазовые и структурные превращения при сварке конструкционных сталей.
9. Природа холодных трещин. Методы оценки сопротивляемости металлов образованию холодных трещин. Способы предотвращения холодных трещин.
10. Концентрация напряжений в сварных соединениях. Влияние дефектов на механические свойства сварных соединений и их работоспособность.

### Рекомендуемая литература

1. Теория сварочных процессов: Учебник для вузов / А.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Макаров, В.М. Неровный, Б.Ф. Якушин; Под ред. В.М. Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 752 с.
2. Милютин, В.С. Источники питания для сварки/ В.С. Милютин, М.П. Шалимов, С.М. Шанчуров. - М.: "Айрис-Пресс", 2007. – 384 с.
3. Сидоров, В.П. Теория и технология сварочных процессов: сб. задач / В. П. Сидоров; Тольяттин. гос. ун-т, Автомехан. ин-т. – Тольятти: ТГУ, 2009. – 227 с.
4. Чернышов, Г. Г. Технология электрической сварки плавлением: учебник / Г. Г. Чернышов. – М.: Академия, 2006. – 446 с.
5. Тишин О. А. Тепловые процессы: учеб. пособие / О. А. Тишин, А. В. Синьков, И. С. Мокрецов; ВПИ (филиал ВолгГТУ). - Волгоград: ВолгГТУ, 2010. – 109 с.
6. Ефименко Л. А., Прыгаев А. К., Елагина О. Ю. Металловедение и термическая обработка сварных соединений: учеб. пособие / М.: Логос, 2007. – 456 с.
7. Теория свариваемости сталей и сплавов / Э. Л. Макаров. Б. Ф. Якушин; под ред. Э. Л. Макарова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 487 с.

## Раздел 5. Теория механизмов и машин

- 1.1 Современные направления и тенденции развития теории механизмов и машин.
- 1.2 Понятие машины. Характеристики двигателей и рабочих машин.
- 1.3 Комбинированные механизмы с гидравлическими, пневматическими и электромагнитными устройствами.
- 1.4 Анализ и синтез механизмов (общие положения).
- 1.5 Силовой анализ механизмов.
- 1.6 Определение сил реакций в кинематических парах с учётом и без учёта трения. Явление самоторможения.
- 1.7 Виды неуравновешенности механизмов. Полное и частичное статические уравнивания рычажных механизмов. Неуравновешенность роторов и методы их балансировки.
- 1.8 Механические системы управления движением машин.
- 1.9 Передаточные механизмы.
- 1.10 Манипулирующие механизмы.

### Рекомендуемая литература

1. Теория механизмов и механика машин: Учеб. Для втузов/ Под ред. К.В. Фролова. – 4-е изд., испр. – М.: Высш. Шк., 2003. – 496 с.: ил.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1975. 638 с.
3. Щепетильников В.А. Уравнивание механизмов. М.: Машиностроение, 1982 г., 256 с., ил.
4. Вейц В.Л., Коловский М.З., Кочура А.Е. Динамика управляемых машинных агрегатов.–М.: Наука, 1984.–352 с.
5. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам.– 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987.– 560 с., ил.

## Раздел 6. Колесные и гусеничные машины

1. Базовые понятия в теории, конструировании, расчетах и испытаниях колесных и гусеничных машин. Назначение и сферы их использования. Классификация, параметры, положенные в основу классификации.
2. Технические требования, обуславливаемые назначением и областями использования колесных и гусеничных машин с учетом этапов их «жизненного цикла».
3. Основы технико-экономической оценки эффективности колесных и гусеничных машин.
4. Понятие о качестве и сертификации образцов. Особенности экологического воздействия на окружающую среду.
5. Теория движения колесной и гусеничной машины. Статистическое и динамическое воздействие на машину. Взаимодействие колесного и гусеничного движителя с твердой и деформируемой опорной поверхностью при прямолинейном движении. Физические и математические модели колесного и гусеничного движителя, действующие силы и моменты. Силовой и мощностной баланс колесных и гусеничных машин. Влияние основных конструктивных параметров на тягово-экономические показатели работы колесного и гусеничного движителя.
6. Способы поворота колесной и гусеничной машины, показатели оценки поворотливости. Боковой увод. Математическая модель криволинейного движения колесной и гусеничной машины. Влияние скорости машины, конструктивных параметров, углов увода и её развесовки на устойчивость движения. Оценочные показатели управляемости колесной и гусеничной машины.
7. Тормозная диаграмма. Особенности торможения машин с прицепами и полуприцепами. Математическая модель движения колесной и гусеничной машины при торможении.
8. Геометрические характеристики дорожных поверхностей.
9. Математическая модель движения колесной и гусеничной машины по периодическим и случайным поверхностям. Продольные и поперечно-угловые колебания машин. Показатели плавности хода и пути её повышения.
10. Физико-механические характеристики грунтовых поверхностей. Деформация грунта при воздействии нормальной, касательной и произвольно направленной нагрузки. Особенности качения колеса и движения гусеничного обвода по деформируемой поверхности. Оценочные показатели опорной и профильной проходимости.
11. Поворотливость, курсовая устойчивость, управляемость. Принципы поворота колесных и гусеничных машин. Причины увода колес и гусениц при движении. Расчетные схемы поворота колесных и гусеничных машин.

12. Поворот гусеничных машин в зависимости от типа механизма передачи мощности к бортам.
13. Влияние типа привода к колесам на поворотливость колесной машины.
14. Надежность. Испытания машин. Основные понятия, определения и показатели надежности. Модели отказов агрегатов колесных и гусеничных машин. Вероятностные законы, используемые при анализе показателей надежности агрегатов машин. Расчет показателей надежности на этапе проектирования машин. Экспериментально-расчетные методы расчета агрегатов машин на надежность. Виды лабораторных и дорожных испытаний.
15. Конструкции машин в целом, их агрегатов. Характерные конструктивные особенности колесных и гусеничных машин. Принципы их общей компоновки и способы реализации этих принципов. Основные конструктивные особенности несущих систем, силовых и трансмиссионных систем, ходовых систем, движителей, систем подрессоривания, систем отбора мощности, лебедок, агрегатов и систем, обеспечивающих работу машины в экстремальных условиях.
16. Расчет основных агрегатов машин. Способы рационального обеспечения функционального предназначения агрегата. Применяемые допущения и ограничения. Оценка точности полученных расчетных данных.
17. Акустическая безопасность колесных и гусеничных машин. Методы снижения уровня шума и вибраций машин.
18. Динамические нагрузки в агрегатах колесных и гусеничных машин и методы их снижения.
19. Эксплуатационные свойства колесной машины (КМ). Роль теории движения в прогнозировании основных свойств проектируемой транспортной машины.
20. Движение эластичного колеса по недеформируемой опорной поверхности. Кинематические и силовые характеристики колеса. Режимы движения колеса.
21. Коэффициент сопротивления качению: определение и влияющие факторы.
22. Коэффициент сцепления: определение и влияющие факторы.
23. Уравнение тягового баланса автомобиля.
24. Топливная экономичность КМ: оценочные параметры и влияющие факторы. Базовый и эксплуатационный расходы топлива.
25. Тормозные свойства КМ: оценочные параметры и влияющие факторы.
26. Устойчивость КМ по продольному и поперечному опрокидыванию: расчетные схемы, оценочные параметры и влияющие факторы.
27. Устойчивость КМ по продольному и поперечному скольжению: расчетные схемы, оценочные параметры и влияющие факторы.
28. Продольное и поперечное перераспределение нагрузок на колеса при движении машины: расчетные схемы и влияющие факторы.

29. Явление увода эластичного колеса: схема и влияющие факторы. Четыре теории увода эластичного колеса.
30. Явление колебаний управляемых колес: схема, перечень возмущающих моментов и анализ влияющих факторов.
31. Устойчивость движения КМ: расчетная схема, оценочные параметры и влияющие факторы.
32. Управляемость КМ: оценочные параметры и влияющие факторы.
33. Свойство поворачиваемости КМ. Пути обеспечения недостаточной поворачиваемости.
34. Свойства колес и шин. Весовой и шинный стабилизирующие моменты. Коэффициенты жесткости шин по разным координатам.
35. Виброзащищенность КМ: расчетная схема, оценочные параметры и влияющие факторы. Назначение и классификация элементов подвески. Упругая характеристика и характеристика амортизатора.

### **Рекомендуемая литература**

1. Шарипов В.М. Конструирование и расчет тракторов: Учебник для студентов ВУЗов. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2009. - 752 с.: ил.
2. Проектирование полноприводных колесных машин: Учебник для вузов / Б.А. Афанасьев, и др.; Под общ. ред. А.А. Полунгяна. М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, Т.1, 1999.
3. Проектирование полноприводных колесных машин: Учебник для вузов / Б.А. Афанасьев, и др.; Под общ. ред. А.А. Полунгяна. М.: Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, Т.2, 2000.
4. Колебания автомобиля / Я.М. Певзнер и др.; Под. ред. Я. М. Певзнера. М.: Машгиз, 1979.
5. Пирковский Ю.В., Шухман С.Б. Теория движения полноприводного автомобиля. (Прикладные вопросы оптимизации конструкции шасси). 2-е изд. М.: ЮНИТИ, 2001.
6. Многоцелевые гусеничные шасси/В.Ф. Платонов, В.С. Кожевников и др. М.: Машиностроение, 1996.
7. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. М.: Машиностроение, 1972.
8. Смирнов Г. А. Теория движения колесных машин. М.: Машиностроение, 1990.
9. Автомобильный справочник: Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.
10. Гусаков, Н.В. Техническое регулирование в автомобилестроении. Словарь-справочник / Н.В. Гусаков, Б.В. Кисуленко / Под ред. Б.В. Кисуленко. – М.: Машиностроение, 2008. – 269 с.
11. Кравец, В.Н. Теория автомобиля. Учебник для вузов / В.Н. Кравец, В.В. Селифонов. – М.: ООО «Гринлайт», 2011. – 884 с.
12. Ларин, В.В. Теория движения полноприводных колесных машин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 392 с.

13. Машиностроение. Энциклопедия: В 40 т. Т. IV-15. Колесные и гусеничные машины / Под ред. В.Ф. Платонова, К.С. Колесникова. – М.: Машиностроение, 1997. – 688 с.
14. Проектирование полноприводных колесных машин: В 3 т. / Б.А. Афанасьев, Б.Н. Белоусов, Л.Ф. Жеглов, В.Н. Зузов; Под ред. А.А. Полунгяна. – Изд-во Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.
15. Тарасик, В. П. Теория движения автомобиля: Учебник для вузов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 478 с.
16. Hans В. Pacejka. Tire and Vehicle Dynamics. – Published by Elsevier Ltd, USA, 2012.
17. Reza N. Jazar. Vehicle Dynamics: Theory and Application. – Springer Science + Business Media, LLC, 2008, 1015 p.

## Раздел 7. Роботы, мехатроника и робототехнические системы

1. История развития мехатроники. Основные термины и определения.
2. Обобщенная структура мехатронной системы. Принцип программно-аппаратной интеграции в реализации мехатронной системы.
3. Основные этапы развития робототехники. Функциональное назначение и классификация роботов по областям применения.
4. Промышленные роботы, типовые конструкции отечественных и зарубежных промышленных роботов. Классификация промышленных роботов по типу кинематической схемы.
5. Роботы для экстремальных условий: для выполнения операций под водой, в космическом пространстве, при ликвидации последствий аварий и т.д.
6. Мобильные роботы.
7. Шагающие роботы, экзоскелетоны.
8. Роботы, перемещающиеся по наклонным, вертикальным и произвольно ориентированным в пространстве поверхностям.
9. Обобщенная функциональная схема, элементы и подсистемы роботов: манипуляторы; захваты; рабочий инструмент; силовые агрегаты; механизмы разгрузки; системы очувствления; управляющие устройства; средства передвижения.
10. Понятие робототехнической системы. Структура и компоненты робототехнической системы.
11. Мини- и микроробототехнические системы. Особенности и области применения.
12. Уравнения движения мобильного робота. Кинематика и динамика колесных роботов. Модели движения с учетом проскальзывания.
13. Особенности динамики мини- и микроробототехнических устройств.
14. Кинематическое управление манипулятором (по положению, по вектору скорости, по вектору силы). Полуавтоматическое, командное и копирующее управление.
15. Системы управления манипуляторами двустороннего действия (обратимые и необратимые, симметричные и несимметричные системы).
16. Оптимальное управление манипуляторами, критерии оптимизации.
17. Методы адаптивного управления роботами. Принципы обучения автоматических манипуляторов.
18. Управление мобильными роботами; методы кинематического и динамического управления подвижной платформой.
19. Постановка задачи управления распределенной робототехнической системой. Понятие мультиагентной системы.
20. Классификация приводов, используемых в робототехнике и мехатронике. Электромеханические приводы постоянного тока. Приводы с бесконтактными двигателями постоянного тока.
21. Приводы переменного тока. Приводы на базе шаговых двигателей. Высокомоментные безредукторные приводы. Использование линейных



двигателей и многофазных магнитов.

22. Электрогидравлические и электропневматические приводы в робототехнике и мехатронике.

23. Классификация информационных устройств, применяемых в робототехнике и мехатронике.

24. Системы технического зрения; их структура, аппаратные средства.

25. Проблема группового управления роботами: современное состояние. Примеры задач группового управления роботами.

26. Двигатели мобильных роботов. Классификация и особенности применения.

#### Литература

1. Юревич Е. И. Основы робототехники. – 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ Петербург, 2005. – 416 с.

2. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Управление роботами. М.: Изд-во МГТУ, 2000.

3. Каляев И.А., Лохин В.М., Макаров И.М. и др. Под ред. Юревича Е.И. Интеллектуальные роботы. – М.: Машиностроение. 2007. – 360с.

4. Интеллектуальные системы автоматического управления. Под ред. Макарова И.М., Лозина В.М.. – М.: Физматлит, 2001. 576 с.

5. Бройнль Т. Встраиваемые робототехнические системы: проектирование и применение мобильных роботов со встроенными системами управления. – Издательство «ИКИ», 2012. – 520 с.

6. Попов Е.П., Письменный Г.В. Основы робототехники. М.: Высш. шк., 1990.

7. Накано Э. Введение в робототехнику. М.: Мир, 1988.

8. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9 кн. / Под ред. И.М. Макарова. М.: Высш. шк., 1986.

9. Черноусько Ф.Л., Болотник Н.Н., Градецкий В.Г. Манипуляционные роботы. Динамика, управление, оптимизация. М.: Наука, 1989.

10. Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение. 2-е изд.– М.: Машиностроение, 2007.– 256 с.

11. Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов.– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.– 280 с.

12. Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 384 с.

## **Раздел 7. Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины**

**Рекомендуемая литература**