



ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

" ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРИБОРОВ "

Для специальностей:

- 010200 - Прикладная математика
- 071900 - Информационные системы (по областям применения)
- 131400 - Динамика полета и управление движением
- 181200 - Гироскопические приборы и системы ориентации, навигации, стабилизации
- 190500 - Биомедицинские и медицинские аппараты и системы
- 190700 - Оптико-электронные приборы и системы
- 200800 - Проектирование и технология радиоэлектронных средств
- 201600 - Радиоэлектронные системы
- 210500 - Системы автоматического управления летательными аппаратами
- 210800 - Радиоэлектронные и электротехнические приборные устройства
- 220100 - Вычислительные машины, комплексы, системы и сети
- 220200 - Автоматизированные системы обработки информации и управления
- 220500 - Конструирование и технология электронно-вычислительных средств

Издание официальное

Государственный комитет Российской Федерации
по высшему образованию

*

Москва

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

Одобрена научно-методическим советом по прикладной механике и основам конструирования
Председатель
А.И.Станкевич

Составлена в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по указанным специальностям.
Утверждаю:
Начальник Главного управления образовательно-профессиональных программ и технологий
Ю.Г.Татур

ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

" ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРИБОРОВ "

Для специальностей:

- 010200 - Прикладная математика
- 071900 - Информационные системы (по областям применения)
- 131400 - Динамика полета и управление движением
- 181200 - Гироскопические приборы и системы ориентации, навигации, стабилизации
- 190500 - Биомедицинские и медицинские аппараты и системы
- 190700 - Оптико-электронные приборы и системы
- 200800 - Проектирование и технология радиоэлектронных средств
- 201600 - Радиоэлектронные системы
- 210500 - Системы автоматического управления летательными аппаратами
- 210800 - Радиоэлектронные и электротехнические приборные устройства
- 220100 - Вычислительные машины, комплексы, системы и сети
- 220200 - Автоматизированные системы обработки информации и управления
- 220500 - Конструирование и технология электронно-вычислительных средств

Москва, 1996 г.

ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
" ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРИБОРОВ "

Для специальностей:

- 010200 - " Прикладная математика";
- 071900 - " Информационные системы (по областям применения)";
- 131400 - " Динамика полета и управление движением";
- 181200 - " Гироскопические приборы и системы ориентации, навигации, стабилизации";
- 190500 - " Биомедицинские и медицинские аппараты и системы";
- 190700 - " Оптико-электронные приборы и системы";
- 200800 - " Проектирование и технология радиоэлектронных средств";
- 201600 - " Радиоэлектронные системы";
- 210500 - " Системы автоматического управления летательными аппаратами";
- 210800 - " Радиоэлектронные и электротехнические приборные устройства";
- 220100 - " Вычислительные машины, комплексы, системы и сети";
- 220200 - " Автоматизированные системы обработки информации и управления";
- 220500 - " Конструирование и технология электронно-вычислительных средств".

1. ПРЕДИСЛОВИЕ

1. Цикл подготовки:

ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКАЯ ПОДГОТОВКА.

Особенностью курса "Основы конструирования приборов" является то, что в нем органически связаны между собой понятия и разделы существовавших ранее отдельных курсов "Прочность приборных конструкций", "Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения", "Элементы приборных устройств". Таким образом, вопросы прочности, точности и взаимозаменяемости рассматриваются в курсе ОКП непосредственно в приложении к

конструкциям конкретных деталей, узлов, механизмов, электро-радиоэлементов приборов.

Кроме того в курсе ОКП основной акцент смещен в область практического приборостроения, умений и навыков, для чего уменьшено количество часов на лекции и значительно увеличено на семинары, введена контролируемая самостоятельная работа (КСР), предусматривается последовательное изучение материала по принципу "от простого к сложному".

В начале изучаются общие вопросы проектирования, исходя их общих функций изделия, структуры этой функции. Приводятся классификации, характеристики элементов приборных устройств, дается представление о функционально-узловом методе конструирования, модульном построении приборного устройства. Затем изучаются вопросы прочности и жесткости, при помощи которых студенты могут рассчитать номинальные размеры деталей сборочных единиц, а затем изучаются вопросы точности проектирования отдельных деталей и сборочных единиц.

Усвоение студентами материала и приобретаемых навыков по курсу осуществляется при проведении контрольных мероприятий, во время консультаций, при обсуждении вопросов, изучаемых студентами самостоятельно, при защите домашних заданий.

При подготовке рабочих программ для инженеров на курс должно быть предусмотрено от 405 до 436 часов, из них рекомендуется планировать на лекции от 126 до 144 часов, упражнения от 54 до 90 часов и лабораторные работы от 18 до 36 часов.

Конкретное распределение числа часов устанавливается кафедрой в зависимости от общей учебной нагрузки, установленной учебным планом. На самостоятельную работу рекомендуется планировать 40-50% общего числа часов.

Название дисциплины по данной программе является условной. Программу следует рассматривать как обобщающий документ, интегрирующий содержание общеинженерной конструкторской подготовки по таким дисциплинам, как "Теория, расчет и основы конструирования измерительных устройств и систем" или "Основы конструирования оптических приборов" или в качестве элективных курсов.

При формировании рабочих программ кафедрам предоставляется право самим выбирать перечень тем и вопросов, излагаемых в разделе 2 и устанавливать объем их изучения в пределах отве-

денного учебным планом количества аудиторных часов. Рекомендуется в рабочей программе в наиболее полном объеме использовать раздел 2.1 с соответствующими добавлением тем из раздела 2.2, более полно отражающих специфику подготовки студентов по данной специальности.

2. Цели обучения и формирования специалиста в рамках дисциплин "ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРИБОРОВ".

А. Ядро профессиональных знаний заключено в овладении студентом общих сведений о проектировании и конструировании, расчетам прочности и жесткости элементов приборных устройств; положений Государственной системы стандартизации, метрологии, взаимозаменяемости, оценки уровня качества; методов проектирования элементов общеприборного назначения и устройств преобразования и передачи информации; защиты приборов от внешних воздействий.

Б. Ядро профессиональных умений заключено в умении обосновать технические требования к типовым механическим, электромеханическим и электронным элементам и узлам приборов, провести их расчет и конструирование с учетом технологии изготовления, разработать и выпустить конструкторскую документацию на проектируемое изделие и определить его показатели уровня качества, учитывая влияние внешних воздействий.

В. Ядро интеллектуальных умений состоит в способности разработать и обосновать техническое задание на проектируемый прибор, внести техническое предложение на конструирование отдельных его узлов, составить алгоритм оптимизации конструкции в соответствии с выбранным критерием качества и, с помощью библиотеки графических программ, осуществить выпуск конструкторской документации на ЭВМ.

Г. Ядро профессиональной творческой деятельности состоит в формировании навыков у студентов разрабатывать предложения по совершенствованию конструкций механических, электромеханических, электронных и других элементов и узлов (на основе анализа промышленных аналогов приборов), а также осуществлять их проектирование с учетом обеспечения повышения функциональных показателей качества, патентной чистоты и конкурентоспособности.

3. Профессиональные задачи курса.

А. Репродуктивный уровень.

Ядро профессиональных знаний.

Студент должен знать:

Основные положения Государственной системы стандартизации (ГСС);

-единой системы конструкторской документации;

-единой системы допусков и посадок;

-государственной системы единства измерений.

Величины, характеризующие:

-прочность, жесткость, деформации механических элементов и несущих конструкций;

-параметры и характеристики точности и взаимозаменяемости, надежности, теплостойкости, вибропрочности, виброустойчивости, износостойкости;

-параметры, характеризующие отклонения формы и расположения поверхностей;

-параметры, технические характеристики и основные методики расчета конструкции электромеханических, электромагнитных, электронных и других типовых элементов, передаточных механизмов, преобразователей и исполнительных устройств (с учетом подготовки специалиста);

-стадии проектирования и составления технической документации.

Понятия:

деталь, сборочная единица, комплекс, прочность, жесткость, деформации, устойчивость, теплостойкость, вибропрочность, виброустойчивость, износостойкость, точность, посадки, размерные цепи, взаимозаменяемость, надежность, резервирование, агрегатирование, уровень качества, конкурентоспособность.

Методики:

-выбора допусков и посадок;

-расчета размерных цепей;

-расчета на прочность, жесткость, устойчивость, деформацию типовых элементов конструкций с учетом условий эксплуатации;

-выбора стандартизованных и нормализованных конструкций;

-проектирования типовых элементов и узлов приборов.

Типовые элементы:

элементы электромеханических и пневмогидравлических приводов, передаточные механизмы, упругие элементы, электромагнитные механизмы, конструкции электрических и электронных элементов, контактно-коммутационные устройства, элементы и устройства преобразования и передачи информации, средства индикации и отсчетные устройства, демпферы, амортизаторы, корпуса приборов и др.

Конструкционные материалы, их свойства. Методы упрочнения покрытий.

Б. Ядро профессиональных умений:

Студент должен уметь:

-обосновать технические требования к типовым механическим, электромеханическим и электронным элементам и узлам приборов на базе общего технического задания на изделие;

-проводить расчеты и конструировать типовые элементы и узлы приборов в соответствии с требованием технического задания на изделие;

-осуществлять выбор материалов для деталей проектируемого прибора, исходя из эксплуатационных требований к ним в отношении надежности, экономичности, износостойкости и т.п., а также с учетом особенностей обработки и приемов формообразования (холодным и горячим методами);

-разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты на элементы и узлы приборов в соответствии с требованиями ЕСКД, ЕСДП и др. стандартов;

-разрабатывать технологию изготовления и выбирать оборудование для производства проектируемого изделия;

-осуществлять выбор технологических методов и способов производства заготовок и деталей (сварка, литье, штамповка, резание, напыление, упрочнение, электрохимическая обработка, порошковая технология, гальванические покрытия и др.);

-пользоваться библиотекой графических элементов и пакетами прикладных программ для автоматизированного проектирования элементов и узлов приборов;

-осуществлять выбор и определять значения показателей качества (надежность, безопасность, экономичность, показатели

унификации, эргономики, экологических требований и др.) проектируемого прибора;

- выявлять контролируемые параметры изделий, определять составляющие допусков и влияющих величин, выбирать средства измерений и методы метрологического обеспечения при контроле параметров;

- осуществлять измерения при контроле качества и испытаниях продукции с применением современных методов математической обработки результатов измерений;

- применять государственные и международные стандарты;

- пользоваться современной отечественной и зарубежной технической литературой, справочниками и стандартами, проводить патентные исследования.

В. Ядро интеллектуальных умений.

По завершении общеинженерной конструкторской подготовки студенты должны уметь:

- разрабатывать и обосновывать технические задания на конструирование элементов и узлов приборов с учетом профиля подготовки специалистов;

- разрабатывать технические предложения на конструирование приборных устройств;

- составлять алгоритм оптимизации конструкции элементов и узлов приборов на основе требований технического задания на проектируемое изделие или по заданному критерию (точность, надежность, технологичность, экономичность, габариты, масса и т.п.);

- проводить операции с геометрическими примитивами, используя библиотеку графических программ, с целью создания геометрических комплексов и получения конструкторских документов на АРМК.

Г. Ядро профессиональной творческой деятельности.

Формирование у студентов навыков по следующим видам инженерной деятельности;

- анализ состояния вопроса в данной области конструкторских решений с целью выработки технических предложений по проектированию новых изделий с учетом обеспечения их патентной чистоты и конкурентноспособности;

- разработка предложений по совершенствованию конструкций

механических (электромеханических, электронных и др.) элементов и узлов прибора на основе анализа имеющихся промышленных аналогов, обеспечивающих выполнение требований, изложенных в техническом задании;

- обеспечение повышения функциональных показателей качества изделия в отношении работоспособности, экономичности, эргономических требований, технологичности (взаимозаменяемости, регулируемости, контролируемости) технической эстетики и устойчивости конструкций при внешних воздействиях (механических, климатических, электромагнитных полей, радиации и т.п.);

- обеспечение снижения материалоемкости и энергоемкости (удельной массы изделия и удельного расхода основных видов сырья, материалов, топлива и энергии на единицу технической характеристики или параметра, наиболее полно характеризующего потребительские качества изделия, например, коэффициента использования материальных ресурсов и т.п.);

- подтверждение расчетами, экспериментами или моделированием на ЭВМ корректности решения конструкторских задач обеспечения физико-механических, механических и других свойств элементов конструкций проектируемого узла прибора (прочности, жесткости, точности, твердости, теплостойкости, износостойкости, чувствительности и т.п.).

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

2.1.1. Введение.

Предмет, содержание и место курса "Основы конструирования приборов" (ОКП) в системе подготовки бакалавра приборостроительного профиля. Основные задачи курса. Связь курса с общетехническими и специальными дисциплинами.

Основные функции конструкций приборов. Классификация приборов. Конструктивно-технологические показатели II-V поколений приборных устройств. Конструктивная база: несущие конструкции, механизмы настройки и узлы управления. Структура приборных устройств.

2.1.2. Конструкторская подготовка производства приборов.

Задачи и характер конструирования. Пример последовательности процесса конструирования. Правила анализа технической

проблемы при уточнении задачи. Методы синтеза. Методы принятия решений.

Применение технических средств. Моделирование с помощью ЭВМ. Подготовка конструкторской документации.

Функциональная структура прибора. Общая функциональная модель; уровень преобразования; уровень коммуникации; уровень возмущений. Функция надежности. Конструктивные элементы, выполняющие функцию установки.

Конструкции приборов; моноблочные, блочно-модульные, унифицированные. Единая система типовых несущих конструкций. Учет в конструкции приборов возможности автоматизации их изготовления.

2.1.3. Основы метрологического обеспечения, стандартизации и взаимозаменяемости приборных устройств.

Государственная система стандартизации. Основные положения (ГОСТ 1.0-85). Метрологическое обеспечение. Основные положения (ГОСТ 1.25-76). Порядок согласования, утверждения и государственной регистрации технических условий (ГОСТ 1.3-85). Порядок разработки стандартов и технических условий на продукцию для экспорта (ГОСТ 1.22-85).

Категории и виды стандартов; построение, содержание и изложение стандартов; унификация, ряды предпочтительных чисел; технико-экономическая эффективность стандартизации и унификации; общетехнические системы стандартизации - единая система конструкторской документации, единая система технологической подготовки производства, система стандартов безопасности труда.

Государственная система обеспечения единства измерений, общие положения; виды и методы измерений, представление результатов измерений; нормируемые метрологические характеристики средств измерений; оценка достоверности результатов измерений; методология измерений; выбор методов и средств измерений для обеспечения требуемой точности измерений; основные стандарты в метрологии. Поверочные схемы и эталоны для параметров, характерных для данной специальности, например, для электрических и магнитных величин, перемещений, скоростей, ускорений и др.

Точность и взаимозаменяемость как принцип проектирования,

изготовления и эксплуатации приборных устройств. Характеристика рассеяния параметров. Гистограмма и полигон распределения. Непрерывные и дискретные величины. Кривые распределения. Относительная частота и вероятность. Статистический анализ и оценка погрешностей изготовления и измерения.

Общие сведения об отклонениях геометрических размеров и электрических параметров от номинальных, заданных конструктором. Понятие о допусках на геометрические размеры и параметры. Взаимозаменяемость. Допуски и посадки деталей приборных устройств для подвижных соединений (с зазором), неподвижных (с натягом) и соединений по переходным посадкам. Единая система допусков и посадок. Качества точности. Ряды допусков и основных отклонений (ГОСТ 25346-82; ст СЭВ 145-75). Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками (ст СЭВ 302-76). Система образования посадок - отверстия и вала. Поля допусков и рекомендуемые посадки (ГОСТ 25347-82; ст СЭВ 144-75). Поля допусков деталей из пластмасс (ГОСТ 25349-82; ст СЭВ 179-75).

Размерные цепи и цепи допусков. Методы решения размерных цепей, относящимся к отдельным деталям и сборкам (ГОСТ 16320-70; ГОСТ 16319-70). Методы конструкторско-технологического решения размерных цепей: полной взаимозаменяемости; неполной взаимозаменяемости; технологической компенсации; конструкторской компенсации.

Расчет допусков на электрические параметры элементов приборов, их основные метрологические характеристики и особенности обеспечения взаимозаменяемости.

Основные нормы взаимозаменяемости. Отклонения формы и взаимного расположения поверхностей. Основные термины и определения, допуски (ст СЭВ 301-76; ст СЭВ 636-77). Обозначение на чертежах. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики (ГОСТ 2789-73; ст СЭВ 638-77).

Примеры решения прямой и обратной задачи при параметрическом и размерном анализе.

Значение стандартизации в обеспечении качества и взаимозаменяемости. Стандарты ИСО серии 9000 "Управление качеством продукции".

2.1.4. Систематизация и унификация несущих конструкций приборных устройств. Основные требования.

Основные конструктивные уровни, термины и определения. Система базовых несущих конструкций модулей, типизация и унификация. Функционально-модульный метод проектирования приборов. Унифицированные базовые несущие конструкции первого, второго и третьего уровней.

Теплофизическое конструирование приборов.

Точность и точностная характеристика прибора. Принцип создания конструкций с минимальными погрешностями. Надежность. Определение технической надежности. Характеристики отказов. Вероятность безотказной работы. Методы повышения надежности. Особенности отказов механических систем.

Технологичность конструкций. Показатели. Нормирование условий эксплуатации.

Обеспечение прочности и жесткости конструкций.

2.1.5. Основы расчета на прочность и определение деформаций несущих конструкций приборов.

Характеристика нагрузок, действующих на прибор и его элементы. Понятие прочности и жесткости. Расчетные схемы. Учет перегрузок от линейных ускорений, вибраций, ударов. Понятие об объемной, контактной и усталостной прочности. Внутренние силовые факторы; определение их значений методом сечений.

Напряжения, деформации, перемещения. Основные допущения при расчетах элементов несущих конструкций приборов на прочность и жесткость. Расчет несущих конструкций приборов при действии продольных и сжимающих сил. Закон Гука, модуль упругости. Коэффициент Пуассона. Проектировочный и проверочный расчеты. Статически неопределимые системы.

Механические свойства конструкционных материалов и способы их определения. Твердость, прочность, пластичность, ударная вязкость, предел выносливости, ползучесть, износостойкость, виброустойчивость.

Геометрические характеристики поперечных сечений деталей и конструктивных профилей несущих конструкций приборов; расчеты на ЭВМ.

Расчет элементов конструкций, работающих на срез, деформация сдвига, закон парности касательных напряжений.

Расчет элементов конструкций, воспринимающих и передающих крутящий момент. Относительный угол закручивания.

Расчет элементов конструкций при изгибе. Чистый, поперечный, прямой и кривой изгибы. Рациональные формы поперечных сечений стержневых элементов для рам и каркасов (круглый, прямоугольный; профильный L-, П-, Т-образный; специальные профили). Методы определения деформаций и перемещений деталей и узлов прибора под действием изгибающих моментов. Формула Журавского. Потенциальная энергия при изгибе. Интеграл Мора.

Расчет элементов конструкций прибора в общем случае нагружения. Круговая диаграмма напряженного состояния. Гипотезы прочности. Теория предельных состояний Мора.

Определение размеров пластинчатых и стержневых элементов. Повышение их жесткости при изготовлении методом литья и прессования.

Прочность хрупких и пластичных материалов при концентрации напряжений к конструкции детали. Определение запаса объемной прочности для простого и сложного напряженного состояния.

Контактные давления и поверхностные разрушения деталей приборов. Формулы Герца.

Устойчивые и неустойчивые формы равновесия упругих конструкций. Формула Эйлера и пределы ее применения. Использование явления потери устойчивости упругих элементов при их конструировании.

Продольно-поперечный изгиб. Определение перемещений, напряжений, коэффициента запаса прочности. Формула Тимошенко.

Динамическое действие нагрузок. Определение деформаций и напряжений в упругих деталях при внезапном приложении нагрузки. Примеры. Удар по упругой перемещающейся системе.

Расчеты прочности и жесткости с учетом старения материалов.

2.1.6. Функциональные узлы приборов.

2.1.6.1. Функциональные узлы с дискретными элементами.

Типы и параметры радиодеталей: электрические параметры; параметры, характеризующие электрическую прочность, а также способность выдерживать электрическую нагрузку. Параметры, характеризующие потери, стабильность.

Резисторы. Назначение, обозначение в принципиальных схемах, классификация, основные параметры, конструкция. Постоян-

ные и переменные резисторы. Реостатное и потенциометрическое включение переменных резисторов. Потенциометры. Влияние нагрузки на характеристику потенциометра. Рекомендации по выбору резисторов.

Основные параметры и характеристики специальных резисторов: вариаторов, терморезисторов, тензорезисторов, фоторезисторов. Особенности проектирования резисторов для СВЧ техники. Резисторы для микроэлектронной техники (полупроводниковые, тонко - толстопленочные).

Конденсаторы. Назначение, обозначение на принципиальных схемах, классификация, основные параметры, конструкция. Расчет емкости и определение формы и размеров пластин конденсаторов переменной емкости. Полупроводниковые конденсаторы переменной емкости. Рекомендации по выбору конденсаторов.

Катушки индуктивности. Назначение, обозначение на принципиальных схемах, классификация, основные параметры, конструкция. Катушки с магнитными сердечниками. Экранирование индуктивных катушек. Связанные катушки, дроссели высокой частоты, вариометры и ферровариометры, электромеханические фильтры. Основные сведения о расчете катушек индуктивности.

Особенности конструирования индуктивностей в СВЧ технике.

Элементная база микроэлектронной аппаратуры. Коммутационные платы и пассивные элементы гибридных микросхем и микросборок. Компоненты микросборок и их соединение. Корпуса для интегральных микросхем и микросборок. Корпуса микросборок СВЧ - диапазона.

Трансформаторы и дроссели. Назначение, обозначение в принципиальных схемах, классификация, конструктивные особенности. Унифицированные трансформаторы и дроссели.

Импульсные трансформаторы, особенности конструирования.

Элементы индикации. Назначение, классификация. Психологические особенности зрения. Вакуумные, люминисцентные, газоразрядные и полупроводниковые элементы индикации, элементы на жидких кристаллах - конструктивные особенности, рекомендации по выбору. Перспективы развития элементов индикации.

Выбор варианта базовой конструкции ячейки. Выбор типоразмеров печатных плат. Правила установки корпусных микросхем и микросборок на печатные платы. Элементы электрических соедине-

ний и фиксации. Базовые несущие конструкции ячеек.

2.1.6.2. Электромеханические функциональные узлы.

Приводы. Типовые структуры. Выбор электродвигателя. Передачи. Основные виды передачи движения.

Электромагниты и электромагнитные механизмы (ЭММ). Принцип действия. Назначение и особенности применения. Классификация. Типовые конструкции. Тяговая и механическая характеристика и их согласование. Динамические характеристики. Факторы, влияющие на быстродействие. Способы повышения быстродействия.

Электромеханические позиционирующие устройства для линейных дискретных перемещений. Типовые структуры. Позиционирующие устройства.

Конструирование элементов измерительных преобразователей. Общие сведения о методах измерения и преобразования механических и физических величин. Понятие о статических и динамических характеристиках преобразователей. Чувствительность преобразователей и ее конструктивно-технологическое обеспечение. Чувствительность при последовательном, параллельном и смешанном соединениях звеньев преобразователей. Установка чувствительных узлов преобразователей в корпусах. Схемы конструкций подвижных чувствительных узлов преобразователей для измерения линейных и угловых перемещений, ускорений, давления.

Электрические соединения. Контакты. Основные требования. Типы контактов. Материалы. Расчет контактов. Контакты ВЧ и СВЧ цепей. Штепсельные разъемы, микровыключатели, электрические кнопки, тумблеры и др. элементы коммутации. Элементы заземления и экранирования.

Конструкции контактных разъемов. Штекерные разъемы.

2.1.6.3. Механические функциональные узлы и элементы приборов.

Конструирование соединений несущих элементов приборов. Механические разъемные и неразъемные соединения. Назначение. Классификация, особенности применения. Методы расчета.

Валы и оси. Назначение и классификация. Предварительный и проверочный расчеты валов и осей.

Опоры и направляющие. Назначение и классификация. Обозначение на схемах по ЕСКД. Тип опорных узлов. Назначение и типы смазок.

Подшипники и опоры скольжения. Классификация. Элементы конструкций. Выбор материалов. Расчет и конструирование цилиндрических опор. Момент трения в опорах скольжения. Особенности конструирования и расчета приборных опор: конических, сферических опор на шпиле и других. Сравнительная оценка различных опор скольжения. Области применения.

Подшипники и опоры качения. Классификация, условные обозначения, классы точности. Подбор шарикоподшипников с учетом действующей нагрузки, заданной долговечности, скорости вращения вала, способов монтажа вала в подшипниках, условий эксплуатации, габаритов и т.д. Примеры конструкций опорных узлов.

Сравнительная оценка и рекомендации по применению опор скольжения и качения. Взаимозаменяемость подшипников.

Способы снижения трения в опорных узлах, работы Н.Е.Жуковского.

Направляющие для поступательного движения. Конструкция, материалы и классификация. Применение направляющих при проектировании несущих конструкций. Условия отсутствия заклинивания в направляющих. Применение.

Конструирование упругих элементов. Назначение, классификация. Упругая характеристика (определение жесткости и чувствительности). Расчет пружин на прочность и жесткость. Примеры расчета пружин по специальности.

Конструктивные особенности и особенности методов расчета термометаллических и манометрических пружин.

Конструирование фиксирующих устройств и ограничителей движения. Классификация, основные характеристики и методы расчета ограничителей движения, зажимных устройств, фиксаторов, тормозов и арретиров. Сравнительная оценка и рекомендации по применению наиболее распространенных типовых конструкций.

Передачи. Классификация. Кинематические, силовые и точностные характеристики, основные критерии расчета.

Передачи винт-гайка. Типы передач, назначение. Основные кинематические и силовые соотношения. Точность резьбовых соединений и передач винт-гайка.

Фрикционные передачи. Классификация и конструктивные схемы. Основные кинематические и силовые характеристики. Выбор материалов. Понятие о геометрическом и упругом скольжении. Ва-

риаторы. Области применения.

Передачи с гибкой связью. Классификация и конструктивные схемы. Основные кинематические и силовые соотношения. Формула Эйлера. Область применения передач с гибкой связью в приборных устройствах.

Зубчатые передачи. Классификация. Основная теорема зацепления. Скольжение профилей. Эвольвентный профиль зуба и его достоинства. Основные параметры эвольвентного зубчатого зацепления. Минимальное число зубьев. Нулевые, положительные и отрицательные колеса.

Передача сил и моментов в зубчатой передаче. Расчеты на прочность зубчатых передач. Основные понятия о точности зубчатых передач.

Особенности проектирования косозубых, винтовых, конических и червячных передач.

Конструирование многоступенчатых зубчатых передач. Основные кинематические и силовые соотношения. Обеспечение минимальных габаритов, массы, приведенных моментов инерции и погрешностей.

Конструирование планетарных передач. Определение передаточных отношений методом Виллиса и с помощью скоростей. Дифференциальные передачи. Достоинства и недостатки планетарных передач.

Волновые передачи. Принцип работы и основы конструирования.

Конструирование муфт. Предохранительные муфты, применение и методы расчеты.

Основы конструирования шарнирно-рычажных и кулачковых механизмов МЭА. Примеры конструкций.

Оценка времени разгона электромеханического привода, постоянная времени. Согласование инерционных характеристик двигателя, редуктора и нагрузки. Методика расчета кинематической точности зубчатых цепей. Компенсация кинематических погрешностей и боковых зазоров.

2.1.6.4. Расчет точности и обеспечение взаимозаменяемости элементов и узлов приборных устройств.

Показатели и характеристики качества приборных устройств и функциональных узлов.

Погрешности, влияющие на качество приборного устройства, их источники и характеристики.

Зависимости показателя качества приборного устройства от первичных погрешностей и передаточных функций.

Методы расчета приборного устройства на точность при проектировании. Проектный расчет. Проверочный расчет. Обеспечение точности приборного устройства с помощью компенсаторов. Примеры расчета.

2.1.7. Компоновка приборов и защита от внешних воздействий.

Компоновочные схемы и конструкции блоков. Блок разъемной конструкции на микросхемах. Блок книжной конструкции на микросхемах и микросборках.

Особенности выбора художественно-конструкторского решения и приборостроения. Элементы связи в системе человек - прибор. Знаки на приборах (элементы обозначений). Выбор формы систем приборов.

Способы защиты аппаратуры от воздействия внешних механических перегрузок. Свободные и вынужденные колебания деталей приборов с одной степенью свободы. Резонанс. Определение собственных частот колебаний несущих элементов. Определение прочности элементов приборов при механических воздействиях.

Амортизаторы (виброизоляторы). Амплитудно-частотная характеристика системы "прибор-амортизатор-основание" и ее использование для подбора параметров виброизоляторов. Методика выбора и установки виброизоляторов.

Демпферы. Назначение. Основные характеристики. Коэффициент и степень демпфирования. Особенности конструкций демпферов.

Технико-экономическая оценка конструкции прибора.

2.2 Области применения и варианты конструктивного исполнения приборных устройств. Стационарная аппаратура. Подвижная аппаратура бортовая, носимая и переносная. Способы задания условий эксплуатации. Особенности проектирования обслуживаемых и автономных приборных устройств.

2.2.1. Защита приборов и окружающей среды.

Защита приборов от климатических воздействий. Климатические зоны и районы. Защита от коррозии. Выбор материала и защита поверхности. Рекомендации по конструированию. Защита от

касаний, внедрения посторонних предметов, воды и влаги. Параметры влажности. Конструктивные и технологические требования. Примеры конструкций.

Защита от электрического удара. Защитное заземление и изоляция. Защитное пониженное напряжение.

Защита от тепловых нагрузок. Термодинамическая модель. Теплопередача. Тепловое излучение. Конвекция. Методы теплоотвода от приборов: свободной конвекции воздуха; вынужденной конвекции воздуха; жидкостное охлаждение; использование термоэлектрических эффектов. Рекомендации по конструированию приборов, сбалансированных для тепловых нагрузок.

Защита от действия внешних электромагнитных полей. Экранирование электрических и магнитных полей. Примеры конструкций экранов. Защита от помех со стороны источника питания. Эквивалентная схема замещения источника помех. Примеры схема подавления помех. Схемы и требования к безопасности средств подавления радиопомех. Противопомеховые дроссели и конденсаторы.

Защита от шума. Источники шума и его распространение. Порядок расчета суммарного уровня звукового давления. Понятие об эквивалентном уровне звука. Изоляция структурного звука. Изоляция воздушного звука. Звукоизоляция типовых конструктивных элементов приборов.

2.2.2. Колебания элементов конструкций приборных устройств.

Классификация колебательных процессов: собственные, вынужденные, параметрические, автоколебания. Основные допущения и расчетные схемы. Классификация колебательных систем.

Колебания систем с одной степенью свободы. Вывод уравнений движения (из уравнений Лагранжа 2-го рода). Собственные колебания линейной и нелинейной системы. Вынужденные колебания линейной системы: резонансные кривые, системы виброизоляции. Колебания при периодическом и произвольном воздействии. Вынужденные колебания нелинейной системы. Элементы теории измерительных приборов сейсмического типа.

Колебания систем с двумя степенями свободы. Парциальные системы и полная система. Собственные колебания системы без затухания и с затуханием. Нормальные координаты. Комплексные собственные частоты. Действие гармонической силы на систему без затухания. Вынужденные колебания при наличии затухания.

Динамическая жесткость и комплексные параметры.

Колебания систем с многими степенями свободы. Матричная форма уравнений движения; свойства матричных коэффициентов. Коэффициенты влияния. Колебания консервативных и неконсервативных систем. Нормальные координаты и их ортогональность. Энергия собственных колебаний и нормального колебания. Колебания при наличии затухания. Вынужденные колебания системы без затухания.

Колебательные системы с распределенными параметрами. Вывод волнового уравнения для однородного стержня. Методы решения волнового уравнения. Граничные условия, характерные для элементов конструкции АРЭУУ. Частоты и формы собственных колебаний. Ортогональность форм собственных колебаний. Вынужденные колебания стержней при импульсивном воздействии. Уравнения изгибных (поперечных) колебаний.

2.2.3. Конструирование деталей приборных корпусов из тонколистового материала. Стандартные размеры, механические и физические свойства тонколистового проката черных и цветных металлов. Конструктивно-технологические особенности изготовления гнутых деталей. Выкройка, заготовка, посадка и вытяжка в штампе материала. Влияние конструктивных погрешностей на точность изготовления деталей. Получение жестких конструкций из тонколистового проката. Основные профили гибки и их использование в конструкциях. Объемные бескаркасные конструкции. Арматура приборных корпусов и крепление деталей и узлов.

2.2.4. Оптические функциональные узлы.

Оптические системы, используемые в приборах. Крепление круглых оптических деталей (завальцовкой, резьбовым кольцом, пружинным кольцом, приклеиванием, "насыпкой"). Расчет допусков с учетом температурного диапазона. Крепление призматических оптических деталей. Юстировка с помощью оправы. Примеры юстируемых оправ.

2.2.5. Оптоэлектронные функциональные узлы. Структура и форма оптоэлектронных излучателей и фотоприемников. Элементы, реализующие функцию связи (волоконные световоды, оптические соединители, оптические разветвители, оптроны). Оптронные индикаторы. Оптоэлектронные узлы в системах связи, обработки данных и измерительных устройствах. Прокладка и крепление электронных све-

товодов оптоэлектронного элемента на печатной плате.

2.2.6. Конструирование герметичных ячеек и блоков. Особенности компоновки. Метод кондуктивных теплостокков. Конструкция блока герметичной разъемной конструкции. Блок герметичной книжной конструкции с воздухоотводом; с вентилятором, способы герметизации блоков. Критерий герметичности.

2.2.7. Измерительные преобразователи.

Электрические тензометры. Резистивные, индуктивные, емкостные и струнные тензометры. Механические тензометры с рычажной передачей и торсионной лентой. Кернерные тензометры. Зеркальный прецизионный измерительный прибор по Маршенсу (оптико-механический тензометр). Теоретические основы измерительных преобразователей механических колебаний. Измерительные преобразователи перемещений (относительных и абсолютных), виброскорости (велосиметры) вращательных, (крутильных) колебаний. Измерительные преобразователи силы и крутящего момента. Тензорезистивные, индуктивные, магнитоупругие, пьезоэлектрические струнные динамометры и датчики крутящего момента. Конструктивные исполнения и основные типы.

2.2.8. Автоматизация разработки и выполнение конструкторской документации (АКД).

Создание, обработка и хранение моделей геометрических объектов (ГО) и их изображений с помощью ЭВМ (машинная графика). Основные принципы построения и структура системы АКД. Графические и конструктивные элементы информационной базы системы АКД. Техническое обеспечение. Программное обеспечение. Базовое программное обеспечение (БПО). Автоматизация выполнения чертежей деталей. Автоматизация выполнения конструкторских документов на сборочную единицу. Примеры САПР печатных плат.

3. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Основная цель упражнений - привитие студентам навыков в решении задач и освоении методик расчетов и выбору основных конструктивных параметров элементов несущих конструкций приборов, в пользовании справочной литературой и атласами конструкций электронных, электромеханических и механических элементов приборов, а также подготовка их к самостоятельной работе над

расчетной частью курсового проекта.

Тематика задач, решаемых на практических занятиях, зависит от содержания соответствующих разделов рабочей программы, а также от профиля подготовки специалистов.

Предложенная тематика должна рассматриваться как рекомендуемая, необязательная к безусловному исполнению. Это же замечание относится к разделу по лабораторному практикуму, курсовому проектированию и самостоятельной работе студентов.

Тема 1. Построение эпюр внутренних силовых факторов.

Тема 2. Расчеты на прочность и определение деформаций при растяжении-сжатии элементов приборных конструкций.

Тема 3. Расчеты на прочность и определение деформаций при сдвиге.

Тема 4. Геометрические характеристики плоских сечений деталей и конструкций приборов. Примеры расчетов.

Тема 5. Расчеты на прочность и деформации деталей при кручении и изгибе.

Тема 6. Расчеты на прочность элементов конструкций при сложном напряженном состоянии.

Тема 7. Расчеты статически неопределимых конструкций.

Тема 8. Расчет устойчивости сжатых стержневых элементов конструкции.

Тема 9. Электроприводы. Выбор конструкции и подбор электродвигателей.

Тема 10. Основные кинематические и силовые характеристики привода. Методы распределения передаточных отношений по отдельным ступеням. Определение чисел зубьев колес и шестерен.

Тема 11. Расчет геометрических параметров зубчатых передач. Определение усилий в передаче и определение модуля. Оформление конструкторской документации.

Тема 12. Расчет параметров точности приборных приводов.

Тема 13. Основы конструирования опор скольжения и качения. Показатели качества опор (моменты сопротивления вращению). Расчеты валов на прочность.

Тема 14. Расчет направляющих для прямолинейного движения.

Тема 15. Расчет плоских, винтовых и спиральных упругих элементов.

Тема 16. Расчет термометаллических измерительных и ком-

пенсационных пружин.

Тема 17. Расчет электромагнитных механизмов.

Тема 18. Расчет контактных устройств.

Тема 19. Расчет линейных и функциональных потенциометров.

Тема 20. Конструирование предохранительных муфт.

Тема 21. Моделирование рычажно-шарнирных механизмов на ЭВМ.

Тема 22. Классификация колебательных систем и виды колебаний (с одной, двумя и многими степенями свободы). Колебательные системы с распределенными параметрами.

Тема 23. Основные понятия взаимозаменяемости. Взаимозаменяемость, методы и средства контроля гладких цилиндрических соединений. Погрешности формы и расположения. Особенности обеспечения взаимозаменяемости и расчета допусков в приборостроении.

Тема 24. Расчет допусков размеров, входящих в размерные цепи.

Тема 25. Расчет точности и обеспечение взаимозаменяемости элементов и узлов приборных устройств.

Тема 26. Элементы расчетов надежности приборных устройств.

4. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Главная цель лабораторного практикума - изучение в металле типовых узлов конструкций приборов, а также ознакомление с методами их испытаний. Лабораторные работы носят исследовательский характер и направлены на комплексное изучение студентами основных принципов:

- конструирования приборов;
- расчетов на прочность и жесткость элементов приборных устройств;
- стандартизации, взаимозаменяемости, обработки и представления результатов измерений.

1. Исследование тензопреобразователей для измерения усилий, моментов и деформаций.

2. Исследование влияния величины допусков стандартных электрорадиоэлементов на допуски выходных характеристик приборов.

3. Анализ конструкций элементов приборных устройств и изучение методов расчета и проектирования.

4. Исследование деталей приборных устройств на прочность и жесткость.

5. Исследование устойчивости элементов несущих конструкций приборов.

6. Исследование биметаллических чувствительных элементов.

7. Исследование упругих элементов приборов.

8. Анализ конструкций электроконтактных преобразователей.

9. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы (нелинейная характеристика восстанавливающей силы).

10. Моделирование работы магнитоиндукционного успокоителя.

11. Исследование электромагнитных механизмов.

12. Исследование индуктивных преобразователей.

13. Исследование электромагнитных порошковых муфт.

14. Исследование предохранительных муфт.

15. Исследование моментов трения в приборных подшипниках.

16. Исследование профилей мелкозубчатых передач.

17. Исследование динамики приборных редукторов.

18. Исследование динамических и точностных параметров электромеханического привода.

19. Выбор средств измерений и оценка погрешностей измерений.

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

По дисциплине предусматривается выполнение студентами 6 расчетно-графических работ по индивидуальным заданиям и 1 курсовая работа.

Примерный перечень расчетно-графических работ:

1. Исследование внутренних силовых факторов.

2. Расчет статически неопределимых конструкций.

3. Расчет на прочность элементов приборных устройств.

4. Конструирование ячеек с применением микросхем и микросборок в микрокорпусах.

5. Конструирование блоков разъемной конструкции.

6. Точностные расчеты при конструировании несущих конструкций приборов (выбор допусков и посадок, расчет размеров цепей).

Курсовая работа: "Расчет и конструирование элементов

электромеханического приборного привода".

6. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Цель курсового проектирования - формирование у студентов навыков самостоятельного конструирования приборных устройств с использованием ЭВМ, приобретение опыта по соединению расчетов и конструктивного воплощения при решении поставленных в техническом задании технических и эксплуатационных требований. Проект имеет характер творческой самостоятельной деятельности и является обязательным элементом, завершающим изучение курса "Основы конструирования приборов".

Тематика заданий на курсовое проектирование должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Максимально охватывать изучаемый курс и смежные общетехнические дисциплины.

2. Быть возможно ближе привязанной к профилю специальности.

3. Предусматривать возможность применения ЭВМ для оптимизации конструктивных решений.

Рекомендуется следующая тематика заданий:

1. Герметизированный блок бортовой ЭВМ.

2. Лентопротяжный механизм самолетного магнитофона.

3. Механизм настройки и отсчета резонансного волномера.

4. Дисководы в периферийных устройствах ЭВМ.

5. Печатающие устройства (принтеры, плоттеры и др. устройства ЭВМ).

6. Азимутальный привод самолетной радиолокационной антенны.

Конкретная тематика заданий на курсовое проектирование устанавливается кафедрой. Желательно ее согласование с выпускающими кафедрами.

Графическая часть проекта выполняется в объеме 5 листов формата А1 и содержит следующие чертежи: общий вид, кинематическую, принципиальную или электрокинематическую схему, габаритный или габаритно-монтажный чертеж, сборочные чертежи и чертежи деталей. Чертежи деталей выполняются с постановкой предельных отклонений на размеры, форму и взаимное расположение поверхностей и их шероховатостей. Указывается также термо-

обработка и покрытия.

Расчетно-пояснительная записка к проекту содержит расчеты и обоснование основных параметров конструкции. Объем расчетно-пояснительной записки 30-40 страниц. Проекты, выполненные с использованием ЭВМ, включают математическую модель задачи, алгоритмы, результаты расчетов и графики.

При установлении объема курсового проекта следует руководствоваться следующими примерными цифрами: для выполнения одного листа формата 576*814 предусматривать от 15 до 25 часов из фонда самостоятельной работы студентов. Выполнение расчетно-пояснительной записки входит в указанное выше время, так как она готовится параллельно с графической работой.

7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТСО

Вычислительная техника используется во всех формах учебных занятий:

1. При демонстрациях на лекциях и семинарах методик оптимизации конструкторских решений.

2. При проведении лабораторных работ ЭВМ входит непосредственно в структуру лабораторной работы с включением в программное обеспечение обучающе-контролирующих программ.

3. При курсовом проектировании наиболее широко имеется возможность для применения ЭВМ. Здесь использоваться должно специальное программное обеспечение, подготовленной по различным направлениям оптимизации конструкции: прочность, жесткость, точность, надежность и т.д. При использовании этих программ в диалоговом режиме, от студента требуется обязательная работа по проведению предварительных расчетов и выбору диапазона изменения определяющих параметров конструкции.

Кроме того, студент должен уметь воспользоваться библиотекой геометрических образов на ЭВМ и базой данных по типовым элементам приборов.

Применение графопостроителей рекомендуется для выполнения части курсового проекта, особенно для выполнения детализовки и, частично, сборочных узлов.

При обучении студентов по дисциплине "Основы конструирования приборов" предполагается активное использование ТСО в виде:

- демонстрация учебных кино- и видеофильмов;
- показ слайдов (особенно при демонстрации возможностей многовариантности конструкторских решений);
- использование учебных плакатов;
- демонстрация макетов и деталей, изготовленных в металле;
- применение раздаточного материала в виде ксерокопий.

8. ЛИТЕРАТУРА

Основная

8.1. Тищенко О.Ф., Валединский А.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Учебник для студентов приборостроительных специальностей вузов. М.: Машиностроение, 1977г.

8.2. Элементы приборных устройств (Основной курс).: Учебное пособие для студентов вузов. В 2-х ч. /Тищенко О.Ф., Киселев Л.Т., Коваленко А.П. и др. Под ред. О.Ф.Тищенко.-М.: Высш.школа, 1982. -263 с.: ил.

8.3. Элементы приборных устройств: Курсовое проектирование. Учебн. пособие для вузов. В 2-х частях. /Нестерова Н.П., А.П. Коваленко, О.Ф.Тищенко и др. Под ред. О.Ф.Тищенко.-М.: Высш. школа, 1978. -328 с.: ил.

8.4. Атлас конструкций элементов приборных устройств.: Учеб. пособие для студентов приборостроительных специальностей вузов/ А.А.Бурцев, А.И.Еремеев, Ю.И.Кокорев и др. Под ред. О.Ф.Тищенко.- М.:Машиностроение, 1982.-116 с.: ил.

8.5. Роцин Г.И. Несущие конструкции и механизмы РЭА.-М.:Высш.школа,1981.-375 с.: ил.

8.6. Краткий справочник конструктора радиоэлектронной аппаратуры. Под ред. Р.Г.Варламова. М.: Сов. радио, 1973.

8.7. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры.: Справочник / Э.Т.Романчычева, А.К.Иванова, А.С.Куликов и др. Под ред. Э.Т.Романчычевой.- 2-е изд., переработ. и доп.- М.: Радио и связь, 1989.- 448 с.: ил.

8.8. Справочник конструктора РЭА: Компоненты, механизмы, надежность/ Н.А.Барканов, Б.Е.Бердичевский, П.Д.Верхопятницкий и др. :Под ред. Р.Г.Варламова.-М.: Радио и связь, 1985.- 384 с.: ил.

8.9. Заплетохин В.А. Конструирование деталей механических

устройств.-Л.: Машиностроение, 1990.-669 с.: ил.

Дополнительная

8.10. Баранов В.Н., Кокорев Ю.А., Жаров В.А. Расчет точности и обеспечение взаимозаменяемости элементов и узлов приборных устройств: Учебное пособие по курсу ОКП.-М.: МГТУ, 1994.-84 с.: ил.

8.11. Баранов В.Н., Буцев А.А., Капитанова З.Г. Расчет и конструирование электрорадиоэлементов: Учеб. пособие по курсовому проектированию по курсам "Основы конструирования приборов" и "Детали и узлы РЭА".-М.: МВТУ, 1988. -42 с.:ил.

8.12. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. Учебник для вузов.-М.: Высшая школа, 1980.-408с.

8.13. Буцев А.А., Коваленко А.П., Котов А.Н. Проектирование приборных приводов: Учеб. пособие для студентов вузов.-М.: МВТУ, 1988.-44 с.: ил.

8.14. Воробьев Н.И. Проектирование электронных устройств: Учеб. пособие для вузов по спец. "Автоматика и упр. в техн. системах".-М.: Высш.школа, 1989.-223 с.:ил.

8.15. Вopilкин Е.А. Расчет и конструирование механизмов приборов и систем.: Учеб. пособие для студентов вузов.-М.: Высш.школа, 1980.-463 с.:ил.

8.16. Гель П.П., Иванов-Есипович И.К. Конструирование и микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры.: Учебник для вузов.-Л.: Энергоатомиздат, Ленингр.отд-ние., 1984, -536 с.: ил.

8.17. Заседателев С.М. и др. Составление расчетной схемы. Определение внутренних силовых факторов: Мет.указ. к выполнению расчетно-графической работы по курсу "Строительная механика приборов".-М.:МВТУ, 1982.-31 с.: ил.

8.18. Заседателев С.М. и др. Расчет статически неопределимых систем. Мет.указ. по выполнению домашнего задания по курсу "Строительная механика приборов"/ С.М.Заседателев, Е.М.Павлов, Н.Л.Решетов, А.В.Якименко.-М.: МВТУ, 1983. -27 с.: ил.

8.19. Испытания радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и испытательное оборудование. Учеб. пособие для вузов/О.П.Глудкин, А.Н.Енгальчев, А.И.Коробов, Ю.В.Трегубов: Под ред. А.И.Коробова.-М.: Радио и связь, 1987. -272 с.:ил.

8.20. Иосилевич Г.Б., Строганов Г.Б., Маслов Г.С. Приклад-

ная механика.: Учеб. для вузов /Под ред. Г.Б.Иосилевича.-М.: Высш.школа, 1989. -351 с.:ил.

8.21. Капранов М.В. и др. Теория колебаний в радиотехнике. Учебное пособие для вузов.-М.:Наука, 1984.-320с.

8.22. Конструирование приборов. В 2-х кн. / Под ред. В. Краузе. Перевод с нем. под ред. О.Ф.Тищенко.-М.:Машиностроение, 1987.-760с.

8.23. Кокорев Ю.А., Жаров В.А., Ожерельев А.Я. Выбор и расчет параметров точности и узлов приборов.: Учебн. пособие по курсу "Основы конструирования приборов". -М.:МГТУ, -57 с.: ил.

8.24. Кокорев Ю.А., Жаров В.А., Ожерельев А.Я. Расчет электромеханического привода: Метод.указ. к выполнению домашнего задания N 2 по курсу "Элементы приборных устройств".-М.:МГТУ.1988.-40 с.: ил.

8.25. Шабанов А.А., Хамидуллин Р.Р. Контактные устройства для контроля изделий микроэлектроники.-М.:Радио и связь, 1985.-128 с.:ил.

8.26. Феодосьев В.И. Соппротивление материалов: Учебник для втузов, 9-е изд. перераб., М.: Наука. Гл. ред. физ.мат. лит., 1986. -512 с.:ил.

8.27. Якушев А.И. и др. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник для втузов / А.И.Якушев, Л.Н.Воронцов, Н.М.Федотов.-6-е изд. перераб. и допол.-М.:Машиностроение, 1986.-352 с.:ил.

Программу составил:

Баранов В.Н. - заведующий кафедрой "Элементы приборных устройств" Московского государственного технического университета им.Н.Э.Баумана

Ответственный редактор:

Схиртладзе А.Г. - профессор Московского государственного технологического университета "Станкин"