

Утверждаю:
сопредседатель Совета УМО по
университетскому политехническому
образованию
_____ Федоров М.П.

«25» января 2010 г.

**Примерная основная образовательная программа
высшего профессионального образования**

Направление подготовки 151600 «Прикладная механика»

утверждено приказом Минобрнауки России от 17 сентября 2009 г. № 337

ФГОС ВПО утвержден приказом Минобрнауки России от 09.11.2009 г. № 541

Профиль - **«Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»**

Квалификация (степень) выпускника - бакалавр

Нормативный срок освоения программы – 4 года

Форма обучения – очная

Содержание

1. Общие положения	3
2. Список профилей подготовки по направлению 151600 «Прикладная механика»	4
3. Требования к результатам освоения основной образовательной программы	5
4. Примерный учебный план	12
5. Аннотации дисциплин базовой части учебного плана подготовки бакалавров по направлению 151600 «Прикладная механика»	18
6. Примерные программы дисциплин	29

1. Общие положения

Примерная основная образовательная программа высшего профессионального образования (ПООП ВПО) по направлению подготовки 151600 «Прикладная механика» является системой учебно-методических документов, сформированной на основе федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС ВПО) по данному направлению подготовки и рекомендуется вузам для использования при разработке основных образовательных программ (ООП) первого уровня высшего профессионального образования (бакалавр техники и технологий, далее бакалавр) в части:

- набора профилей из числа включенных в Общероссийский классификатор образовательных программ (ОКОП);
- компетентностно - квалификационной характеристики выпускника;
- содержания и организации образовательного процесса;
- ресурсного обеспечения реализации ООП;
- итоговой государственной аттестации выпускников.

Целью разработки ПООП является методическое обеспечение реализации ФГОС ВПО по данному направлению подготовки для разработки высшим учебным заведением ООП первого уровня (бакалавра).

2. Список профилей подготовки по направлению 151600 «Прикладная механика»

1. Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов;
2. Экспериментальная механика;
3. Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг;
4. Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры;
5. Компьютерная биомеханика;
6. Триботехника;
7. Механика нано- материалов, структур и систем.

3. Требования к результатам освоения основной образовательной программы

Область профессиональной деятельности бакалавров включает:

теоретические и расчетно-экспериментальные работы с элементами научных исследований, решение задач прикладной механики – задач динамики, прочности, устойчивости, рациональной оптимизации, долговечности, ресурса, живучести, надежности и безопасности машин, конструкций, композитных структур, сооружений, установок, агрегатов, оборудования, приборов и аппаратуры и их элементов;

применение информационных технологий, современных систем компьютерной математики, технологий конечно-элементного анализа, наукоемких компьютерных технологий – программных систем компьютерного проектирования (систем автоматизированного проектирования, САПР; CAD-систем, Computer-Aided Design), программных систем инженерного анализа и компьютерного инжиниринга (CAE-систем, Computer-Aided Engineering);

управление проектами, маркетинг; организация работы научных, проектных и производственных подразделений, занимающихся разработкой и проектированием новой техники и технологий.

Объектами профессиональной деятельности бакалавров являются:

физико-механические процессы и явления, машины, конструкции, композитные структуры, сооружения, установки, агрегаты, оборудование, приборы и аппаратура и многие другие объекты современной техники, различных отраслей промышленности, транспорта и строительства, для которых проблемы и задачи прикладной механики являются основными и актуальными и которые для своего изучения и решения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, основанных на законах механики:

авиа- и вертолетостроение,

автомобилестроение,

гидро- и теплоэнергетика, атомная энергетика,

гражданское и промышленное строительство;

двигателестроение,

железнодорожный транспорт,

металлургия и металлургическое производство,

нефтегазовое оборудование для добычи, транспортировки, хранения и переработки,

приборостроение, нано/микро системная техника,

ракетостроение и космическая техника,

робототехника и мехатронные системы,

судостроение и морская техника,
транспортные системы,
тяжелое и химическое машиностроение,
электро- и энергомашиностроение;

технологии: информационные технологии, наукоемкие компьютерные технологии на основе применения передовых CAD/CAE-технологий, расчетно-экспериментальные технологии, производственные технологии (технологии создания композиционных материалов, технологии обработки металлов давлением и сварочного производства, технология повышения износостойкости деталей машин и аппаратов), нанотехнологии;

материалы, в первую очередь, новые, перспективные, многофункциональные и “интеллектуальные” материалы, материалы с многоуровневой или иерархической структурой, материалы техники нового поколения, функционирующей в экстремальных условиях, в условиях концентрации напряжений и деформаций, мало- и многоциклового усталости, контактных взаимодействий и разрушений, различных типов изнашивания, а также в условиях механических, и тепловых внешних воздействий.

Бакалавр должен быть подготовлен к следующим видам профессиональной деятельности:

расчетно-экспериментальная деятельность с элементами научно-исследовательской:

сбор и обработка научно-технической информации, изучение передового отечественного и зарубежного опыта по избранной проблеме прикладной механики; анализ поставленной задачи в области прикладной механики на основе подбора и изучения литературных источников;

участие в разработке физико-механических, математических и компьютерных моделей, предназначенных для выполнения исследований и решения научно-технических задач;

участие в расчетно-экспериментальных работах в области прикладной механики в составе научно-исследовательской группы на основе классических и технических теорий и методов, достижений техники и технологий, в первую очередь, с помощью экспериментального оборудования для проведения механических испытаний, высокопроизводительных вычислительных систем и широко используемых в промышленности наукоемких компьютерных технологий (CAD/CAE-систем мирового уровня);

составление описаний выполненных расчетно-экспериментальных работ, и разрабатываемых проектов, обработка и анализ полученных результатов, подготовка данных для составления отчетов и презентаций, подготовка докладов, статей и другой научно-

технической документации;

участие в оформлении отчетов и презентаций, написании рефератов, докладов и статей на основе современных офисных информационных технологий, текстовых и графических редакторов, средств печати;

проектно-конструкторская деятельность:

участие в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин;

участие в проектировании деталей и узлов с использованием программных систем компьютерного проектирования (CAD-систем) на основе эффективного сочетания передовых CAD/CAE-технологий и выполнения многовариантных CAE-расчетов;

участие в работах по технико-экономическим обоснованиям проектируемых машин и конструкций;

участие в работах по составлению отдельных видов технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы;

производственно-технологическая деятельность:

проведение расчетно-экспериментальных работ по анализу характеристик конкретных механических объектов,

участие в работах по рациональной оптимизации технологических процессов;

участие во внедрении технологических процессов наукоемкого производства, контроля качества материалов, элементов и узлов машин и установок, механических систем различного назначения;

инновационная деятельность:

участие во внедрении результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок в реальный сектор экономики;

организационно-управленческая деятельность:

участие в организации работы, направленной на формирование творческого характера деятельности небольших коллективов, работающих в области прикладной механики;

участие в работах по поиску оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учетом требований динамики и прочности, долговечности, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности;

участие в разработке планов на отдельные виды работ и контроль их выполнения.

Выпускники по направлению подготовки «Прикладная механика» с квалификацией (степенью) «бакалавр техники и технологий» в соответствии с целями и задачами профессиональной деятельности, указанными в ФГОС ВПО, должны обладать следующими компетенциями

А. Общекультурные (ОК):

владеть культурой мышления, иметь способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения (ОК-1);

уметь логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь (ОК-2);

быть готовым к сотрудничеству с коллегами и к работе в коллективе (ОК-3);

находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и быть готовым нести за них ответственность (ОК-4);

использовать нормативные правовые документы в своей деятельности (ОК-5);

стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства (ОК-6);

уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и средства развития достоинств и устранения недостатков (ОК-7);

осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности (ОК-8);

использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, быть способным анализировать социально значимые проблемы и процессы (ОК-9);

использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического и компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях (ОК-10);

способность понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны (ОК-11);

владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-12);

владеть одним из иностранных языков на уровне чтения и понимания научно-технической литературы, быть способным общаться в устной и письменной формах на иностранном языке (ОК-13);

владеть основными знаниями и методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ОК- 14);

уметь использовать фундаментальные законы природы, законы естественных дисциплин и механики в процессе профессиональной деятельности (ОК-15);

быть готовым к профессиональному росту, самостоятельно пополнять свои знания, совершенствовать умения и навыки, самостоятельно приобретать и применять новые знания, развивать компетенции (ОК-16);

уважительно и бережно относиться к историческому наследию и культурным традициям России, толерантно воспринимать социальные и культурные различия и особенности других стран (ОК-17);

использовать в личной жизни и профессиональной деятельности этические и правовые нормы, регулирующие межличностные отношения и отношение к обществу, окружающей среде, основные закономерности и нормы социального поведения, права и свободы человека и гражданина (ОК-18);

владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ОК- 19);

владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, быть готовым к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (ОК-20);

владеть культурой безопасности, экологическим сознанием и риск - ориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов жизнедеятельности (ОК-21);

понимать проблемы устойчивого развития и рисков, связанных с деятельностью человека (ОК-22);

владеть приемами рационализации жизнедеятельности, ориентированными на снижение антропогенного воздействия на природную среду и обеспечение безопасности личности и общества (ОК-23).

Б. Профессиональные (ПК):

общепрофессиональные:

расчетно-экспериментальные с элементами научно-исследовательских:

быть способным выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПК-1);

применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности (ПК-2);

быть готовым выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям (ПК-3);

быть готовым выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий (широко распространенных в промышленности CAD/CAE-систем мирового уровня: ANSYS, COSMOS, Femap, MSC.Patran / Nastran и др.) и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний (ПК-4);

составлять описания выполненных расчетно-экспериментальных работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации (ПК-5);

применять программные средства компьютерной графики и визуализации результатов научно-исследовательской деятельности, оформлять отчеты и презентации, готовить рефераты, доклады и статьи с помощью современных офисных информационных технологий, текстовых и графических редакторов, средств печати (ПК-6);

проектно-конструкторские:

проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования (CAD-систем, например, КОМПАС, AutoCAD, Autodesk Inventor, SolidWorks, Solid Edge и др.) на основе эффективного сочетания передовых CAD-технологий и выполнения многовариантных CAE-расчетов (например, с помощью широко распространенных CAE-систем ANSYS, COSMOS, Femap, MSC.Patran/Nastran и др.) (ПК-7);

участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин (ПК-8);

участвовать в работах по технико-экономическим обоснованиям проектируемых машин и конструкций, по составлению отдельных видов технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы (ПК-9);

производственно-технологические:

выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных механических объектов с целью оптимизации технологических процессов (ПК-10);

участвовать во внедрении технологических процессов наукоемкого производства, контроля качества материалов, процессов повышения надежности и износостойкости элементов и узлов машин и установок, механических систем различного назначения (ПК-11);

инновационные:

участвовать во внедрении и сопровождении результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок в реальный сектор экономики (ПК-12);

организационно-управленческие:

участвовать в организации работы, направленной на формирование творческого характера деятельности небольших коллективов, работающих в области прикладной механики (ПК-13);

участвовать в работах по поиску оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учетом требований динамики и прочности, долговечности, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности (ПК-14);

разрабатывать планы на отдельные виды работ и контролировать их выполнение (ПК-15);

владеть культурой профессиональной безопасности, уметь идентифицировать опасности и оценивать риски в сфере своей профессиональной деятельности (ПК-16); быть готовым применять профессиональные знания для минимизации негативных экологических последствий, обеспечения безопасности и улучшения условий труда в сфере своей профессиональной деятельности (ПК-17).

ПРИМЕРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ПЛАН

подготовки бакалавра по направлению 151600.62 “Прикладная механика”

профиль “Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг”

Квалификация – бакалавр
Нормативный срок обучения – 4 года

№ п/п	Наименование дисциплин (в том числе практик)	Трудоемкость по ФГОС		Примерное распределение по семестрам									
		Зачетные единицы	Академические часы	1-й семестр	2-й семестр	3-й семестр	4-й семестр	5-й семестр	6-й семестр	7-й семестр	8-й семестр	Форма про- ме- жуточной аттестации	
				Количество недель									
				24	28	24	28	24	28	23	29		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Б.1. Гуманитарный, социальный и экономический цикл		34	1 224										
	Базовая часть	17	612										
1.1.	История	3	108	×								зачет	
1.2.	Философия	3	108			×						зачет	
1.3.	Экономика	3	108					×				зачет	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1.4.	Иностранный язык	8	288	×	×	×	×					зачет, за- чет, зачет, экзамен	
	Вариативная часть, в т.ч. дисциплины по выбору студента	17	612										
1.5.	Введение в специальность	3	108	×								зачет	
1.6.	Управление в социально-экономических системах	4	144					×				экзамен	

1.7.	Культура как элемент устойчивого развития человечества	3	108								×	зачет
	Дисциплины по выбору студента											
1.8.	1.8.1. История механики	4	144							×		зачет
	1.8.2. История наукоемких компьютерных технологий											
1.9.	1.9.1. Организация и управление	3	108			×						зачет
	1.9.2. Основы менеджмента и маркетинга											
Б.2 Математический и естественнонаучный цикл		71	2 556									
	Базовая часть	34	1224									
2.1.	Высшая математика	15	540	×	×	×	×					экзамен, экзамен, экзамен, экзамен
2.2.	Информационные технологии	4	144	×	×							экзамен, экзамен
2.3.	Уравнения математической физики	4	144					×	×			экзамен, экзамен
2.4.	Основы вариационного исчисления	3	108					×				экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2.5.	Физика	6	216		×	×	×					экзамен, экзамен, экзамен
2.6.	Экология	2	72	×								Зачет
	Вариативная часть, в т.ч. дисциплины по выбору студента	37	1 332									
2.7.	Теория вероятностей и математическая статистика	7	252	×	×							экзамен, экзамен
2.8.	Практикум по высшей математике	8	288	×	×	×	×					зачет, за- чет, зачет, зачет
2.9.	Практикум по информационным технологиям	4	144	×	×							зачет, зачет
2.10	Практикум по уравнениям математической физики	6	216					×	×			зачет, зачет

2.11	Практикум по физике	6	216		×	×	×					зачет, зачет, зачет
	Дисциплины по выбору студента											
2.12	2.12.1. Программные системы компьютерной математики (семинар)	6	216			×	×					зачет, за- чет
	2.12.2. Программные системы инженерного анализа (семинар)											
Б.3. Профессиональный цикл		107	3 852									
	Базовая (общепрофессиональная) часть	54	1 944									
3.1.	Инженерная и компьютерная графика	5	180	×	×							экзамен, экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3.2.	Теоретическая механика	5	180		×	×	×					экзамен, экзамен, экзамен,
3.3	Сопротивление материалов	5	180			×	×					экзамен, экзамен
3.4	Основы автоматизированного проектирования	3	108				×					зачет
3.5	Аналитическая динамика и теория колебаний	8	288					×	×	×	×	экзамен, экзамен, экзамен, экзамен
3.6	Теория упругости	8	288					×	×			экзамен, экзамен
3.7	Основы механики жидкости и газа	2	72						×			экзамен
3.8	Вычислительная механика	4	144							×	×	экзамен, экзамен
3.9	Строительная механика машин	5	180							×	×	зачет, экзамен
3.10	Детали машин и основы конструирования	3	108								×	экзамен
3.11	Материаловедение	4	144					×				экзамен
3.12	Безопасность жизнедеятельности	2	72								×	зачет
	Вариативная часть,	53	1 908									

	в т.ч. дисциплины по выбору студента											
3.13	Метрология, стандартизация и сертификация	3	108						×			зачет
3.14	Термодинамика и теплопередача	3	108							×		экзамен
3.15	Электротехника и электроника	3	108							×		экзамен
3.16	Практикум по теоретической механике	6	216		×	×	×					зачет, зачет, зачет
3.17	Практикум по сопротивлению материалов	4	144			×	×					зачет, зачет
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3.18	Практикум по основам механики жидкости и газа	3	108						×			зачет
3.19	Практикум по расчетам деталей машин и основам конструирования	5	180								×	зачет
3.20	Практикум по аналитической динамике и теории колебаний	6	216					×	×	×	×	зачет, зачет, зачет, зачет
3.21	Практикум по теории упругости	5	180					×	×			зачет, зачет
3.22	Практикум по вычислительной механике	6	216							×	×	зачет, зачет
	Дисциплины по выбору студента											
3.23	3.23.1. Управление механическими системами 3.23.2. Диагностика механических систем	5	180								×	экзамен
3.24	3.24.1. Семинар по аналитическим методам исследований 3.24.2. Семинар по компьютерным технологиям	4	144							×		зачет
Б.4. Физическая культура		2	400 ^{*)}	×	×	×	×	×	×			зачет
Б.5. Учебная и производственная практики		14					×		×			зачет, экзамен

Б.6. Итоговая государственная аттестация	12									×	защита бакалавр- ской работы
Всего:	240										

*В общем балансе трудоемкости часы не учитываются.

В колонках 5-12 символом “×” указываются семестры для данной дисциплины; в колонке 13 указывается форма промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине): “зачет” или “экзамен”

Бюджет времени, в неделях

Курсы	Теоретическое обучение	Экзаменационная сессия	Учебная практика	Производственная практика	Итоговая государственная аттестация	Каникулы	Всего
I	35	7				10	52
II	34	6	2			10	52
III	34	6		4		8	52
IV	29	5	4		4	10	52
Итого:	132	24	6	4	4	38	208

Учебная практика

Производственная практика

Итоговая государственная аттестация:

4, 7 семестр

6 семестр

Подготовка и
защита выпускной квали-
фикационной работы

8 семестр

Настоящий учебный план составлен, исходя из следующих данных (в зачетных единицах):

Теоретическое обучение, включая экзаменационные сессии: 212

Физическая культура: 2

Практики (в том числе научно-исследовательская работа): 14

Итоговая государственная аттестация: 12

Итого: 240 зачетных единиц

Настоящий учебный план составлен, исходя из следующих данных:

1. Срок освоения основной образовательной программы подготовки бакалавра при очной форме обучения составляет 208 недель, в том числе теоретическое обучение (включая практикумы, лабораторные работы и время, отводимое на контроль качества обучения) не менее 134 недель.
2. Максимальный объем учебной работы студента устанавливается 54 часа в неделю, включая все виды его аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы.
3. Одна зачетная единица эквивалентна 36 часам учебной работы студента.
4. Трудоемкость основной образовательной программы за учебный год – 60 зачетных единиц.
5. Объем аудиторных занятий студента при очной форме обучения бакалавра не должен превышать в среднем за период обучения 27-32 академических часов в неделю.
6. Общий объем каникулярного времени в учебном году должен составлять 7-10 недель, в том числе не менее двух недель в зимний период. На выпускном курсе предусматривается 8 недель последиplomного отпуска.

Примечание:

Настоящий примерный учебный план составлен в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС) высшего профессионального образования по направлению подготовки «Прикладная механика».

Примерный учебный план используется для составления учебного плана вуза по данному направлению подготовки.

Текущая и промежуточная аттестации (зачеты и экзамены), курсовые работы и проекты, рассматриваются как вид учебной работы по дисциплине и выполняются в пределах трудоемкости, отводимой на ее изучение.

Учебная и производственная практики и подготовка квалификационной работы выполняются в течение соответствующего семестра одновременно с теоретическими занятиями.

5. Аннотация программ дисциплин базовой части учебного плана подготовки бакалавров по направлению 151600 «Прикладная механика»

Б.1 Гуманитарный, социальный и экономический цикл.

Б.1.1. История.

Сущность, формы, функции исторического знания. Методы и источники изучения истории. Понятие и классификация исторического источника. Отечественная историография в прошлом и настоящем: общее и особенное. Методология и теория исторической науки. История России - неотъемлемая часть всемирной истории.

Античное наследие в эпоху Великого переселения народов. Проблема этногенеза восточных славян. Основные этапы становления государственности. Древняя Русь и кочевники. Византийско-древнерусские связи. Особенности социального строя Древней Руси. Этнокультурные и социально-политические процессы становления русской государственности. Принятие христианства. Распространение ислама. Эволюция восточнославянской государственности в XI-XIII вв. Социально-политические изменения в русских землях в XIII-XV вв. Русь и Орда: проблемы взаимовлияния.

Россия и средневековые государства Европы и Азии. Специфика формирования единого российского государства. Возвышение Москвы. Формирование сословной системы организации общества. Реформы Петра I. Век Екатерины. Предпосылки и особенности складывания российского абсолютизма. Дискуссии о генезисе самодержавия.

Особенности и основные этапы экономического развития России. Эволюция форм собственности на землю. Структура феодального землевладения. Крепостное право в России. Мануфактурно-промышленное производство. Становление индустриального общества в России: общее и особенное. Общественная мысль и особенности общественного движения России XIX в. Реформы и реформаторы в России. Русская культура XIX века и ее вклад в мировую культуру.

Роль XX столетия в мировой истории. Глобализация общественных процессов. Проблема экономического роста и модернизации. Революции и реформы. Социальная трансформация общества. Столкновение тенденций интернационализма и национализма, интеграции и сепаратизма, демократии и авторитаризма.

Россия в начале XX в. Объективная потребность индустриальной модернизации России. Российские реформы в контексте общемирового развития в начале века. Политические партии России: генезис, классификация, программы, тактика.

Россия в условиях мировой войны и общенационального кризиса. Революция 1917 г. Гражданская война и интервенция, их результаты и последствия. Российская эмиграция. Социально-экономическое развитие страны в 20-е гг. НЭП. Формирование однопартийного политического режима. Образование СССР. Культурная жизнь страны в

20-е гг. Внешняя политика.

Курс на строительство социализма в одной стране и его последствия. Социально-экономические преобразования в 30-е гг. Усиление режима личной власти Сталина. Сопротивление сталинизму.

СССР накануне и в начальный период второй мировой войны. Великая Отечественная война.

Социально-экономическое развитие, общественно-политическая жизнь, культура, внешняя политика СССР в послевоенные годы. Холодная война.

Попытки осуществления политических и экономических реформ. НТР и ее влияние на ход общественного развития.

СССР в середине 60-80-х гг.: нарастание кризисных явлений.

Советский Союз в 1985-1991 гг. Перестройка. Попытка государственного переворота 1991 г. и ее провал. Распад СССР. Беловежские соглашения. Октябрьские события 1993 г.

Становление новой российской государственности (1993-1999 гг.). Россия на пути радикальной социально-экономической модернизации. Культура в современной России. Внешнеполитическая деятельность в условиях новой геополитической ситуации.

Б.1.2. Философия.

Предмет философии. Место и роль философии в культуре. Цивилизационные особенности становления философии. Исторические типы и направления в философии, основные этапы исторического развития философии, структура философского знания. Бытие. Понятия духа, материи и сознания; пространства и времени, движения. Научные, философские и религиозные картины мира. Диалектика, ее принципы и законы. Развитие, его модели и законы. Человек, общество, культура. Человек и природа. Производство и его роль в жизни человека. Общество и его структура. Человек в системе социальных связей. Человек как творец и творение культуры. Человек и исторический процесс; личность и массы; свобода и необходимость. Познание. Соотношение мнения, веры, понимания, интерпретации и знания. Становление субъектно-объектного видения мира. Рациональное и иррациональное; интуиция. Мистицизм в познании. Отражение. Истина и ее критерии. Практика. Научное и вненаучное знание. Структура научного познания, его методы и формы. Научные революции и смена типов рациональности. Познавательные, этические и эстетические ценности. Смысл существования человека. Будущее человечества. Глобальные проблемы современности.

Б.1.3. Иностранный язык.

Специфика артикуляции звуков, интонации, акцентуации и ритма нейтральной речи в изучаемом языке; основные особенности полного стиля произношения, характерные для сферы профессиональной коммуникации; чтение транскрипции. Лексический минимум в объеме 4000 учебных лексических единиц общего и терминологического характера. Понятие дифференциации лексики по сферам применения (бытовая, терминологическая, общенаучная, официальная и другая). Понятие о свободных и устойчивых словосочетаниях, фразеологических единицах.

Понятие об обиходно-литературном, официально-деловом, научном стилях, стиле художественной литературы. Основные особенности научного стиля. Культура и традиции стран изучаемого языка, правила речевого этикета. Говорение. Диалогическая и монологическая речь с использованием наиболее употребительных и относительно простых лексико-грамматических средств в основных коммуникативных ситуациях неофициального и официального общения. Основы публичной речи (устное сообщение, доклад). Аудирование. Понимание диалогической и монологической речи в сфере бытовой и профессиональной коммуникации. Чтение. Виды текстов: несложные прагматические тексты и тексты по широкому и узкому профилю специальности. Письмо. Виды речевых произведений: аннотация, реферат, тезисы, сообщения, частное письмо, деловое письмо, биография.

Б.1.4. Экономика.

Введение в экономическую теорию. Блага. Потребности, ресурсы. Экономический выбор. Экономические отношения. Экономические системы. Основные этапы развития экономической теории. Методы экономической теории.

Микроэкономика. Рынок. Спрос и предложение. Потребительские предпочтения и предельная полезность. Факторы спроса. Индивидуальный и рыночный спрос. Эффект дохода и эффект замещения. Эластичность. Предложение и его факторы. Закон убывающей предельной производительности. Эффект масштаба. Виды издержек. Фирма. Выручка и прибыль. Принцип максимизации прибыли. Предложение совершенно конкурентной фирмы и отрасли. Эффективность конкурентных рынков. Рыночная власть. Монополия. Монополистическая конкуренция. Олигополия. Антимонopolное регулирование. Спрос на факторы производства. Рынок труда. Спрос и предложение труда. Заработная плата и занятость. Рынок капитала. Процентная ставка и инвестиции. Рынок земли. Рента. Общее равновесие и благосостояние. Распределение доходов. Неравенство. Внешние эффекты и общественные блага. Роль государства.

Макроэкономика. Национальная экономика как целое. Кругооборот доходов и продуктов.

ВВП и способы его измерения. Национальный доход. Располагаемый личный доход. Индексы цен. Безработица и ее формы. Инфляция и ее виды. Экономические циклы. Макроэкономическое равновесие. Совокупный спрос и совокупное предложение. Стабилизационная политика. Равновесие на товарном рынке. Потребление и сбережения. Инвестиции. Государственные расходы и налоги. Эффект мультипликатора. Бюджетно-налоговая политика. Деньги и их функции. Равновесие на денежном рынке. Денежный мультипликатор. Банковская система. Денежно-кредитная политика. Экономический рост и развитие. Международные экономические отношения. Внешняя торговля и торговая политика. Платежный баланс. Валютный курс.

Особенности переходной экономики России. Приватизация. Формы собственности. Предпринимательство. Теневая экономика. Рынок труда. Распределение и доходы. Преобразования в социальной сфере. Структурные сдвиги в экономике. Формирование открытой экономики.

Б.2. Математический и естественнонаучный цикл.

Б.2.1. Высшая математика

Аналитическая геометрия и линейная алгебра; определители и матрицы; системы линейных уравнений; квадратичные формы; линейные пространства, евклидовы пространства; ортогональный базис, собственные векторы и собственные значения.

Основы математического анализа; дифференциальное исчисление и его геометрические приложения; интегральное исчисление и его приложения, несобственные интегралы; экстремумы функций нескольких независимых переменных; элементы функционального анализа; числовые ряды, функциональные ряды; ряды Фурье, интеграл Фурье.

Обыкновенные дифференциальные уравнения, линейные дифференциальные уравнения; методы решения дифференциальных уравнений.

Функции комплексного переменного, аналитические функции; ряды Тейлора и Лорана, теория вычетов; преобразование Лапласа и его применения.

Кратные интегралы; скалярные и векторные поля; операторы в векторном анализе; интегральные теоремы.

Основные понятия теории вероятностей; случайные величины и их распределения; элементы математической статистики.

Б.2.2. Информационные технологии.

Понятие информации, общая характеристика процессов сбора, передачи, обработки и накопления информации; технические и программные средства реализации информаци-

онных процессов; модели решения функциональных и вычислительных задач; алгоритмизация и программирование; языки программирования высокого уровня; базы данных; программное обеспечение и технологии программирования; локальные и глобальные сети ЭВМ; основы защиты информации и сведений, составляющих государственную тайну; методы защиты информации; компьютерный практикум.

Способы проектирования алгоритмов, структуризация алгоритмов; процедуры, отладка и тестирование программ, применение и модификация программных продуктов; текстовые редакторы и их применение.

Применение информационных технологий, современных систем компьютерной математики, технологий конечно-элементного анализа, наукоемких компьютерных технологий – программных систем компьютерного проектирования (систем автоматизированного проектирования, САПР; CAD-систем, Computer-Aided Design), программных систем инженерного анализа и компьютерного инжиниринга (CAE-систем, Computer-Aided Engineering).

Б.2.3. Уравнения математической физики.

Уравнения математической физики и их классификация. Уравнения эллиптического типа, постановка задач, корректность; гармонические функции, функция Грина, теория потенциала; краевые задачи для уравнения Лапласа, Гельмгольца и для бигармонического уравнения; метод разделения переменных; применения в теоретической физике. Уравнения параболического типа, уравнения теплопроводности и диффузии. Уравнения гиперболического типа, волновое уравнение; метод характеристик, метод Римана, метод разделения переменных; применение в теоретической физике. Нормированные пространства и пространства Банаха; линейные функции и операторы. Интегральные уравнения Фредгольма. Задача Штурма Лиувилля; собственные функции и собственные значения эллиптических операторов. Цилиндрические и сферические функции.

Б.2.4. Основы вариационного исчисления.

Задачи, приводящие к вариационному исчислению; функционал. Простейшая задача вариационного исчисления на плоскости; необходимые условия экстремума; лемма Лагранжа; уравнение Эйлера; условия Лежандра и Якоби; упрощенное условие сильного экстремума; уравнение Эйлера-Пуассона. Функционал от векторной функции; система уравнений Эйлера. Функционал от функции двух переменных. Уравнение Остроградского-Эйлера; принцип Гамильтона. Задача об условном экстремуме; изопериметрическая задача. Функционалы с подвижными концевыми точками; условия трансверсальности.

Прямые методы решения вариационных задач.

Б.2.5. Физика.

Физические основы механики; колебания и волны; молекулярная физика и термодинамика; электричество и магнетизм; оптика; атомная и ядерная физика; физический практикум.

Б.2.6. Экология.

Биосфера и человек: структура биосферы, экосистемы, взаимоотношения организма и среды, экология и здоровье человека; глобальные проблемы окружающей среды, экологические принципы рационального использования природных ресурсов и охраны природы; основы экономики природопользования; экозащитная техника и технологии; основы экологического права, профессиональная ответственность; международное сотрудничество в области охраны окружающей среды.

Б.3. Профессиональный цикл.

Б.3.1. Инженерная и компьютерная графика.

Введение. Предмет начертательной геометрии. Задание точки, прямой, плоскости и многогранников на комплексном чертеже Монжа.

Позиционные задачи. Метрические задачи. Способы преобразования чертежа. Многогранники. Кривые линии. Поверхности. Поверхности вращения. Линейчатые поверхности. Винтовые поверхности. Циклические поверхности.

Обобщенные позиционные задачи. Метрические задачи. Построение разверток поверхностей. Касательные линии и плоскости к поверхности. Аксонометрические проекции.

Конструкторская документация. Оформление чертежей. Элементы геометрии деталей. Изображения, надписи, обозначения. Аксонометрические проекции деталей. Изображения и обозначения элементов деталей. Изображение и обозначение резьбы. Рабочие чертежи деталей. Выполнение эскизов деталей машин. Изображения сборочных единиц. Сборочный чертеж изделий. Компьютерная графика, геометрическое моделирование и решаемые ими задачи; графические объекты, примитивы и их атрибуты; представление видеоинформации и её машинная генерация; графические языки; метафайлы; архитектура графических терминалов и графических рабочих станций; реализация аппаратно-программных модулей графической системы; базовая графика; пространственная графика; современные стандарты компьютерной графики; графические диалоговые системы; при-

менение интерактивных графических систем.

Б.3.2. Теоретическая механика.

Векторный способ задания движения точки. Понятие об абсолютно твердом теле. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Плоскопараллельное движение твердого тела. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки. Общий случай движения свободного твердого тела. Абсолютное и относительное движение точки. Сложное движение твердого тела. Предмет динамики и статики. Задачи динамики. Свободные колебания материальной точки. Относительное движение материальной точки. Уравнения движения механической системы. Количество движения механической системы. Момент количества движения относительно центра и оси. Кинетическая энергия механической системы. Понятие о силовом поле. Аналитические условия равновесия произвольной системы сил. Центр тяжести твердого тела и его координаты. Принцип Даламбера. Определение динамических реакций подшипников при вращении твердого тела вокруг неподвижной оси. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки. Элементарная теория гироскопа. Связи и их условия. Принцип возможных перемещений. Обобщенные координаты системы. Уравнения движения механической системы в обобщенных координатах или уравнения Лагранжа второго рода. Принцип Гамильтона-Остроградского. Понятие об устойчивости равновесия. Малые свободные колебания механической системы с конечным числом степеней свободы и их свойства, собственные частоты и собственные формы. Элементарная теория удара.

Б.3.3. Сопротивление материалов.

Внешние и внутренние силы. Уравнения равновесия. Метод сечений. Деформации и напряжения в сплошной среде. Стержни, пластины и оболочки. Элементарные виды нагружения стержней: растяжение, сжатие, сдвиг, изгиб и кручение. Понятие о принципе Сен-Венана. Диаграммы растяжения конструкционных материалов и их характерные параметры; сравнение механических свойств пластичных и хрупких материалов при растяжении и сжатии. Вопросы надежности в механике материалов и конструкций и расчеты на прочность; коэффициенты запаса; принцип равнопрочности при проектировании конструкций. Изгиб и кручение стержней; напряжения и условия прочности; рациональные сечения стержней из пластичных и хрупких материалов; внецентренное растяжение (сжатие). Энергетические теоремы, интеграл Мора. Расчет статически неопределимых стержневых систем методом сил. Теории начала текучести, теории начала разрушения. Расчет осесимметрично нагруженных оболочек вращения по безмоментной теории. Расчет тол-

стостенных труб. Прочность при циклических напряжениях; эмпирические формулы для предела выносливости; конструктивные и технологические меры повышения предела выносливости деталей машин; расчет вала на прочность с учетом переменных напряжений. Расчеты на устойчивость; формула Эйлера для критической силы сжатого стержня. Расчеты продольно сжатых стержней по коэффициенту понижения допускаемых напряжений. Продольно-поперечный изгиб. Приближенные расчеты стержней при ударном нагружении.

Б.3.4. Основы автоматизированного проектирования.

Методология автоматизированного проектирования. Техническое обеспечение САПР. Методы формирования математических моделей в универсальных программных комплексах моделирования. Постановка и методы решения задач анализа и синтеза. Построение программно-методических комплексов САПР.

Б.3.5. Аналитическая динамика и теория колебаний.

Основные положения аналитической механики. Обобщенные силы и обобщенные координаты. Вариационные принципы. Уравнения Лагранжа и Гамильтона; их применение к решению прикладных задач. Теория колебаний линейных систем. Вынужденные установившиеся и неустановившиеся колебания линейных систем. Метод главных координат. Приближенные методы определения собственных частот. Методы динамических податливостей и жесткостей. Кинематическое возбуждение колебаний. Резонансные и антирезонансные режимы колебаний. Динамические гасители колебаний. Параметрические колебания. Основы теории нелинейных колебаний: свойства нелинейных колебательных систем; аналитические методы теории нелинейных колебаний. Устойчивость нелинейных колебаний. Автоколебания; методы исследования автоколебательных систем (метод возмущений, Вандер-Поля, Крылова-Боголюбова). Введение в современную нелинейную динамику. Периодические и хаотические аттракторы, бифуркации и катастрофы. Колебания систем с распределенными параметрами: свободные и вынужденные колебания стержней, стержневых систем, пластин и оболочек.

Б.3.6. Теория упругости.

Сведения из тензорного анализа: тензоры в декартовом базисе, инварианты, дифференцирование тензорных полей и интегральные теоремы. Тензоры напряжений и деформаций. Уравнения равновесия. Условия совместности деформаций. Связь между напряженным и деформированным состояниями. Упругий потенциал. Формулы Грина. До-

полнительная работа деформации. Формула Кастильяно. Упругий потенциал для линейного материала. Теорема Клапейрона. Полная система уравнений теории упругости. Прямая и обратная задачи. Полуобратный метод. Принцип Сен-Венана. Уравнения равновесия в перемещениях. Зависимости Бельтрами-Мичелла. Вариационные принципы в теории упругости. Вариационные методы решения задач теории упругости (Релея Ритца, Галеркина, Треффца, Канторовича). Плоская и осесимметричная задача теории упругости. Контактные задачи теории упругости; уравнения термоупругости. Постановка задач динамической теории упругости; волны в упругих средах. Основы нелинейной теории упругости.

Б.3.7. Основы механики жидкости и газа.

Основные модели механики жидкости и газа; кинематика и общие теоремы; одномерные задачи; теорема Бернулли. Плоские безвихревые течения идеальной жидкости и газа: основные теоремы, потенциал скоростей, до- и сверхзвуковые обтекания тонких профилей. Динамика вязкой несжимаемой жидкости, пограничный слой; турбулентные движения несжимаемой жидкости. Критерии подобия в механике жидкости и газа. Общая схема применения численных методов в механике жидкости и газа. Разностные схемы задач и их реализация.

Б.3.8. Вычислительная механика.

Вычислительный эксперимент, построение физических и математических моделей. Метод конечных элементов (МКЭ) и его применение к статическим и динамическим задачам механики. Построение конечно-элементных схем в форме метода перемещений, метода сил, смешанного метода. Основные соотношения МКЭ, построение матриц жесткости. Типы конечных элементов. Методы решения больших систем алгебраических уравнений, порожденных МКЭ. Определение собственных частот и форм колебаний конструкций МКЭ. Обзор программных комплексов МКЭ. Понятие о других численных методах механики (граничных элементов, суперэлементов). Решение краевых задач прикладной теории упругости разностными методами. Типовые задачи оптимизации механических систем. Основные понятия и классификация задач математического программирования; методы штрафных функций в механических расчетных моделях.

Б.3.9. Строительная механика машин.

Статика плоских и пространственных криволинейных стержней. Естественно закрученные стержни. Линейные и нелинейные задачи статики криволинейных стержней, методы решения. Прикладные задачи механики стержней. Изгиб балок, лежащих на упру-

гом основании. Понятие о краевом эффекте. Изгиб и кручение тонкостенных стержней. Секториальные характеристики поперечных сечений, центр изгиба. Расчет стержневых систем (ферм и плоских рам) методом перемещений. Алгоритмизация расчетов стержневых систем. Вариационные методы механики конструкций. Принцип Лагранжа, метод Ритца, метод Бубнова-Галеркина. Уточненные теории деформирования стержней. Быстро вращающиеся неравномерно нагретые диски. Теория изгиба пластин. Аналитические методы расчета прямоугольных и круглых пластин. Вариационные методы расчета пластин. Расчет пластин методом конечных элементов. Теория пластин Рейсснера. Нелинейная теория Кармана. Осесимметрично нагруженные оболочки вращения. Теория краевого эффекта. Численные методы расчета оболочек вращения (метод Годунова, метод прогонки). Общая теория оболочек, уравнения классической теории оболочек. Частные варианты теории: безмоментная, полубезмоментная, чистого изгиба, краевого эффекта, теория пологих оболочек Муштари-Донелла-Власова, теория неосесимметричных оболочек вращения. Аналитические и численные методы расчета оболочек. Теория многослойных пластин и оболочек, модели деформирования многослойных конструкций.

Б.3.10. Детали машин и основы конструирования.

Классификация механизмов, узлов и деталей. Основы проектирования механизмов, стадии разработки. Требования к деталям, критерии работоспособности и влияющие на них факторы. Механические передачи: зубчатые, червячные, планетарные, волновые, рычажные, фрикционные, ременные, цепные, расчеты передач на прочность. Основы кинематического анализа и синтеза механизмов; силовой и динамический расчет механизмов; уравнивание механизмов и машин; расчет и конструирование соединений; расчет и конструирование деталей передач; методология проектирования; математические модели в универсальных программных комплексах моделирования; постановка и методы решения задач анализа и синтеза; построение программно-методических комплексов автоматизированного проектирования. Стандартизация и взаимозаменяемость в машиностроении; категории и виды стандартов; сертификация машин, механизмов и приборов.

Б.3.11. Материаловедение.

Кристаллическое строение. Полиморфизм. Фазы сплавов. Теоретическая прочность, дефекты и их влияние на свойства материалов. Пластические деформации. Возврат. Рекристаллизация. Аморфные металлы. Диаграммы состояний. Превращения в сталях при охлаждении, термообработке. Прокаливаемость и закаливаемость сталей. Химико-термическая обработка сталей.

Б.3.12. Безопасность жизнедеятельности.

Человек и среда обитания. Характерные состояния системы “человек - среда обитания”. Основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности в техносфере. Критерии комфортности. Негативные факторы техносферы, их воздействие на человека, техносферу и природную среду. Критерии безопасности. Опасности технических систем: отказ, вероятность отказа, качественный и количественный анализ опасностей. Средства снижения травмоопасности и вредного воздействия технических систем. Безопасность функционирования автоматизированных и роботизированных производств. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Управление безопасностью жизнедеятельности. Правовые и нормативно-технические основы управления. Системы контроля требований безопасности и экологичности. Профессиональный отбор операторов технических систем. Экономические последствия и материальные затраты на обеспечение безопасности жизнедеятельности. Международное сотрудничество в области безопасности жизнедеятельности.

6. Примерные программы дисциплин базовой части учебного плана подготовки бакалавров по направлению 151600 «Прикладная механика», профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

" ____ " _____ 2010 г.

Вводится в действие с " ____ " _____ 2010 г.

ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б.3.5. «Аналитическая динамика и теория колебаний»

Для студентов направления подготовки

151600.62 – «Прикладная механика»

Профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Квалификация (степень) выпускника
Форма обучения

**бакалавр
очная**

Составлена кафедрой
«Механика и процессы управления»

Составители

Д. ф.-м. н., проф.

К. ф.-м. н., проф.

Исполов Ю.Г.

Смольников Б.А.

Санкт-Петербург 2010

1. Цели и задачи изучения дисциплины

1.1. В настоящее время аналитическая динамика и теория колебаний является одной из наиболее важных дисциплин при подготовке бакалавров в области прикладной механики. Изучение аналитической динамики и теории колебаний студентами физико-механического факультета подразумевает прикладную направленность обучения. Сюда входят:

- умение формулировать и решать задачи динамики механических систем;
- освоение необходимого минимума понятий и формул;
- применение методов аналитической динамики и теории колебаний в научных исследованиях.

Успешное изучение дисциплины предполагает сочетание лекционных и практических занятий. На практических занятиях идет работа по закреплению теоретического материала и выработке навыка по решению практических заданий.

Контроль практических навыков и знаний студентов осуществляется на практических занятиях, как в устной, так и в письменной форме. Разработаны образцы индивидуальных самостоятельных и контрольных работ.

Цели изучения дисциплины

В рамках дисциплины «Аналитическая динамика и теория колебаний» рассматриваются основные физические модели и методы исследования механических систем. Аппарат аналитической динамики и теории колебаний широко иллюстрируется решением современных технических задач, таких как задачи динамики энергетических и транспортных машин, механики сооружений, динамики систем управления.

Основными целями и задачами преподавания дисциплины «Аналитическая динамика и теория колебаний» являются: обучение методам построения математических моделей и расчетных схем динамических систем различной природы и сложности; изучение методов качественного и количественного анализа динамических систем, приобретение навыков решения задач аналитической динамики и теории колебаний; получение первоначального опыта творческого подхода к выбору адекватных расчетных схем и к изучению динамики разнообразных объектов современной техники.

При изучении дисциплины «Аналитическая динамика и теория колебаний» студент должен получить знания:

- об основных положениях и математических моделях аналитической динамики и теории колебаний;
- о содержании основных понятий механики;
- об особенностях применения методов аналитической динамики и теории колебаний при анализе конкретных объектов современной техники.

На основании этих знаний студент должен уметь:

- квалифицированно оперировать основными теоретическими понятиями курса;
- грамотно применять методы аналитической динамики и теории колебаний в прикладных задачах;
- выполнять необходимые расчетные задания при помощи современных аналитических и численных методов.

Курс «Аналитическая динамика и теория колебаний» формирует у студента следующие навыки:

- построения и анализа математических моделей и расчетных схем динамических систем;
- работы с научной литературой;
- выполнения расчетных заданий;
- творческого подхода к постановке и исследованию разнообразных проблем динамики механических систем.

В этой связи необходимо выделить следующие основные задачи:

- 1) развитие у студентов представления о месте и роли аналитической динамики и теории колебаний при построении и анализе основных физических моделей и при исследовании равновесия и движения механических систем;
- 2) приобретение опыта творческой работы по выбору адекватных расчетных схем разнообразных объектов современной техники и интерпретации их поведения.

1.2. Дисциплина используется при формировании следующих компетенций (по ФГОС):

Общекультурные компетенции (ОК):

владеть культурой мышления, иметь способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения (ОК-1);

уметь логически верно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь (ОК-2);

использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического и компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях (ОК-10);

владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-12);

уметь использовать фундаментальные законы природы, законы естественнонаучных дисциплин и механики в процессе профессиональной деятельности (ОК-15);

Профессиональные компетенции (ПК):

быть способным выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПК-1);

применять физико-математический аппарат, теоретические. Расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности (ПК-2);

быть готовым выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний (ПК-4);

выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных механических объектов с целью оптимизации технологических процессов (ПК-10);

участвовать в работах по поиску оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учетом требований динамики и прочности, долговечности, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности (ПК-14);

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Аналитическая динамика и теория колебаний» изучается в 5-8 семестрах 3-4 курсов и базируется на знаниях основ механики, приобретенных в процессе изучения таких дисциплин, как «Теоретическая механика» и «Соппротивление материалов». Предполагается, что студенты уже владеют аппаратом математического анализа, освоенным при изучении дисциплины «Математика». Изучение курса «Аналитическая динамика и теория колебаний» необходимо для разносторонней подготовки специалистов в области прикладной механики. Знания и навыки, полученные при изучении курса «Аналитическая динамика и теория колебаний» необходимы для изучения в дальнейшем таких специальных курсов, как «Динамика твердого тела», «Теория нелинейных колебаний», «Динамика машин», «Динамика конструкций» и т. п. В этом проявляется важнейшее междисциплинарное значение дисциплины «Аналитическая динамика и теория колебаний».

Принципы отбора содержания и организации учебного материала

Основными идеями, определяющими содержание дисциплины, являются:

- формирование у студентов теоретических знаний, на основе которых они могут понять закономерности использования методов аналитической динамики и теории колебаний в решении исследовательских и практических технических задач;
- значимость, необходимость и целесообразность излагаемого материала для успешной практической деятельности по специальности;
- соответствие сложности материала реальным учебным возможностям;
- соответствие содержания дисциплины учебно-методической и материальной базе института.

3. Распределение объема учебной дисциплины по видам учебных занятий и формы контроля

Общая трудоемкость дисциплины по ФГОС ВПО составляет 8 зачетных единицы (288 часов).

Виды занятий и формы контроля	Объем по семестрам							
	1.	2	3	4	5	6	7	8
Лекции (Л), час.					36	36	36	36
Практические занятия (ПЗ), час.								
Самостоятельная работа (СР), час.					36	36	36	36
Курсовые работы (КР), шт.								
Экзамен (Э), шт.					1	1	1	1

4. Структура и содержание дисциплины

Семестр	№ темы	Наименование частей, разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия (час.)				СР (час.)
				Всего аудит.	Л	ПЗ	ПЗ/КР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

5.	1.	Основные элементы механических систем. Расчетные схемы и их математические модели.	24	12	12		12
	2.	Равновесие и устойчивость, элементы теории катастроф.	24	12	12		12
	3.	Различные формы динамических уравнений механики	24	12	12		12
6.	4.	Колебания систем с одной степенью свободы.	24	12	12		12
	5.	Колебания систем со многими степенями свободы.	28	14	14		14
	6.	Колебания стержней.	20	10	10		10
7.	7.	Конечномерные модели механических колебательных систем.	24	12	12		12
	8.	Численные методы определения собственных частот и форм колебаний.	32	16	16		16
	9.	Численные методы решения задачи Коши для конечномерных моделей колебательных систем.	16	8	8		8
8.	10.	Устойчивость линейных систем	24	12	12		12
	11.	Устойчивость периодических систем	24	12	12		12
	12.	Метод функций Ляпунова	24	12	12		12
ИТОГО ПО КУРСУ			288	144	144		144
ЭКЗАМЕН			4				

4.2. Содержание разделов дисциплины

1. Основные элементы механических систем. Расчетные схемы и их математические модели

Основные элементы механических систем. Материальная точка, твердое тело, упругие элементы (пружины, торсионы), идеальные связи, диссипативные элементы сухого, вязкого и турбулентного трения, силовые поля. Расчетные схемы и математические модели, сферы их применимости.

2. Равновесие и устойчивость, элементы теории катастроф

Равновесие и устойчивость. Задачи статики и устойчивости консервативных механических систем. Точки бифуркации, границы областей устойчивости. Структурная устойчивость и неустойчивость. Элементы теории катастроф.

3. Различные формы динамических уравнений механики

Классификация механических систем и их математических моделей. Различные формы динамических уравнений механики (уравнения Лагранжа, Ньютона, Гамильтона, Аппеля, Рауса), области их рационального использования. Особенности поведения консервативных, диссипативных, голономных, неголономных и гироскопических систем, проблемы построения и использования их интегралов. Вариационные принципы механики.

4. Колебания систем с одной степенью свободы

Малые колебания консервативной системы вблизи положения устойчивого равновесия. Линеаризация уравнения движения. Собственная частота колебаний. Влияние диссипативных сил на свободные колебания. Логарифмический декремент колебаний. Выбор оптимального демпфирования. Вынужденные колебания под действием произвольной вынуждающей силы. Решение в форме интеграла Дюамеля. Импульсная переходная функция. Система защиты от ударного воздействия. Вынужденные колебания под действием гармонической силы. Метод комплексных амплитуд. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики. Резонанс, способы борьбы с резонансом. Энергетические соотношения при вынужденных колебаниях. Коэффициент поглощения энергии. Вынужденные колебания под действием периодической силы; условия возникновения резонансных колебаний. Система защиты от вибраций. Элементы теории виброизмерительных приборов.

Введение в теорию нелинейных колебаний. Метод гармонического баланса. Гармоническая линеаризация. Свободные колебания консервативной системы с нелинейной упругой характеристикой. Вынужденные колебания системы с нелинейной упругой характеристикой. Вынужденные колебания системы с нелинейными силами сопротивления. Автоколебания в механических системах.

5. Колебания систем со многими степенями свободы

Малые колебания вблизи положения устойчивого равновесия. Линеаризация уравнений движения. Свободные колебания консервативной системы. Собственные частоты и формы главных колебаний. Положительность корней частотного уравнения. Ортогональность векторов форм колебаний. Модальная матрица. Колебания связанных маятников. Нулевые корни частотного уравнения; крутильные колебания ротора. Малые колебания твердого тела на упругой подвеске. Колебания упругих систем. Матрица коэффициентов влияния. «Обратный» метод составления уравнений движения. Влияние диссипативных сил на свободные колебания. Свойства корней характеристического уравнения. Случай малой диссипации.

Вынужденные колебания под действием произвольных вынуждающих сил; решение в главных координатах, решение с помощью интеграла Дюамеля. Вынужденные колебания под действием гармонических сил. Метод комплексных амплитуд. Резонанс; способы борьбы с резонансом. Влияние малых диссипативных сил на резонансные колебания. Динамический гаситель колебаний. Критическая скорость вращающегося ротора. Гироскопические силы. Дифференциальные уравнения колебаний гироскопических систем. Собственные частоты и формы колебаний. Колебания гироскопического маятника. Медленная и быстрая прецессия. Колебания систем с регулярной структурой. Собственные частоты и формы колебаний цепочки из одинаковых масс, соединенных одинаковыми пружинами.

6. Колебания стержней

Продольные колебания стержней. Волновое уравнение. Граничные и начальные условия. Собственные частоты и формы продольных колебаний. Ортогональность форм колебаний. Вынужденные продольные колебания; решение в виде ряда по формам свободных колебаний. Учет диссипативных сил при колебаниях. Дифференциальное уравнение изгибных колебаний стержня. Граничные и начальные условия. Собственные частоты и формы изгибных колебаний. Ортогональность форм колебаний. Вынужденные изгибные колебания.

7. Конечномерные модели механических колебательных систем

Приближенные методы исследования колебаний стержней. Модели с сосредоточенными массами и сосредоточенными податливостями. Метод Релея – Ритца. Основы метода конечных элементов. Матрицы инерционных и упругих коэффициентов. Обобщенные силы. Конечно-элементные модели стержней при растяжении и изгибе. Метод конечных элементов в задачах о колебаниях стержневых систем.

8. Численные методы определения собственных частот и форм колебаний

Постановка задачи об определении собственных частот колебаний консервативной механической системы. Приведение обобщенной проблемы собственных значений к обычной (необобщенной) проблеме. Свойства собственных значений и собственных векторов симметричных матриц. Спектральное разложение симметричной матрицы. Подобные преобразования матриц. Диагонализация симметричной матрицы. Отношение Релея. Евклидова норма вектора и матрицы.

Приближенные методы вычисления наибольшего и наименьшего собственных значений симметричной матрицы. Методы прямых и обратных итераций. Сдвиг собственных значений как способ ускорения сходимости в методах прямых и обратных итераций. Оценка погрешности собственных значений. Обобщенная проблема собственных значений.

Полная проблема собственных значений симметричной матрицы. Трехдиагонализация симметричной матрицы; метод Хаусхолдера. QL – алгоритм. Сходимость QL – алгоритма. Сохранение трехдиагональности матрицы в QL – алгоритме. Практическая реализация QL – разложения трехдиагональной матрицы.

Частичная проблема собственных значений. Поиск наилучших приближений к собственным векторам матрицы в заданном подпространстве. Процедура Релея – Ритца. Метод итерирования подпространства. Метод Ланцоша (основные положения). Алгоритм метода Ланцоша. Метод Ланцоша в обобщенной проблеме собственных значений.

9. Численные методы решения задачи Коши для конечномерных моделей колебательных систем

Конечномерные модели механических систем. Методы Рунге – Кутты. Сходимость и точность. Устойчивость методов Рунге – Кутты. Методы α - семейства (явная схема метода Эйлера, неявная схема метода Эйлера, метод средней точки). Анализ работы методов Рунге – Кутты при решении задачи Коши для линейной системы. Разделение переменных. Тестовое уравнение. Переходный множитель. Устойчивость методов α - семейства. Численное решение задачи Коши для систем близких к консервативным. Численное решение задачи Коши для систем с большой диссипацией энергии.

10. Устойчивость линейных систем

Основные понятия и определения теории устойчивости движения. Алгебраические и частотные критерии. Области устойчивости в пространстве параметров.

11. Устойчивость периодических систем

Линейные системы с периодическими коэффициентами. Теория Флоке, уравнения Матье и Мейснера. Параметрический резонанс. Диаграмма Айнса - Стретта.

12. Метод функций Ляпунова

Свойства решений нелинейных систем, методы их оценки. Построение функций Ляпунова для линейных систем. Основная теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Поведение механической системы на границе области устойчивости.

5. Лабораторный практикум

Предусмотрен в рамках Б.3.20 «Практикум по аналитической динамике и теории колебаний».

6. Практические занятия

Предусмотрен в рамках дисциплины Б.3.20 «Практикум по аналитической динамике и теории колебаний».

7. Курсовой проект (курсовая работа)

Не предусмотрен.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1. Рекомендуемая литература

Основная:

1. Меркин Д. Р., Смольников Б. А. Прикладные задачи динамики твердого тела: Учеб. Пособие. – СПб. Изд-во С.-Петербургского университета, 2003.
2. Численное моделирование динамических систем. Лаб. практикум. Ч. II/ М. Г. Захаров, Ю. Г. Исполов, В. А. Полянский и др. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000.

Дополнительная:

1. Бабаков И.М. Теория колебаний. - М.: Наука, 1968.
2. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. М. : Стройиздат., 1982. - 448 с.
3. Бидерман В.Л. Теория колебаний механических систем. - М.: Высшая школа, 1980.
4. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике. - М.: Наука, 1966.
5. Голдстейн Г. Классическая механика. - М.: Наука, 1975.
6. Ланцош К. Вариационные принципы механики. - М.: Мир, 1965.
7. Лурье А.И. Аналитическая механика. - М.: Физматгиз, 1961.
8. Мак-Миллан В.В. Динамика твердого тела. - М.: Изд-во иностранной литературы, 1951.
9. Малкин Н.Г. Теория устойчивости движения. - М.: Наука, 1966.
10. Меркин Д.Р. Введение в теорию устойчивости. - М.: Наука, 1986.
11. Неймарк Ю.И., Фуфаев П.А. Динамика неавтономных систем. - М.: Наука, 1975.
12. Пановко Я. Г. Введение в теорию механических колебаний. М.: Наука, 1991.
13. Парлетт Б. Симметричная проблема собственных значений. Численные методы. М.: Мир, 1983.
14. Ракитский Ю. В., Устинов С. М., Черноуцкий И. Г. Численные методы решения жестких систем. М.: Наука, 1979.
15. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы. М.: Наука, 1989.
16. Скарборо Дж. Гироскоп. М.: - Мир, 1974.
17. Тимошенко С. П. Янг Д. Х. Колебания в инженерном деле. Пер. с англ. М.: Машиностроение, 1985.
18. Численное моделирование динамических систем. Введение в лабораторный практикум. Ч. I / М. Г. Захаров, Ю. Г. Исполов, В. А. Полянский, Д. Ю. Скубов, Б. А. Смольников, К. Ш. Ходжаев. СПб, СПбГТУ, 1995. – 40 с.

8.2. Технические средства обеспечения дисциплины

Не предусмотрены.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Аудитория со стеклянной доской и мультимедийной системой.

2. Ксерокс.
3. Сканер.
4. Принтер.
6. Видеопроектор.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Рекомендуется основной объем базовых знаний преподнести на лекциях и практических занятиях в рамках дисциплины Б.3.20 «Практикум по аналитической динамике и теории колебаний», а указанную литературу использовать для закрепления и расширения полученных знаний, поскольку имеющиеся учебники и учебные пособия дополняют друг друга, а использование нескольких учебников не очень удобно.

Также рекомендуется больше уделять внимания самостоятельной работе студентов, в частности выполнению ими домашних расчетных заданий с тем, чтобы, ознакомившись на практических занятиях с методами решения подобных задач, он имел возможность закрепить практические навыки, работая в удобном режиме времени, пользуясь консультациями преподавателя на дальнейших практических занятиях по соответствующим темам.

11. Формы и методы проведения занятий

В процессе обучения предусмотрены следующие формы и методы проведения занятий:

- лекции;
- практические занятия в рамках дисциплины Б.3.20 «Практикум по аналитической динамике и теории колебаний».

Формы итоговой аттестации (зачет, экзамен, защита реферата) **и основные требования к ним** (примерные контрольные вопросы и задания по дисциплине)

Формой итоговой аттестации качества знаний по материалу дисциплины являются экзамены.

Изучение учебной дисциплины «Аналитическая динамика и теория колебаний» предусмотрено учебным планом физико-механического факультета для высшего профессионального образования.

Успешное овладение дисциплиной рассматривается как условие высокой профессиональной квалификации будущих бакалавров по направлению «Прикладная механика».

11.1. ПРИМЕРЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Аналитическая динамика и теория колебаний»

5 семестр

1. Найти положения равновесия двойного ортогонального маятника и исследовать их устойчивость.
2. Построить области устойчивости равновесия для длинного плавающего бруска прямоугольного сечения.
3. Составить уравнения движения и найти их интегралы для санок, скатывающихся с горки.
4. Исследовать качение шарика по горизонтальной плоскости, вращающейся с постоянной угловой скоростью вокруг вертикальной оси.
5. Найти типы орбит в задаче Кеплера о совместном движении двух материальных точек.

6 семестр

1. Определить период малых колебаний однородного полукруглого диска радиуса R , находящегося на негладкой горизонтальной плоскости, по которой он может катиться без скольжения. Диск совершает плоское движение. Расстояние от центра масс диска до центра круга равно $4R/(3\pi)$.

2. На шероховатый цилиндр радиуса R положен однородный призматический брусок массы m с прямоугольным поперечным сечением. В положении равновесия брусок расположен горизонтально. Найти частоту малых колебаний бруска, считая, что проскальзывание бруска по цилиндрической поверхности отсутствует.

3. Тележка, состоящая из стержня и двух колёс, совершает плоское движение, катаясь по поверхности цилиндрической полости радиуса R . Длина стержня l , масса - M , стержень считать однородным. Колёса представляют собой однородные диски радиуса R и массы m . Проскальзывание при движении колёс по поверхности полости отсутствует. Найти частоту малых колебаний тележки.

4. Однородное кольцо, имеющее радиус внутренней поверхности R и толщину h , надето на вал радиуса r . Определить частоту малых колебаний кольца, считая, что оно обкатывается по валу без проскальзывания.

5. Тонкий однородный стержень длины l подвешен на двух вертикальных нитях длины l каждая; расстояние между нитями равно $2a$. Стержень закручивается вокруг вертикальной оси, лежащей в плоскости нитей и равноудалённой от них. Найти период малых колебаний стержня.

6. Найти частоты и формы колебаний руки робота-манипулятора в плоскости. Рука состоит из двух звеньев, представляющих собой недеформируемые тонкие однородные стержни длины l и массы m каждый. Первый стержень шарнирно присоединен к основанию, второй шарнирно присоединен к первому. Жесткости на поворот упругих элементов в шарнирах одинаковы и равны C . Влиянием силы тяжести пренебречь. В положении равновесия второе звено повернуто по отношению к первому на угол $\pi/6$.

7. Два однородных стержня, длины l и массы m каждый, соединены шарнирно. Левый конец первого стержня шарнирно присоединён к неподвижной опоре. К правому концу второго стержня присоединена пружина жесткости C , натянутая силой F_0 . Правый конец пружины присоединён к неподвижной опоре. В положении равновесия стержни и пружина расположены на прямой линии; длина пружины в положении равновесия равна l . Найти частоты и формы малых колебаний системы в плоскости. Силой тяжести пренебречь.

8. К концу A тонкого однородного стержня массы M и длины $3a$, который может поворачиваться в вертикальной плоскости вокруг оси, проходящей через точку O ($OA = a$), на безынерционной нерастяжимой нити длины a подвешен груз массы m ($m = 3M/4$). Найти частоты и формы малых колебаний системы вблизи положения устойчивого равновесия.

7 семестр

1. Однородный стержень имеет длину L и площадь поперечного сечения F ; плотность материала стержня - ρ , модуль Юнга - E . Один конец стержня жестко заделан, а на другом закреплена масса $m = 6\rho FL$. Найти две наименьшие частоты и соответствующие формы продольных колебаний стержня. Решить задачу двумя способами: а) построить точное решение дифференциального уравнения продольных колебаний стержня при соответствующих граничных условиях, б) построить приближенное решение, рассмотрев конечно-элементную модель стержня, состоящую из двух конечных элементов. Сравнить полученные результаты.

2. Однородный стержень имеет длину L и площадь поперечного сечения F , плотность материала стержня - ρ , модуль Юнга - E . Оба конца стержня опёрты на упругие элементы жесткости $c = EF/(4L)$. Найти две наименьшие частоты и соответствующие формы продольных колебаний стержня. Решить задачу двумя способами: а) построить точное решение дифференциального уравнения продольных колебаний стержня при соответствующих граничных условиях, б) построить приближенное решение, рассмотрев конечно-элементную модель стержня, состоящую из двух конечных элементов. Сравнить полученные результаты.

3. Однородная балка имеет длину L и площадь поперечного сечения F , момент инерции поперечного сечения J ; плотность материала балки - ρ , модуль Юнга - E . Один конец балки жестко заделан, а на другом закреплена масса $m = 4\rho FL$. Найти две наименьшие частоты и соответствующие формы изгибных колебаний балки. Решить задачу двумя способами: а) построить точное решение дифференциального уравнения изгибных колебаний балки при соответствующих граничных условиях, б) построить приближенное решение, рассмотрев конечно-элементную модель балки, состоящую из одного конечного элемента. Сравнить полученные результаты.

4. Однородная балка имеет длину L и площадь поперечного сечения F , момент инерции поперечного сечения J ; плотность материала балки - ρ , модуль Юнга - E . Один конец балки жестко заделан, а на другом установлена упругая опора жесткости $c = 10EJ/L^3$. Найти две наименьшие частоты и соответствующие формы изгибных колебаний балки. Решить задачу двумя способами: а) построить точное решение дифференциального уравнения изгибных колебаний балки при соответствующих граничных условиях, б) построить приближенное решение, рассмотрев конечно-элементную модель балки, состоящую из одного конечного элемента. Сравнить полученные результаты.

8 семестр

1. Исследовать устойчивость конического движения сферического маятника.
2. Найти условия устойчивости движения одноосного прицепа следующего за тягачом.

3. Исследовать устойчивость перманентного вращения твердого тела вокруг главных осей инерции.
4. Построить функцию Ляпунова для волчка.
5. Построить функцию Ляпунова для линейной системы с двумя степенями свободы.
6. Исследовать устойчивость сферического маятника с «мертвым» крутящим моментом.

11.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРИМЕРНЫХ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «Аналитическая динамика и теория колебаний»

5 семестр

1. Классификация механических систем по их статическим, кинематическим и динамическим особенностям.
2. Классификация степеней свободы механических систем и вопросы их рационального выбора.
3. Положения равновесия. Необходимое и достаточное условие равновесия.
4. Катастрофы в механических системах, их типы и связь с условиями устойчивости.
5. Характеристические функции и их использование для записи уравнений движения.
6. Основные механические интегралы и их использование.
7. Вариационные принципы и их использование.

6 семестр

1. Малые колебания консервативной системы с одной степенью свободы вблизи положения устойчивого равновесия. Линеаризация уравнения движения. Собственная частота колебаний.
2. Потенциальная энергия предварительно напряженного упругого подвеса.
3. Влияние диссипативных сил на свободные колебания системы с одной степенью свободы. Логарифмический декремент колебаний.
4. Выбор оптимального демпфирования в колебательной системе с одной степенью свободы.
5. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы под действием произвольной вынуждающей силы. Интеграл Дюамеля. Импульсная переходная функция.
6. Система защиты от ударного воздействия.
7. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы под действием гармонической силы. Метод комплексных амплитуд. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики. Резонанс.
8. Энергетические соотношения при вынужденных гармонических колебаниях системы с одной степенью свободы. Коэффициент поглощения энергии.
9. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы под действием периодической силы; условия возникновения резонансных колебаний.
10. Система защиты от вибраций.
11. Элементы теории виброизмерительных приборов.
12. Метод гармонического баланса в задаче о свободных колебаниях системы с нелинейной упругой характеристикой. Гармоническая линеаризация.
13. Вынужденные колебания системы с нелинейной упругой характеристикой под действием гармонической силы.
14. Вынужденные колебания в системе с нелинейными силами сопротивления под действием гармонической силы.
15. Автоколебания в механических системах.
16. Малые колебания консервативной системы со многими степенями свободы вблизи положения устойчивого равновесия. Линеаризация уравнений движения.
17. Свободные колебания консервативной системы со многими степенями свободы. Собственные частоты и формы главных колебаний.
18. Положительность корней частотного уравнения. Ортогональность векторов форм колебаний. Модальная матрица.
19. Колебания связанных маятников.
20. Нулевые корни частотного уравнения. Крутильные колебания ротора.
21. Колебания твердого тела на упругом подвесе.
22. Колебания упругих систем. Матрица коэффициентов влияния. Обратный метод составления уравнений движения.
23. Учет сил трения при колебаниях системы со многими степенями свободы. Диссипативная функция.
24. Влияние диссипативных сил на свободные колебания системы со многими степенями свободы.
25. Малые диссипативные силы в системе со многими степенями свободы.
26. Вынужденные колебания системы со многими степенями свободы под действием произвольных вынуждающих сил. Решение в главных координатах.
27. Вынужденные колебания системы со многими степенями свободы под действием произвольных вынуждающих сил. Решение с помощью интеграла Дюамеля.
28. Вынужденные колебания под действием гармонических сил. Метод комплексных амплитуд. Резонанс.
29. Влияние малых диссипативных сил на резонансные колебания.

30. Динамическое гашение колебаний.
31. Критическая скорость вращающегося ротора.
32. Гироскопические силы. Дифференциальные уравнения движения гироскопических систем.
33. Собственные частоты и формы колебаний гироскопических систем.
34. Дифференциальные уравнения малых колебаний гироскопического маятника.
35. Решение дифференциальных уравнений малых колебаний гироскопического маятника.
36. Продольные колебания стержней. Волновое уравнение. Граничные и начальные условия.
37. Собственные частоты и формы продольных колебаний стержня. Ортогональность форм колебаний.
38. Собственные частоты и формы свободных колебаний стержня с массой на конце.
39. Вынужденные продольные колебания стержня; решение в виде ряда по формам свободных колебаний.
40. Учет сил сопротивления при продольных колебаниях стержня.
41. Дифференциальное уравнение изгибных колебаний стержня. Граничные и начальные условия.
42. Собственные частоты и формы изгибных колебаний стержня. Ортогональность форм колебаний.
43. Вынужденные изгибные колебания стержня; решение в виде ряда по формам свободных колебаний.
44. Учет сил сопротивления при изгибных колебаниях стержня.

7 семестр

1. Приближенные методы исследования колебаний стержней. Модели с сосредоточенными массами и сосредоточенными податливостями.
2. Метод Ритца в задаче о колебаниях стержней.
3. Основы метода конечных элементов. Конечно-элементная модель стержня при растяжении.
4. Основы метода конечных элементов. Конечно-элементная модель стержня при изгибе.
5. Обобщенная проблема собственных значений. Приведение обобщенной проблемы к обычной (необобщенной) проблеме.
6. Свойства собственных значений и собственных векторов симметричных матриц. Спектральное разложение симметричной матрицы.
7. Подобные преобразования симметричных матриц.
8. Отношение Релея. Оценка собственных значений симметричной матрицы с помощью отношения Релея.
9. Вычисление наибольших и наименьших значений симметричных матриц. Методы прямых и обратных итераций.
10. Трехдиагонализация симметричной матрицы.
11. Ортогонализация системы векторов. QR и QL разложения.
12. QL- алгоритм. Сходимость QL-алгоритма.
13. Процедура Релея – Ритца.
14. Метод итерирования подпространства.
15. Численные методы решения задачи Коши для конечномерных моделей механических систем. Методы Рунге – Кутты. Методы α -семейства (явная схема метода Эйлера, неявная схема метода Эйлера, метод средней точки).
16. Анализ работы методов Рунге – Кутты при решении задачи Коши для линейной системы. Тестовое уравнение. Переходный множитель.
17. Устойчивость методов α -семейства.
18. Анализ работы методов α -семейства при решении задачи Коши для консервативных систем.
19. Анализ работы методов α -семейства при решении задачи Коши для систем с большой диссипацией энергии.

8 семестр

1. Определение устойчивости по Ляпунову и альтернативные определения.
2. Критерии устойчивости линейных систем.
3. В чем заключаются особенности проверки на устойчивость линейных систем при наличии кратных критических корней характеристического уравнения.
4. Условия устойчивости линейных систем с почти постоянной матрицей.
5. Теоремы Ляпунова и Четаева об устойчивости по первому приближению.
6. Диаграмма Айнса – Стретта для уравнения Матве.

11.3. Основные понятия дисциплины

Материальная точка. Твердое тело. Упругий элемент. Диссипативный элемент. Расчетная схема. Математическая модель. Равновесие. Устойчивость. Области устойчивости. Точки бифуркации. Теория катастроф. Механические системы. Дифференциальные уравнения движения. Уравнения Ньютона. Голономные и неголономные связи. Уравнения Лагранжа. Консервативные, диссипативные и гироскопические системы. Интегралы уравнений движения. Уравнения Рауса. Канонические уравнения. Голономные и неголономные связи. Уравнения Аппеля. Малые колебания. Линеаризация уравнений движения. Собственные частоты и формы

свободных колебаний. Ортогональность форм колебаний. Вынужденные колебания. Резонанс. Защита от вибраций. Динамическое гашение колебаний. Нелинейные колебания. Нелинейные упругие силы. Нелинейные силы сопротивления. Автоколебания. Колебания гироскопических систем. Колебания систем с регулярной структурой. Колебания стержней. Волновое уравнение. Граничные и начальные условия. Симметричные матрицы. Собственные значения. Собственные векторы. Численные методы. Методы прямых и обратных итераций. Полная проблема собственных значений. QL-алгоритм. Частичная проблема собственных значений. Процедура Рунге-Рундта. Метод итерирования подпространства. Метод Ланцоша. Численное интегрирование дифференциальных уравнений. Задача Коши. Методы Рунге-Кутты. Сходимость. Точность. Устойчивость численных методов. Тестовое уравнение. Переходный множитель. Системы близкие к консервативным. Системы с большой диссипацией энергии. Устойчивость движения: по Ляпунову, по Лагранжу, по Пуассону, вековая и временная, гироскопическая, по части переменных, орбитальная и угловая, техническая, экспоненциальная, асимптотическая, структурная. Критерии устойчивости линейных систем (алгебраические, частотные). Области устойчивости, их границы. Функции Ляпунова *I, II* и *III* рода. Устойчивость по первому приближению. Диаграммы Вышнеградского для полиномов третьей и четвертой степени. Поведение линейных и нелинейных систем на границе области устойчивости. Устойчивость периодических систем. Теория Флоке. Уравнения Матье и Мейснера. Диаграмма Айнса-Стретта. Параметрический резонанс. Функции Матье. Угловая сходимость бесконечных определителей.

Выполнение требований ФГОС ВПО в рабочей программе учебной дисциплины подтверждаем:

Заказчик РПД

Заведующий выпускающей кафедрой
"Механика и процессы управления"

(подпись) В.А. Пальмов (ФИО)

" ____ " _____ 2010 г.

Разработчик РПД

Проф. каф. "Механика и процессы управления",
д.ф.-м.н.

Проф. каф. "Механика и процессы управления",
к.ф.-м.н. Ю.Г. Исполков

(подпись) Б.А. Смольников (ФИО)

" ____ " _____ 2010 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

" ____ " _____ 2010 г.

Вводится в действие с " ____ " _____ 2010 г.

ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б.3.6. «Теория упругости»

Для студентов направления подготовки

151600.62 – «Прикладная механика»

Профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Квалификация (степень) выпускника
Форма обучения

**бакалавр
очная**

Составлена кафедрой
«Механика и процессы управления»

Составители

Д. ф.-м. н., проф. , Засл. деятель науки РФ
К. т. н., доц.

Пальмов В. А.
Наумов В. Н.

Санкт-Петербург 2010

1. Цели и задачи изучения дисциплины

1.1. Теория упругости – профилирующий курс направления «Прикладная механика», имеющий целью сообщить студентам методы расчета напряженного состояния и деформаций в упругом теле. Теория упругости это часть более широкой науки – механики деформируемых тел, изучающей не только упругое поведение, но и вязкое и пластическое. Поэтому много внимания в курсе уделено обсуждению места теории упругости в общей системе механики деформируемых тел вообще. Более того, в курсе предусмотрена специальная глава, посвященная теории определяющих уравнений. В ней формулируются не только законы упругого поведения, но и законы вязкости, пластичности, ползучести.

В преподавании курса активно применяется язык тензорного исчисления. Поэтому собственно курсу теории упругости предпосылается глава, посвященная элементам тензорной алгебры и тензорного анализа. В основу изложения положено так называемое прямое тензорное исчисление. Координатное и декартово тензорное исчисления представлены как реализации прямого тензорного исчисления.

Практические занятия преследуют цели подготовить студентов к овладению средствами тензорной алгебры и тензорного анализа и подходам к самостоятельному решению несложных задач теории упругости. Постановкам и решению более сложных задач студенты обучаются в курсе вычислительной механики и также в рамках семинара по аналитическим методам исследований и по компьютерным технологиям.

При изучении дисциплины “Теория упругости” студент должен получать знания по следующим научным направлениям:

- Законы термомеханики деформируемых тел.
- Основные аналитические методы решения задач.
- Вариационные формулировки задач теории упругости
- Общая формулировка граничных задач механики деформируемых тел в форме вариационного уравнения.

На основании этих знаний студент должен уметь:

- свободно оперировать основными теоретическими понятиями курса;
- грамотно формулировать граничные условия на границах тел и условия сопряжения на границах разрывов напряжений внутри тел;
- свободно работать с научной литературой.

Основными целями изучения данной учебной дисциплины являются:

- формирование навыков математического мышления при работе с континуальными объектами;
- формирование умения использовать математические методы расчета;
- формирование умения ставить вариационные постановки задач;
- формирование навыков использования прямых методов при численном решении возникающих задач, как линейных, так и нелинейных.

В этой связи необходимо выделить следующие основные задачи:

- 1) развитие логического и алгоритмического мышления, основанного только на использовании законов природы;
- 2) овладение основными доступными методами исследования и решения математических задач;
- 3) овладение методами вычислительной математики;
- 4) выработка умения самостоятельного расширения знаний в области теории упругости и проведения анализа инженерных задач.

Принципы отбора содержания и организации учебного материала

Основными идеями, определяющими содержание дисциплины, являются:

- формирование у студентов фундаментальных теоретических знаний о законах природы, на основе которых они могут понять закономерности использования теории упругости в решении исследовательских и практических инженерных задач деформируемых тел;
- значимость, необходимость и целесообразность содержания материала для успешной практической деятельности студентов по специальности.
- соответствие сложности содержания материала реальным учебным возможностям;
- соответствие объема времени, отпущенному на изучение данной дисциплины;
- соответствие содержания учебно-методической и материальной базе университета.

1.2. Дисциплина используется при формировании следующих компетенций (по ФГОС):

Общекультурные компетенции (ОК):

владеть культурой мышления, иметь способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения (ОК-1);

уметь логически верно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь (ОК-2);

использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического и компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях (ОК-10);

владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информа-

ции, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-12);
 уметь использовать фундаментальные законы природы, законы естественнонаучных дисциплин и механики в процессе профессиональной деятельности (ОК-15);

Профессиональные компетенции (ПК):

быть способным выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПК-1),

применять физико-математический аппарат, теоретические. Расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности (ПК-2);

быть готовым выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний (ПК-4);

выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных механических объектов с целью оптимизации технологических процессов (ПК-10);

участвовать в работах по поиску оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учетом требований динамики и прочности, долговечности, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности (ПК-14);

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Теория упругости» изучается на 5 и 6 семестрах. В логическом плане курс теории упругости является продолжением курса «Сопротивление материалов». Вместе с тем для успешного освоения курса теории упругости предполагается предварительное изучение курсов высшей математики, физики, теоретической механики, сопротивления материалов и постепенное накопление знаний по параллельно проходящему курсу математической физики.

Курс теории упругости является основополагающим для последующих курсов: «Строительная механика машин», «Вычислительная механика», «Детали машин», «Теория пластичности и ползучести». Кроме того одним из ответвлений курса является курс «Механика жидкости и газа», в котором активно используются понятия и законы механики деформируемого тела.

3. Распределение объема учебной дисциплины по видам учебных занятий и формы контроля

Общая трудоемкость дисциплины по ФГОС ВПО составляет 8 зачетных единицы (288 часов).

Виды занятий и формы контроля	Объем по семестрам							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Лекции (Л), час.					72	72		
Практические занятия (ПЗ), час.								
Самостоятельная работа (СР), час.					72	72		
Курсовые работы (КР), шт.								
Экзамен (Э), шт.					1	1		

4. Структура и содержание дисциплины

Семестр	№ Темы	Наименование частей, разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия (час.)				СР (час.)
				Всего аудит.	Лекции	Практические занятия	ПЗ/КР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.	1.	Элементы тензорной алгебры и анализа	30	22	15	7		8
	2.	Кинематика деформируемого тела	23	15	10	5		8

	3.	Динамика деформируемого тела	23	15	10	5		8
	4.	Термодинамика деформируемого тела	10	10	10	0		0
	5.	Теория определяющих уравнений	29	25	15	10		4
	6.	Основные соотношения теории упругости, вязкости, пластичности	29	21	12	9		8
6.	7.	Линеаризация основных уравнений механики деформируемых тел	9	7	5	2		2
	8.	Основные уравнения и теоремы линейной упругости	31	23	15	8		8
	9.	Вариационные принципы теории упругости	19	15	10	5		4
	10.	Тепловые напряжения	14	8	4	4		6
	11.	Волны в упругих средах	17	11	9	2		6
	12.	Контактные задачи теории упругости	16	14	9	5		2
	13.	Кручение цилиндрического стержня	22	20	10	10		2
	14.	Изгиб стержня силой, приложенной на торце	16	10	10	0		6
		ИТОГО ПО КУРСУ	288	216	144	72		72
		ЗАЧЕТ						
		ЭКЗАМЕН	2					

Содержание разделов дисциплины

1. Элементы тензорной алгебры и тензорного анализа

Определение тензора второго ранга. Транспонированный тензор второго ранга. Тензоры высших рангов. Умножение тензора на вектор и тензор. Свойства операций умножения. Тензорный базис, координаты тензора. Основные формулы координатного тензорного исчисления. Единичный тензор и тензор Леви Чивита. Вектор, сопутствующий тензору второго ранга. Обратный тензор второго ранга. Главный базис симметричного тензора. Главные инварианты симметричного тензора второго ранга. Разложение симметричного тензора второго ранга на шаровую часть и девиатор. Оператор Гамильтона. Интегральные формулы Остроградского-Гаусса и Стокса. Обобщение на случай тензоров произвольного ранга.

2. Кинематика деформируемого тела.

Определение понятия сплошной среды и описание ее движения по методу Лагранжа и методу Эйлера. Материальная производная тензора или вектора. Мера и тензор конечной деформации Коши-Грина, Альманси и Фингера. Мгновенное состояние движения и деформация. Тензор малой деформации и малого поворота. Зависимости Сен-Венана. Формулы Чезаро.

3. Динамика деформируемого тела.

Закон сохранения массы. Дифференцирование интеграла, взятого по объему деформированного материального тела. Классификация внешних сил, действующих на материальное тело. Внутренние силы. Интегральные законы сохранения количества движения и момента количества движения. Формула Коши для вектора напряжения. Тензор напряжений. Дифференциальные уравнения динамики деформируемого тела при непрерывном дифференцируемом тензоре напряжений. Условия на поверхности разрыва тензора напряжений. Тензор напряжений в главном базисе. Нормальное и касательное напряжения на октаэдрической площадке. Примеры определения главного базиса и главных напряжений: чистый срез, тензор равных касательных напряжений, тензор равных нормальных напряжений.

4. Термодинамика деформируемого тела.

Первый закон термодинамики – закон сохранения энергии – в интегральной форме. Вектор теплового

потока. Дифференциальные уравнения закона сохранения энергии при непрерывном и дифференцируемом векторе теплового потока. Условия на поверхностях разрыва вектора теплового потока. Второй закон термодинамики в форме неравенства Клаузиуса - Дюгема. Универсальное диссипативное неравенство. Третий закон термодинамики.

5. Теория определяющих уравнений.

Определяющие параметры в деформируемом теле. Термодинамические процессы и определяющие уравнения. Приближенный метод формулировки определяющих уравнений. Из всех законов природы только второй закон термодинамики в форме диссипативного неравенства накладывает ограничения на форму определяющих уравнений. Обратимым называется такой термодинамический процесс в некотором материале, для которого универсальное диссипативное неравенство выполняется со знаком равенства и необратимым, - если со знаком неравенства. Пример 1. Неподвижный теплопроводящий материал. Пример 2. Стареющий теплопроводящий материал. Пример 3. Идеальный теплопроводящий газ. Принцип материальной объективности. Примеры определяющих уравнений материалов и их анализ с позиций принципа материальной объективности. Изотропные материалы. Теорема: определяющие уравнения изотропного материала не содержат никаких других тензоров и векторов, кроме тензоров и векторов определяющих параметров. Примеры определяющих уравнений и их анализ с позиций определения изотропного материала.

6. Основные уравнения теории термоупругости, вязкости, пластичности.

Определяющие уравнения изотропного термоупругого материала. Выражение тензора напряжений и свободной энергии через свободную энергию. Представление вектора теплового потока через меру деформации, градиент температуры и температуру. Неравенство Фурье. Определяющие уравнения идеальной сжимаемой жидкости. Определяющие уравнения вязкого материала. Определяющие уравнения сжимаемого пластического материала. Сравнение условий текучести Мизеса - Сен-Венана - Треска. Метод реологических моделей – метод композиции определяющих уравнений со сложными свойствами. Полная система уравнений и граничных условий в механике деформируемых тел.

7. Линеаризация основных уравнений механики деформируемых тел.

Тензор малой деформации и малого поворота. Малая объемная деформация. Определяющие уравнения для материалов с малыми упругими объемными деформациями и теплопроводностью Фурье. Классические определяющие уравнения для процессов формоизменения: упругий материал, вязкий материал, пластический материал. Материал Кельвина - Фойгта. Функция ползучести. Материал Максвелла. Функция релаксации. Стандартный линейный материал. Идеальный упруго-пластический материал. Упрочняющийся упруго-пластический материал. Материал Бингама.

8. Основные уравнения и теоремы линейной теории упругости.

Полная система уравнений и граничных условий связанной задачи термоупругости. Система уравнений и граничных условий линейной статической теории упругости. Различные варианты закона Гука. Теорема Клапейрона. Теорема Кирхгофа о единственности решения краевой задачи линейной теории упругости. Теорема Максвелла - Бетта о взаимности работ. Уравнения Ламе теории упругости в перемещениях. Представление общего решения уравнений в перемещениях через гармонические функции в форме Папковича - Нейбера. Пример 1. Действие сосредоточенной силы в неограниченном упругом пространстве. Пример 2. Действие сосредоточенной силы, приложенной на границе упругого полупространства. Дифференциальные уравнения теории упругости в напряжениях. Зависимости Бельтрами - Мичелла. Уравнения и граничные условия теории упругости в напряжениях в форме Победри. Пример 1. Растяжение призматического стержня. Пример 2. Чистый изгиб призматического стержня.

9. Вариационные принципы теории упругости.

Вариационный принцип минимума потенциальной энергии системы. Принцип минимума дополнительной работы. Принципы стационарности Рейсснера и Ху-Вашицу. Понятие о прямых методах решения вариационных задач теории упругости. Метод Ритца, метод Бубнова – Галеркина, методы Канторовича и Фока.

10. Кручение цилиндрического стержня.

Постановка задачи о нагружении цилиндрического стержня силами, распределенными по его торцам. Интегральные уравнения статики. Разбиение общей задачи на задачи растяжения, чистого изгиба, кручения, изгиба силой. Постановка задачи о кручении цилиндрического стержня сведением ее к проблеме определения касательных напряжений в нормальном сечении. Определение вектора напряжений. Функция напряжений. Жесткость стержня. Теорема: напряжение достигает максимума на контуре сечения стержня. Определение функции напряжений для стержня с многосвязным поперечным сечением. Определение перемещений в задаче о кручении. Теорема о циркуляции касательного напряжения. Мембранная аналогия Прандтля. Вариационное определение функции напряжений в теории кручения. Прямые методы в теории кручения: ме-

тоды Ритца, Галеркина, Канторовича, Фока.

11. Изгиб цилиндрического стержня силой, приложенной на его торце.

Формулировка задачи. Выражение осевого нормального напряжения. Определение вектора напряжений. Функции напряжений в задаче изгиба стержня силой. Проверка выполнения интегрального силового условия на торце. Центр жесткости сечения стержня. Теорема Новожилова: координаты центра жесткости стержня могут быть выражены через функции напряжений и деформации в задаче о кручении. Определение перемещений в задаче об изгибе стержня силой. Различные формулировки задачи об определении среднего закручивания стержня. Определение координат центра жесткости симметричного тонкого профиля. Пример: стержень с сечением в форме треугольника.

12. Тепловые напряжения.

Зависимости между напряжениями и деформациями при учете температуры. Полная система уравнений линейной теории упругости при наличии температурных членов. Тепловые напряжения в цилиндрической трубе.

13. Волны в упругих телах.

Распространение колебаний в неограниченной упругой среде. Представление вектора перемещений через скалярный и векторный потенциалы. Плоские волны растяжения и сдвига. Скорости волн растяжения и сдвига. Поверхностные волны Релея. Волны Лява.

14. Пространственная контактная задача.

Задача Буссинеска о действии сосредоточенной силы, приложенной к границе упругого полупространства. Представление гармонических функций для решения задачи Буссинеска с помощью формулы Папковича – Нейбера. Вычисление напряжений. Выполнение интегральных силовых условий для полусферы с центром в точке приложения силы. Напряженное состояние упругого полупространства при действии на него распределенной нормальной нагрузки. Действие жесткого круглого штампа.

5. Лабораторный практикум

Не предусмотрен.

6. Практические занятия

Проводятся в рамках дисциплины Б.3.21 «Практикум по теории упругости».

7. Курсовой проект (курсовая работа)

Не предусмотрен.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1. Рекомендуемая литература

Основная:

1. Кац А.М. Теория упругости. Лань. 2002.
2. Горшков А.Г. и др. Теория упругости и пластичности. М. УРСС. 2002.
3. Победра Б.Е., Георгиевский А.В. Основы механики сплошной среды. М. УРСС. 2006.
4. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т.1,2. М. УРСС. 2004.

Дополнительная:

1. Лурье А.И. Теория упругости. М. Наука. 1970.
2. Работнов Ю.И. Механика деформируемого твердого тела. М. Наука. 1979.
3. Демидов С.П. Теория упругости. М. Высшая школа. 1979.
4. Трусделл К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред. М. Мир. 1975.

8.2. Условия реализации и технические средства по обеспечению дисциплины

Программное обеспечение персональных компьютеров; информационное, программное и аппаратное обеспечение локальной компьютерной сети; информационное и программное обеспечение глобальной сети ИНТЕРНЕТ.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс, ПЭВМ с микропроцессором не ниже Pentium 4, объем ПЗУ не меньше 2-3 ГБ, объем

ОЗУ не меньше 513 МБ.
Аудитория со стеклянной доской.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Рекомендуется основной объем базовых знаний преподнести на лекциях и практических занятиях в рамках дисциплины Б.3.21 «Практикум по теории упругости», а указанную литературу использовать для закрепления и расширения полученных знаний. Рекомендуется больше уделять внимания самостоятельной работе студентов, в частности выполнению ими нескольких расчётных заданий, с тем, чтобы, ознакомившись на практических занятиях с методами решения подобных задач, они имели возможность закрепить практические навыки в области применения методов теории упругости, работая в удобном режиме времени, пользуясь консультациями преподавателя

11. Формы и методы проведения занятий

В процессе обучения предусмотрены следующие формы и методы проведения занятий:

- лекции;
- практические занятия в рамках дисциплины Б.3.21 «Практикум по теории упругости»,
- демонстрационные лабораторные работы.

Формы итоговой аттестации (зачет, экзамен, защита реферата) **и основные требования к ним** (примерные контрольные вопросы и задания по дисциплине)

Формой итоговой аттестации качества знаний по материалу дисциплины являются экзамены.

Изучение учебной дисциплины «Теория упругости» предусмотрено учебным планом физико-механического факультета для высшего профессионального образования.

Успешное овладение дисциплиной рассматривается как важнейшее условие высокой профессиональной квалификации будущих инженеров-механиков.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИМЕРНЫХ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ»

1. Тензоры высших рангов. Умножение тензора на вектор и тензор.
2. Свойства операций умножения.
3. Координатное тензорное исчисление.
4. Единичный тензор и тензор Леви Чивита.
5. Главный базис симметричного тензора.
6. Материальная производная тензора или вектора. Мера и тензор конечной деформации Коши-Грина, Альманси и Фингера.
7. Мгновенное состояние движения и деформация.
8. Тензор малой деформации и малого поворота.
9. Уравнение совместности деформаций. Формула Чезаро
10. Закон сохранения массы.
11. Интегральные законы сохранения количества движения и момента количества движения.
12. Тензор напряжений. Дифференциальные уравнения динамики деформируемого тела при непрерывном дифференцируемом тензоре напряжений.
13. Условия на поверхности разрыва тензора напряжений.
14. Нормальное и касательное напряжения на октаэдрической площадке.
15. Первый закон термодинамики – закон сохранения и изменения энергии – в интегральной форме.
16. Дифференциальные уравнения закона сохранения энергии.
17. Условия на поверхностях разрыва вектора теплового потока.
18. Второй закон термодинамики в форме неравенства Клаузиуса – Дюгема. Универсальное диссипативное неравенство. Третий закон термодинамики.
19. Определяющие параметры в деформируемом теле. Термодинамические процессы и определяющие уравнения.
20. Пример: неподвижный недеформируемый теплопроводящий материал.
21. Принцип материальной объективности.
22. Изотропные материалы.
23. Определяющие уравнения изотропного термоупругого материала. Неравенство Фурье.
24. Определяющие уравнения вязкого материала.
25. Определяющие уравнения сжимаемого пластического материала.
26. Метод реологических моделей – способ композиции определяющих уравнений со сложными реологическими свойствами.
27. Полная система уравнений и граничных условий в механике деформируемых тел.

28. Определяющие уравнения для материалов с малыми упругими объемными деформациями и теплопроводностью Фурье.
29. Классические определяющие уравнения для процессов формоизменения: упругий, вязкий, пластический материалы.
30. Материал Кельвина – Фойгта. Функция ползучести.
31. Материал Максвелла. Функция релаксации.
32. Стандартный линейный материал. Ползучесть и релаксация..
33. Идеальный упруго-пластический материал. Упрочняющийся упруго-пластический материал. Эффект Баушингера.
34. Материал Бингама. Нагружение и разгрузка с постоянной скоростью.
35. Система уравнений и граничных условий линейной статической теории упругости.
36. Различные варианты закона Гука.
37. Теорема Клапейрона.
38. Теорема Кирхгофа о единственности решения краевой задачи линейной теории упругости.
39. Теорема Максвелла – Бетти о взаимности работ.
40. Уравнения Ламе теории упругости в перемещениях.
41. Представление общего решения уравнений Ламе через гармонические функции в форме Папковича - Нейбера.
42. Действие сосредоточенной силы в неограниченном упругом пространстве.
43. Действие сосредоточенной силы, приложенной к границе упругого полупространства.
44. Дифференциальные уравнения теории упругости в напряжениях. Зависимости Бельтрами - Мичелла
45. Уравнения и граничные условия теории упругости в форме Победри.
46. Вариационный принцип Лагранжа – принцип минимума потенциальной энергии системы.
47. Вариационный принцип минимума дополнительной работы.
48. Понятие о прямых методах решения вариационных задач теории упругости. Метод Ритца, метод Бубнова – Галеркина, методы Канторовича и Фока.
49. Постановка задачи о нагружении цилиндрического стержня силами, распределенными по его торцам. Разбиение общей задачи на задачи растяжения, чистого изгиба, кручения, изгиба силой.
50. Постановка задачи о кручении цилиндрического стержня сведением ее к проблеме определения касательных напряжений в нормальном сечении. Функция напряжений. Жесткость стержня на кручение.
51. Теорема: в задаче о кручении цилиндрического стержня модуль вектора напряжений достигает максимума на контуре сечения стержня.
52. Определение функции напряжений для стержня с многосвязным поперечным сечением.
53. Определение перемещений в задаче о кручении цилиндрического стержня.
54. Теорема о циркуляции касательного напряжения.
55. Мембранная аналогия Прандтля в теории кручения цилиндрических стержней.
56. Вариационное определение функции напряжений в теории кручения цилиндрического стержня.
57. Прямые методы в теории кручения: Методы Ритца, Галеркина, Канторовича, Фока.
58. Формулировка задачи об изгибе стержня силой, приложенной на торце. Функции напряжений в задаче об изгибе стержня силой.
59. Центр жесткости сечения стержня. Теорема Новожилова: координаты центра тяжести могут быть выражены через функции напряжений и деформаций из задачи о кручении цилиндрического стержня.
60. Определение перемещений в задаче об изгибе стержня силой.
61. Различные формулировки об определении среднего закручивания стержня.
62. Определение координат центра жесткости симметричного тонкого профиля. Пример: стержень с сечением в форме треугольника.
63. Полная система уравнений линейной теории упругости при наличии температурных членов.
64. Тепловые напряжения в цилиндрической трубе и диске.
65. Распространение колебаний в неограниченной упругой среде. Представление вектора перемещений через скалярный и векторный потенциалы. Скорости плоских волн растяжения и сдвига.
66. Поверхностные волны Лява.
67. Поверхностные волны Релея.
68. Задача Буссинеска о действии сосредоточенной силы, приложенной к границе упругого полупространства. Представление гармонических функций для решения задачи Буссинеска. Выполнение интегральных силовых условий для полусферы с центром в точке приложения силы.
69. Напряженное состояние упругого полупространства при действии на него распределенной нормальной нагрузки. Действие жесткого круглого штампа.

Основные понятия дисциплины

Материальная точка. Деформируемое материальное тело. Материальная производная. Меры и тензоры конечной деформации Коши – Грина, Альманси, Фингера. Тензор скоростей деформаций. Тензор напряжений. Вектор теплового потока. Уравнение динамики. Уравнение закона сохранения энергии. Универсальное диссипативное неравенство. Определяющие уравнения. Определяющие уравнения упругого, вязкого и

пластического материалов. Принцип материальной объективности. Теорема Клапейрона. Теорема Кирхгофа о единственности решений в линейной теории упругости. Уравнения Ламе. Соотношения Бельтрами – Мичелла. Вариационные принципы теории упругости: принцип Лагранжа, принцип Кастильяно, принцип Рейснера, принцип Ху-Вашизу. Прямые методы: метод Галеркина, метод Ритца, метод Канторовича, метод Фока. Термоупругость. Контактная задача. Волны сжатия и сдвига в упругих телах. Конечные деформации в теории упругости.

Выполнение требований ФГОС ВПО в рабочей программе учебной дисциплины подтверждаем:

Заказчик РПД

Заведующий выпускающей кафедрой
"Механика и процессы управления"

_____ В.А. Пальмов

" ____ " _____ 2010 г.

Разработчик РПД

Профессор каф. "Механика и процессы управления",
д.ф.-м.н., засл. деятель науки РФ

_____ В.А. Пальмов
Доцент каф. "Механика и процессы управления", к.т.н.
_____ В.Н. Наумов

" ____ " _____ 2010 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

" ____ " _____ 2010 г.

Вводится в действие с " ____ " _____ 2010 г.

ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б.3.9. «Строительная механика машин»

Для студентов направления подготовки

151600.62 – «Прикладная механика»

Профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Квалификация (степень) выпускника
Форма обучения

**бакалавр
очная**

Составлена кафедрой
«Механика и процессы управления»

Составители

Д. ф.-м. н., проф. , Засл. деятель науки РФ
К. т. н., доц.

Пальмов В. А.
Наумов В. Н.

Санкт-Петербург 2010

1. Цели и задачи изучения дисциплины

1.1. “Строительная механика машин” является продолжением курса “Теория упругости”. По существу в ней объединены такие задачи упругости, которые представляют интерес для машиностроения: рассмотрены такие элементы машин, как стержни, пластинки, оболочки. Значительное место в расчетах машиностроительных конструкций занимает плоская задача, как плоская деформация, так и плоское напряженное состояние. В курсе демонстрируются методы определения номинальных напряжений; значительное внимание уделено выявлению мест, в которых происходит концентрация напряжений, а также методам вычисления величин концентрации напряжений. Значительное внимание в предлагаемой дисциплине уделено концепции краевого эффекта. Этот эффект продемонстрирован на примерах балок, лежащих на упругом основании, и на примере цилиндрической оболочки, нагруженной осесимметрично. Материал курса является существенным для многих разделов техники, таких как химическая промышленность, ядерная энергетика, конструирование летательных аппаратов.

Изучение дисциплины “Строительная механика машин” позволяет получить следующие умения и навыки:

- умение выделять из сложной конструкции наиболее опасные элементы и грамотно формулировать силовые или кинематические условия;
- умение найти подходы к решению задач, относящихся к выделенным элементам;
- умение находить вариационную формулировку для решения задачи, связанной с элементами машин;
- умение провести грамотный анализ полученных результатов.

Успешное изучение дисциплины предполагает сочетание лекционных и практических занятий. На практических занятиях идет работа по закреплению теоретического материала и выработка навыков решения практических задач.

Контроль знаний студентов осуществляется на практических занятиях и на экзаменах. Разработаны индивидуальные задания для самостоятельного решения, а также составлены вопросы для подготовки к экзаменам.

Цели изучения дисциплины

Строительная механика машин – профилирующий курс направления «Прикладная механика». Его цель – сообщить студентам методы расчета напряжений и деформаций в таких типичных элементах машин, как стержни, в том числе и криволинейные, пластинки, массивные тела, находящиеся в условиях плоской или осесимметричной деформации, вращающиеся диски, цилиндрические и сферические оболочки.

Практические занятия преследуют цель подготовить студентов к самостоятельному решению несложных задач строительной механики машин. Постановкам и решению более сложных задач студенты обучаются в курсе вычислительной механики и деталей машин.

При изучении дисциплины “Строительная механика машин” студент должен получать знания:

- формулировка краевых задач для элементов машин;
- подбор методов решения задач для элементов машин;
- применение прямых методов решения задач.

На основании этих знаний студент должен уметь:

- достаточно свободно оперировать основными теоретическими понятиями курса;
- применять вариационные формулировки основных задач;
- выполнять необходимые расчетные задания при помощи специальных методов.

Курс “Строительная механика машин” формирует у студентов следующие навыки:

- формулировка граничных условий на границе элементов машин с учетом работы элемента в составе машины в целом;
- работа с научной литературой;
- самостоятельное выполнение расчетных заданий.

Основными целями изучения данной учебной дисциплины являются:

- формирование навыков математического и механического мышления ;
- формирование умения использовать математические методы расчета;
- формирование умения строить механические, а затем уже и математические модели;

В этой связи необходимо выделить следующие основные задачи:

- 1) развитие логического мышления;
- 2) овладение основными методами исследования и решения математических задач;
- 3) овладение методами вычислительной математики и программирования;
- 4) выработка умения самостоятельного расширения знаний в области механики и математики и проведение анализа инженерных задач.

1.2. Дисциплина используется при формировании следующих компетенций (по ФГОС):

Общекультурные компетенции (ОК):

владеть культурой мышления, иметь способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения (ОК-1);

уметь логически верно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь (ОК-2);

использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического и компьютерного моделирования в теоретических и расчетно - экспериментальных исследованиях (ОК-10);

владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-12);

уметь использовать фундаментальные законы природы, законы естественнонаучных дисциплин и механики в процессе профессиональной деятельности (ОК-15);

Профессиональные компетенции (ПК):

быть способным выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПК-1),

применять физико-математический аппарат, теоретические. Расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности (ПК-2);

быть готовым выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний (ПК-4);

выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных механических объектов с целью оптимизации технологических процессов (ПК-10);

участвовать в работах по поиску оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учетом требований динамики и прочности, долговечности, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности (ПК-14);

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Строительная механика машин» изучается на 7 и 8 семестрах. В логическом плане этот курс является продолжением курса «Теория упругости». Вместе с тем для успешного усвоения курса необходимо сохранение глубоких знаний, полученных в курсах высшей математики, математической физики, теоретической механики. Курс является основополагающим для последующих курсов «Вычислительная механика», «Детали машин», «Теория пластичности и ползучести». Материал курса составляет основу для заданий на семинаре по аналитическим методам исследований и на семинаре по компьютерным технологиям, которые проводятся параллельно на 7 семестре.

Принципы отбора содержания и организации учебного материала

Основными идеями, определяющими содержание дисциплины, являются:

- формирование у студентов теоретических знаний, на основе которых они могут использовать идеи строительной механики машин в решении исследовательских и инженерных задач;
- значимость, необходимость и целесообразность содержания материала для успешной практической деятельности студентов по специальности.
- соответствие сложности содержания материала реальным учебным возможностям;
- соответствие объема времени, отпущенному на изучение данной дисциплины;
- соответствие содержания учебно-методической и материальной базе университета.

3. Распределение объема учебной дисциплины по видам учебных занятий и формы контроля

Общая трудоемкость дисциплины по ФГОС ВПО составляет 5 зачетных единицы (180 часов).

Виды занятий и формы контроля	Объем по семестрам							
	1.	2	3	4	5	6	7	8
Лекции (Л), час.							30	30
Практические занятия (ПЗ), час.							30	30
Самостоятельная работа (СР), час.							30	30
Курсовые работы (КР), шт.								
Зачет (З), шт.							1	
Экзамен (Э), шт.								1

4. Структура и содержание дисциплины

Сем естр	№ Те- мы	Наименование частей, Разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия (час.)				СР (час.)
				Всего аудит.	Л	ПЗ	ПЗ/ КР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7.	1.	Плоская задача теории упругости	60	40	20	20		20
	2.	Вращающиеся диски	30	20	10	10		10
8.	3.	Теория тонких кривых стержней	30	20	10	10		10
	4.	Теория изгиба тонких пластинок	30	20	10	10		10
	5.	Элементы теории упругих тонких оболочек	30	20	10	10		10
		ИТОГО ПО КУРСУ	180	120	60	60		60

Содержание разделов дисциплины

1. Плоская задача теории упругости

Плоская деформация и плоское напряженное состояние. Функция напряжений Эри. Дифференциальное уравнение и краевые условия для функции Эри. Определение перемещений в плоской задаче. Плоская задача в полярной системе координат. Выражение напряжений через функцию напряжений в декартовой и полярной системах координат. Клиновидный элемент под действием силы, приложенной в вершине клина. Задача Фламана о действии сосредоточенной силы на границе полуплоскости. Применение функций комплексного переменного в плоской задаче теории упругости. Функции Колосова - Мусхелишвили. Главный вектор и главный момент сил, приложенных к участку контура. Представление функций напряжений через комплексные потенциалы. Действие сосредоточенной силы и сосредоточенного момента в неограниченной плоскости. Формулировка краевых задач для функций Колосова – Мусхелишвили. Задача Герца о диске, сжимаемом сосредоточенными силами. Задача Кирша. Напряженное состояние в плоскости, ослабленной эллиптическим отверстием.

2. Вращающиеся диски

Уравнения динамики вращающегося диска переменной толщины. Диски постоянной толщины. Диск с толщиной, изменяющейся по экспоненциальному закону и по гиперболическому закону.

3. Теория тонких кривых стержней

Сведения из теории кривых в пространстве. Малая деформация криволинейного стержня. Кинематические формулы Клебша. Уравнения статики криволинейного стержня. Зависимости Кирхгофа. Статико-геометрическая аналогия в теории тонких стержней. Задача Эйлера об эластике. Устойчивость сжатого стержня. Задача о предельной высоте колонны. Устойчивость и неустойчивость плоской формы изгиба полосы. Устойчивость плоской формы изгиба круговой арки, нагруженной парами по концам. Устойчивость кругового кольца и части кругового кольца при равномерно распределенном давлении. Задача Николаи об устойчивости сжатого и скрученного стержня. Изгиб балок, лежащих на упругом основании. Понятие о круговом эффекте.

4. Теория изгиба тонких пластинок

Постановка задачи об изгибе тонких пластинок. Основные и второстепенные напряжения. Выражения основных напряжений через нормальный прогиб. Выражения второстепенных напряжений. Дифференциальные уравнения изгиба тонкой пластинки. Усилия и моменты в пластинке. Вариационный вывод уравнений изгиба и граничных условий. Прямоугольные пластинки. Метод Навье двойных тригонометрических рядов в задаче изгиба опертой пластинки. Метод Леви одинарных тригонометрических рядов в задаче об изгибе прямоугольной пластинки, два параллельных края которой оперты. Задача о прямоугольной пластинке с заделанными краями. Решение задач изгиба пластинок вариационными методами. Изгиб круглых пластинок. Общее решение уравнения изгиба круглой пластинки в полярной системе координат в форме тригонометрического ряда. Осесимметричный изгиб круглой пластинки. Действие сосредоточенной силы, приложенной в центре пластинки. Примеры. Защемленная круглая пластинка с силой, приложенной в центре. Опертая круглая пластинка с силой, приложенной в центре. Равномерно нагруженная опертая и защемленная пластинки. Теория пластинок Рейсснера. Теория многослойных пластинок.

5. Элементы теории оболочек.

Введение. Объекты теории оболочек. Классификация сил и моментов, действующих на оболочку. Законы динамики Эйлера. Формулы Коши. Тензоры усилий и моментов. Локальная форма законов динамики Эйлера. Закон сохранения энергии. Тензор деформации и тензор изгиба-кручения. Определяющие уравнения в теории упругих оболочек. Представление свободной энергии. Трансверсально-изотропная оболочка. Определение модулей упругости в теории оболочек с помощью решения трехмерных эталонных задач: растяжение – сдвиг слоя, изгиб слоя, кручение слоя. Вычисление модулей упругости слоистой оболочки. Уравнения теории оболочек в координатной форме. Цилиндрическая оболочка с жесткими днищами под действием внутреннего давления. Цилиндрическая оболочка с плоскими гибкими днищами под действием внутреннего давления. «Короткая» и «длинная» оболочки. Кручение цилиндрической оболочки. Тонкостенные прямые стержни. Секториальная площадь сечения. Бимомент.

5. Лабораторный практикум

Исследование деформированного и напряженного состояний плоского образца в форме крюка.

Исследование деформированного и напряженного состояний цилиндрической оболочки со сферическим днищем.

6. Практические занятия

Решения типовых задач по темам №№ 1-5.

7. Курсовой проект (курсовая работа)

Не предусмотрен.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1. Рекомендуемая литература

Основная:

1. Кац А.М. Теория упругости. Лань. 2002.
2. Горшков А.Г. и др. Теория упругости и пластичности. М. УРСС. 2002.
3. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. Судпромгиз. 1962.

Дополнительная:

1. Лурье А.И. Теория упругости. М. Наука. 1970.
2. Демидов С.П. Теория упругости. М. Высшая школа. 1979.

8.2. Условия реализации и технические средства по обеспечению дисциплины

Программное обеспечение персональных компьютеров; информационное, программное и аппаратное обеспечение локальной компьютерной сети; информационное и программное обеспечение глобальной сети ИНТЕРНЕТ.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс, ПЭВМ с микропроцессором не ниже Pentium 4, объем ПЗУ не меньше 2-3 ГБ, объем ОЗУ не меньше 513 МБ. Программная система MATLAB[®].
Аудитория со стеклянной доской.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Рекомендуется преподнести основной объем базовых знаний на лекциях и практических занятиях. Указанную литературу рекомендуется использовать для закрепления полученных знаний и их расширения по некоторым разделам дисциплины.

11. Формы и методы проведения занятий

В процессе обучения предусмотрены следующие формы и методы проведения занятий:

- лекции;
- практические занятия;
- лабораторные работы.

Формы итоговой аттестации (зачет, экзамен, защита реферата) **и основные требования к ним** (примерные контрольные вопросы и задания по дисциплине)

Формой итоговой аттестации качества знаний по материалу дисциплины являются зачет на 7 семестре и экзамен в 8 семестре.

Изучение учебной дисциплины “Строительная механика машин” предусмотрено учебным планом физико-механического факультета для высшего профессионального образования.

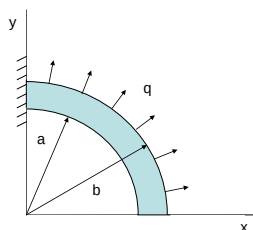
Успешное овладение дисциплиной рассматривается как условие высокой квалификации будущих инженеров-механиков.

11.1. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАНИЙ В КУРСЕ “СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА МАШИН”

1. Изгиб кругового стержня распределенной нормальной нагрузкой.

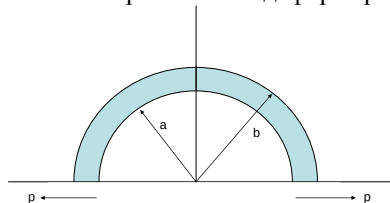
Контур $r=b$ кругового стержня нагружен равномерно распределенной нормальной нагрузкой интенсивности q . Найти напряженное состояние стержня. Изобразить графики напряжений σ_r, σ_φ в некоторых сечениях

стержня. Обсудить граничное условие стержня при $\varphi = \frac{\pi}{2}$.

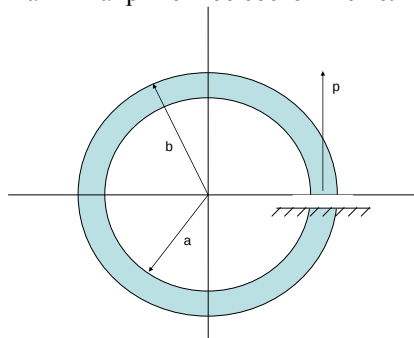


2. Упругое полукольцо растягивается противоположными силами P , приложенными к торцам.

Найти напряженное и деформированное (перемещения) состояния полукольца. Привести графики.



3. Разрезанное кольцо на верхнем торце нагружено суммарной силой P . Нижний торец кольца «зашемлен». Найти напряженное состояние кольца.



4. Упругая плоскость с круговым отверстием радиуса a на бесконечности нагружена растягивающим напряжением $\sigma_{x\infty} = \sigma_0 \frac{y^2}{a^2}$. Найти распределение напряжений в произвольной точке плоскости. Привести графики.

5. Контур отверстия радиуса a бесконечной упругой плоскости нагружен следующим образом:

$$\sigma_r|_{r=a} = \sigma_0 \cos \varphi, \quad \tau_{r\varphi}|_{r=a} = 0.$$

Найти напряженное состояние в плоскости.

6. Упругое разрезанное кольцо $a \leq r \leq b$ нагружено нагрузкой $\sigma_r|_{r=a} = \sigma_0$. Определить напряженное и деформированное (перемещения) состояния кольца.

7. Упругая плоскость с круговым отверстием радиуса a на бесконечности нагружена нормальным напряжением $\sigma_{x\infty} = \sigma_0 \frac{y}{a}$. Каково распределение напряжений в произвольной точке плоскости.

8. В «центре» бесконечной упругой плоскости имеется абсолютно жесткая круговая вставка радиуса a . На бесконечности плоскость подвергается одноосному растяжению $\sigma_{x\infty} = \sigma_0$. Найти напряженное состоя-

ние в произвольной точке плоскости.

11.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРИМЕРНЫХ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ “СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА МАШИН”

70. Плоская деформация и плоское напряженное состояние.
71. Функция напряжений Эри. Дифференциальные уравнения и граничные условия для функции Эри.
72. Определение перемещений в плоской задаче.
73. Плоская задача в полярной системе координат. Выражение напряжений в полярной и декартовой системе координат.
74. Клиновое действие силы, приложенной в вершине клина.
75. Задача Фламана о действии силы на границе полупространства.
76. Применение функций комплексного переменного в плоской задаче. Функции Колосова – Мусхелишвили.
77. Главный вектор и главный момент сил, приложенных к участку контура.
78. Представление функций напряжений через комплексные потенциалы.
79. Действие сосредоточенной силы и сосредоточенного момента в неограниченной плоскости.
80. Формулировка краевых задач для функций Колосова – Мусхелишвили.
81. Задача Герца о диске, сжимаемом сосредоточенными силами.
82. Задача Кирпша.
83. Напряженное состояние в плоскости, ослабленной эллиптическим отверстием.
84. Уравнение динамики вращающегося диска переменной толщины. Диск с толщиной, изменяющейся по экспоненциальному и гиперболическому законам.
85. Малая деформация криволинейного стержня. Кинематические формулы Клебша.
86. Уравнения статики криволинейного стержня. Законы Кирхгофа.
87. Статико-геометрическая аналогия в теории тонких стержней.
88. Задача Эйлера об эластике. Устойчивость сжатого стержня.
89. Задача о предельной высоте колонны.
90. Устойчивость и неустойчивость плоской формы изгиба полосы.
91. Устойчивость плоской формы изгиба круговой арки, нагруженной парами по концам.
92. Устойчивость плоской формы изгиба кругового кольца и части кругового кольца при равномерно распределенном давлении.
93. Задача Николаи об устойчивости сжатого и скрученного стержня.
94. Изгиб балок, лежащих на упругом основании. Понятие о краевом эффекте.
95. Постановка задачи об изгибе тонких пластинок. Основные и второстепенные напряжения. Выражение напряжений через нормальный прогиб.
96. Усилия и моменты в пластинке.
97. Вариационный вывод уравнений изгиба и граничных условий в теории пластинок.
98. Метод Навье двойных тригонометрических рядов в задаче изгиба опертой прямоугольной пластинки.
99. Метод Лева одинарных тригонометрических рядов в задаче об изгибе прямоугольной пластинки, два параллельных края которой оперты.
100. Задача о прямоугольной пластинке с заделанными краями.
101. Решение задач изгиба пластинок вариационными методами.
102. Изгиб круглых пластинок. Общее решение уравнения изгиба круглой пластинки в полярной системе координат в форме тригонометрического ряда.
103. Осесимметричный изгиб круглой пластинки. Действие сосредоточенной силы, приложенной в центре пластинки.
104. Опертая по контуру круглая пластинка с силой, приложенной в центре.
105. Защемленная круглая пластинка с силой, приложенной в центре.
106. Равномерно нагруженная опертая и защемленная по контуру круглая пластинка.
107. Теория пластинок Рейсснера.
108. Теория многослойных пластинок.
109. Классификация сил и моментов, действующих на оболочку.
110. Законы динамики Эйлера в теории оболочек. Формула Коши. Тензоры усилий и моментов.
111. Локальная форма законов динамики Эйлера.
112. Закон сохранения энергии в теории оболочек. Тензор деформации и тензор изгиба – кручения.
113. Определяющие уравнения в теории упругих оболочек. Представление свободной энергии.
114. Трансверсально-изотропная оболочка. Определение модулей упругости в теории оболочек с помощью решения трехмерных эталонных задач для слоя: растяжение и сдвиг слоя, изгиб слоя, кручение слоя.
115. Вычисление модулей упругости слоистой оболочки.
116. Уравнения теории оболочек в координатной форме.
117. Цилиндрическая оболочка с жесткими днищами под действием внутреннего давления.
118. Цилиндрическая оболочка с плоскими гибкими днищами под действием внутреннего давления. “Короткая” и “длинная” оболочки.

119. Кручение цилиндрической оболочки.
120. Тонкостенные прямые стержни. Секториальная площадь сечения. Бимомент.

11.3. Основные понятия дисциплины

Плоское напряженное состояние и плоская деформация. Функция напряжений Эри. Задача Фламана о действии сосредоточенной силы на границе упругой полуплоскости. Функции Колосова - Мусхелишвили. Задача Герца. Задача Кирша. Вращающийся диск переменной толщины. Тонкие кривые стержни. Статико-геометрическая аналогия в теории кривых стержней. Задача Эйлера об эластике. Устойчивость стержней. Усилия и моменты в пластинке и оболочке. Метод Навье и метод Лева в теории прямоугольных пластинок. Круглая пластинка. Пластинки Рейсснера. Многослойные пластинки. Тензор деформации и тензор изгиба – кручения в теории оболочек. Трансверсально-изотропная оболочка. Цилиндрическая оболочка. “Короткая” и “длинная” цилиндрическая оболочка. Тонкостенные прямые стержни. Секториальная площадь сечения. Бимомент.

Выполнение требований ФГОС ВПО в рабочей программе учебной дисциплины подтверждаем:

Заказчик РПД

Заведующий выпускающей кафедрой
"Механика и процессы управления"

_____ В.А. Пальмов

Разработчик РПД

Проф. каф. "Механика и процессы управления",
д.ф.-м.н., заслуженный деятель науки РФ

_____ В.А. Пальмов
Доц. каф. "Механика и процессы управления", к.т.н.
_____ В.Н. Наумов

" ____ " _____ 2010 г.

" ____ " _____ 2010 г.

Примерные программы дисциплин
вариативной части учебного плана подготовки бакалавров
по направлению 151600 «Прикладная механика»,
профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

" ____ " _____ 2010 г.

Вводится в действие с " ____ " _____ 2010 г.

ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б.3.13. «Метрология, стандартизация и сертификация»

Для студентов направления подготовки

151600.62 – «Прикладная механика»

Профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Квалификация (степень) выпускника
Форма обучения

**бакалавр
очная**

Составлена кафедрой
«Механика и процессы управления»
Составитель
К. т. н., доц.

Полянский В.А.

Санкт-Петербург 2010

1. Цели и задачи изучения дисциплины

1.1. Глобализация мировой экономики приводит ко все более глубокому разделению труда как в масштабах компаний, так и в масштабах целых государств. Разделение труда невозможно без стандартизации и сертификации производства. Усиление конкуренции заставляет производителей разрабатывать и исполнять единые стандарты на добровольной основе. Государство за счет системы сертификации и поддержки стандартов способствует этому процессу.

Метрология является основой любой стандартизации. Следовательно, эффективное развитие экономики невозможно без метрологической науки.

Изучение курса «Метрология стандартизация и сертификация» является необходимым для каждого специалиста минимумом, дающим основные понятия о фундаментальной для развития производства сфере знания. После освоения курса студенты должны получить:

- основные понятия теории измерений;
- основные понятия теории планирования эксперимента;
- знания о метрологической системе РФ;
- знания о системе стандартизации и сертификации в РФ;
- практические навыки проведения измерений механических величин и обработки их результатов.

Успешное изучение дисциплины предполагает сочетание лекционных и практических занятий. На практических занятиях идет работа по закреплению теоретического материала и выработке навыка по решению практических заданий.

Контроль знаний студентов осуществляется на практических занятиях и на экзамене, как в устной, так и в письменной форме.

Целью курса является изучение теоретических основ метрологии, стандартизации и сертификации; формирование у студентов знаний, умений и навыков проведения и обработки результатов измерений работы с нормативными документами, обеспечивающими их квалифицированное участие в исследованиях и разработках механических систем и программного обеспечения.

При изучении дисциплины «Метрология стандартизация и сертификация» студент должен получить знания:

- о теоретических основах метрологии;
- о метрологическом обеспечении;
- о правовых основах обеспечения единства измерений;
- о правовых основах стандартизации;
- о научной базе стандартизации;
- о государственном надзоре и контроле за соблюдением требований государственных стандартов;
- о схемах и системах сертификации.

Курс «Метрология стандартизация и сертификация» формирует у студента следующие навыки:

- обработки и анализа статистических данных;
- работы с научной литературой;
- выполнения самостоятельных практических и расчетных заданий.

Основными целями изучения данной учебной дисциплины являются:

- формирование основных понятий и навыков проведения и обработки результатов измерений;
- формирование основных понятий о системе стандартизации;
- формирование основных понятий о системах контроля качества и сертификации.

В этой связи необходимо выделить следующие основные задачи:

- иметь представление о теории измерений, объектах и средствах измерений; о целях и задачах стандартизации; об основных принципах и положениях управления качеством изделий и услуг; о сертификации изделий, ПО, услуг и систем качества;
- знать способы измерений механических величин и параметров ПО; основные требования к качеству механических изделий и ПО; основные нормативные документы в области метрологии, стандартизации и сертификации изделий, ПО и услуг;
- уметь применять полученные знания и нормативные документы по метрологии, стандартизации и сертификации при исследованиях и разработках механических объектов и ПО, оформлении технической документации, организации технологических процессов производства.

1.2. Дисциплина используется при формировании следующих компетенций (по ФГОС):

Общекультурные компетенции (ОК):

владеть культурой мышления, иметь способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения (ОК-1);

уметь логически верно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь (ОК-2);

использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического и компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях (ОК-10);

владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информа-

ции, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-12);
 уметь использовать фундаментальные законы природы, законы естественнонаучных дисциплин и механики в процессе профессиональной деятельности (ОК-15);

Профессиональные компетенции (ПК):

быть способным выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПК-1),

применять физико-математический аппарат, теоретические. Расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности (ПК-2);

быть готовым выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний (ПК-4);

выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных механических объектов с целью оптимизации технологических процессов (ПК-10);

участвовать в работах по поиску оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учетом требований динамики и прочности, долговечности, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности (ПК-14);

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Метрология стандартизация и сертификация» изучается в 6 семестре 3 курса и базируется на следующих дисциплинах: «Математика», «Физика», «Информатика» и другие специальные дисциплины начальных семестров знаниях студентов.

Изучение курса «Метрология стандартизация и сертификация» необходимо для теоретической и практической подготовки студентов к исполнению профессиональных обязанностей по специальности «Прикладная Механика»

В курсе «Метрология стандартизация и сертификация» студенты впервые знакомятся с метрологической системой, системой государственных стандартов и сертификации, научной и законодательной базой этих систем, что будет востребовано при выполнении лабораторных работ написании курсовых и дипломных работ студентов старших курсов. Именно в этом проявляется междисциплинарное значение дисциплины «Метрология стандартизация и сертификация»

Основными идеями, определяющими содержание дисциплины, являются:

- формирование у студентов теоретических знаний, на основе которых они могут понять закономерности построения метрологической службы и систем стандартизации и сертификации;
- значимость, необходимость и целесообразность содержания материала для успешной практической деятельности студентов по специальности.
- соответствие сложности содержания материала реальным учебным возможностям;
- соответствие объема содержания времени, отпущенному на изучение данной дисциплины;
- соответствие содержания учебно-методической и материальной базе института.

В процессе обучения предусмотрены следующие формы и методы проведения занятий:

- лекции;
- практические занятия.

Формой итоговой аттестации качества знаний по материалу дисциплины является зачет.

Изучение учебной дисциплины «Метрология стандартизация и сертификация» предусмотрено учебным планом Физико-механического факультета для высшего профессионального образования.

Успешное овладение дисциплиной рассматривается как условие высокой профессиональной квалификации будущих специалистов по прикладной механике.

3. Распределение объема учебной дисциплины по видам учебных занятий и формы контроля

Общая трудоемкость дисциплины по ФГОС ВПО составляет 3 зачетных единицы (108 часов).

Виды занятий и формы контроля	Объем по семестрам							
	1.	2	3	4	5	6	7	8
Лекции (Л), час.						36		
Практические занятия (ПЗ), час.						18		
Самостоятельная работа (СР), час.						54		

Курсовые работы (КР), шт.							
Зачет (З), шт.						1	

4. Структура и содержание дисциплины

Сем естр	№ Темы	Наименование частей, разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия (час.)			СР (час.)
				Всего аудит.	Лек- ции	Практи- ческие заня- тия	
1	2	3	4	5	6	7	8
6.	1.	Теоретические основы метрологии. Основные понятия, связанные с объектами измерения: свойство, величина, количественные и качественные проявления свойств. Основные понятия, связанные со средствами измерений. Закономерности формирования результата измерения, понятие погрешности, источники погрешностей. Понятие многократного измерения. Алгоритмы обработки многократных измерений.	18	9	6	3	9
	2.	Понятие метрологического обеспечения. Организационные, научные и методические основы метрологического обеспечения. Правовые основы обеспечения единства измерений. Основные положения закона РФ об обеспечении единства измерений.	18	9	6	3	9
	3.	Структура и функции метрологической службы предприятия, организации, учреждения, являющихся юридическими лицами.	18	9	6	3	9
	4.	Сертификация, ее роль в повышении качества продукции. Развитие сертификации на международном, региональном и национальном уровнях.	30	15	10	5	15
	5.	Правовые основы стандартизации. Международная организация по стандартизации (ИСО). Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов.	12	6	4	2	6
	6.	Качество продукции и защита потребителя.	12	6	4	2	6
		ИТОГО ПО КУРСУ	108	54	36	18	54
		ЭКЗАМЕН	1				

Содержание разделов дисциплины

1). Теоретические основы метрологии. Основные понятия, связанные с объектами измерения: свойство, величина, количественные и качественные проявления свойств. Основные понятия, связанные со средствами измерений. Закономерности формирования результата измерения, понятие погрешности, источники погрешностей.

Предмет и задачи метрологии. Метрология, стандартизация и сертификация – три составляющих качества. Вхождение России в мировую рыночную экономику и проблема повышения качества изделий и услуг. Основные понятия в области метрологии.

Зарождение метрологии, История развития метрологии в России. Роль измерений и их функции. Теоретические основы метрологии: объекты измерения, количественные и качественные проявления свойств объектов материального мира. Средства измерений (СИ) – их виды, назначения и метрологические характеристики. Закономерность формирования результатов измерений Понятие погрешности, источники погрешностей.

Многократные измерения. Алгоритмы обработки многократных измерений. Виды и методы измерений. Измерения механических величин.

2). Понятие метрологического обеспечения. Организационные, научные и методические основы метрологического обеспечения. Правовые основы обеспечения единства измерений. Основные положения закона РФ об обеспечении единства измерений.

ГСИ – нормативная база метрологии. Понятие метрологического обеспечения. Организационные, научные и методические основы метрологического обеспечения. Правовые основы обеспечения единства измерений: основные положения закона РФ об обеспечении единства измерений, правовая и нормативная база метрологии в РФ.

3). Структура и функции метрологической службы предприятия, организации, учреждения, являющихся юридическими лицами.

Субъекты метрологии. Органы и службы метрологии в России. Государственный метрологический контроль и надзор. Основы метрологического обеспечения производства изделий и услуг. Функции метрологической службы предприятия, организации, учреждения, являющихся юридическими лицами.

4). Сертификация, ее роль в повышении качества продукции. Развитие сертификации на международном, региональном и национальном уровнях.. Сертификация продукции и услуг. История зарождения и сущность сертификации. Цели и объекты сертификации. Сертификация и ее роль в повышении качества продукции и услуг.

Виды сертификации и ее участники. Условия осуществления сертификации. Обязательная и добровольная сертификация. Правила и порядок проведения сертификации, схемы сертификации изделий, услуг и систем качества.

5). Правовые основы стандартизации. Международная организация по стандартизации (ИСО). Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов.

Стандартизация – наука о качестве. История развития стандартизации. Цели, принципы и функции стандартизации. Методы стандартизации. Виды и категории нормативных документов (НД). Международные стандарты. и их значение. Государственная система стандартизации РФ. ГСС – цели и задачи. Объекты и субъекты стандартизации. Органы и службы стандартизации в России. Правовые основы стандартизации. Международная организация по стандартизации (ИСО). Государственный надзор и контроль за соблюдением требований государственных стандартов. Международная стандартизация и ее значение.

6). Качество продукции и защита потребителя.

Управление качеством продукции и услуг. Стандарты – основа управления качеством продукции и услуг. Принципы и методы управления качеством. Защита прав потребителей. Стандарты, определяющие качество НИР, ОКР, механических изделий и ПО.

5. Лабораторный практикум

Не предусмотрен

6. Практические занятия

1. Проведение измерений виброперемещений при поперечных колебаниях многомассовых систем и обработка результатов измерений.
2. Проведение измерений параметров распределенных упругих колебательных систем, планирование эксперимента.
3. Многократные измерения собственной частоты колебаний многомассовых систем, обработка результатов, определение случайной и систематической составляющих погрешности измерений.

7. Курсовой проект (курсовая работа)

Не предусмотрен

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1. Рекомендуемая литература

Основная:

1. РМГ 29-99. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.- Минск: Межгос. Совет по метр., станд, серт. Изд. Стандартов, 2000. 46с.
2. Сена Л.А. Единицы физической величины и их размерности.- М.: Наука, 1977.
3. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии. Учебник М: ЮНИТИ, 2000. 712 с.
4. Основные правила метрологии (с приложением)/ Методические указания.- Петрозаводск: ПГУ, 1987.
5. Гранатуров В.М., Маркович Ю.А., Попович А.Г. Автоматизация решения организационно-экономических задач в метрологических службах.- М.: Изд-во стандартов, 1992.

Дополнительная:

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М., 2003.
2. Голоскоков А.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М., 2006.

8.2. Условия реализации и технические средства по обеспечению дисциплины

Программное обеспечение персональных компьютеров; информационное, программное и аппаратное обеспечение локальной компьютерной сети; информационное и программное обеспечение глобальной сети ИНТЕРНЕТ.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс, ПЭВМ с микропроцессором не ниже Pentium 4, объем ПЗУ не меньше 2-3 Гб, объем ОЗУ не меньше 513 Мб. Программная система MATLAB[®].

Аудитория со стеклянной доской.

Лабораторные установки

Осциллограф

Датчики механических величин преобразователи к ним

Расходные материалы для установки датчиков, проведения и фиксации результатов измерений

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Рекомендуется основной объем базовых знаний преподнести на лекциях и практических занятиях, а указанную литературу использовать для закрепления и расширения полученных знаний, поскольку имеющиеся учебники и учебные пособия дополняют друг друга, а использование нескольких учебников не очень удобно из-за небольшого объема курса.

Также рекомендуется больше уделять внимания самостоятельной работе студентов, в частности выполнению ими практических лабораторных работ, с тем, чтобы, ознакомившись на практических занятиях с практикой проведения, он имел возможность закрепить теоретические и практические навыки, работая в удобном режиме времени, пользуясь консультациями преподавателя на дальнейших практических занятиях по соответствующим темам.

11. Формы и методы проведения занятий

В процессе обучения предусмотрены следующие формы и методы проведения занятий:

- лекции;
- практические занятия

Формы итоговой аттестации (зачет, экзамен, защита реферата) **и основные требования к ним** (примерные контрольные вопросы и задания по дисциплине)

Формой итоговой аттестации качества знаний по материалу дисциплины является зачет.

Изучение учебной дисциплины предусмотрено учебным планом физико-механического факультета для высшего профессионального образования.

Успешное овладение дисциплиной рассматривается как важнейшее условие высокой профессиональной квалификации будущих инженеров-механиков.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИМЕРНЫХ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «Метрология, стандартизация и сертификация»

1. Правовая и нормативная база метрологии.
2. Метрология- наука об измерениях, основные термины и определения.
3. Основы метрологического обеспечения: научные, технические, организационные.

4. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).
5. Объекты ГСИ.
6. Виды и методы измерений.
7. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
8. Виды государственных испытаний средств измерений.
9. Предмет и задачи стандартизации. Основные термины и определения.
10. Государственная система стандартизации, ее цели и задачи.
11. Категории и виды стандартов.
12. Объекты стандартизации, ее цели и задачи.
13. Органы и службы стандартизации в России.
14. Стандартизация на предприятиях.
15. Основные стандарты для НИР ОКР, механических изделий и ПО.
16. Обращение стандартов. Порядок ввода и отмены стандартов.
17. Государственный надзор и ведомственный контроль за стандартами и средствами измерений.
18. Международная стандартизация. Стандарты серии ИСО-9000.
19. Стандартные термины и определения НИР ОКР, механических изделий и ПО.
20. Стандартные термины и определения ассортимента НИР ОКР, механических изделий и ПО.
21. Качество продукции и управление качеством продукции. Основные термины и определения.
22. Показатели качества продукции.
23. Методы измерения показателей качества.
24. Виды и методы контроля качества продукции при проведении НИР ОКР, выпуске механических изделий и ПО.
25. Основные принципы управления качеством.
26. Сертификация и ее виды.
27. Сущность сертификации.
28. Обязательная и добровольная сертификация.
29. Цели и задачи сертификации.
30. Подтверждение факта сертификации изделий и услуг.
31. Затраты на проведение сертификации изделий и услуг.
32. Защита прав потребителей.

Выполнение требований ФГОС ВПО в рабочей программе учебной дисциплины подтверждаем:

Заказчик РПД

Разработчик РПД

Заведующий кафедрой «Механика и процессы управления»

Доцент кафедры «Механика и процессы управления»

_____ Пальмов В.А.

_____ Полянский В.А.

" ____ " _____ 2010 г.

" ____ " _____ 2010 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

" ____ " _____ 2010 г.

Вводится в действие с " ____ " _____ 2010 г.

ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б.3.23.1. «УПРАВЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ»

Для студентов направления подготовки

151600.62 – «Прикладная механика»

Профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Квалификация (степень) выпускника
Форма обучения

**бакалавр
очная**

Составлена кафедрой
«Механика и процессы управления»
Составитель
Д. т. н., проф.

Бурдаков С. Ф.

Санкт-Петербург 2010

1. Цели и задачи изучения дисциплины

1.1. Цель дисциплины – научить студентов методам построения математических моделей реальных динамических объектов и процессов в управляемых механических системах, методам анализа управляемых механических систем как объектов автоматического управления, а также методам синтеза систем автоматического управления механическими объектами. Привить студентам навыки построения математических моделей для реальных механических систем, анализа их свойств и синтеза систем управления с требуемыми свойствами.

Для успешного освоения дисциплины предполагается предварительное изучение дисциплин высшей математики, механики и элементов математической физики. В преподавании дисциплины активно применяются взаимно дополняющие друг друга подходы пространства состояний и частотных характеристик.

Практические занятия по дисциплине имеют цель подготовить студентов к формализации и решению типовых задач управления механическими системами, поставленных на вербальном языке. Решению более сложных задач студенты обучаются на практических занятиях с использованием проблемно ориентированных пакетов прикладных программ.

Основными задачами дисциплины "Управление механическими системами" являются приобретение студентами знаний о разнообразных методах построения математических моделей сложных объектов и процессов как непрерывного так и дискретного типа, о способах перехода от одной формы математического описания к другой, о важнейших качественных показателях объектов и систем, о методах построения замкнутых систем управления при заданных условиях функционирования объекта, о современных проблемно ориентированных пакетах прикладных программ. Студенты должны уметь самостоятельно выбирать форму записи математической модели адекватную поставленной задаче, переходить от одной формы записи модели к другой, анализировать устойчивость объектов и систем управления, разрабатывать системы управления с учетом всех условий функционирования объекта управления.

На основании этих знаний студент должен уметь:

- достаточно свободно оперировать основными теоретическими понятиями курса;
- применять основы теории управления к механическим системам;
- выполнять необходимые расчетные задания при помощи определенного набора специальных методов.

Курс «Управление механическими системами» формирует у студента следующие навыки:

- формализации задач управления механическими системами с использованием математических моделей, ориентированных на методы классической теории управления;
- работы с научной литературой;
- выполнения самостоятельных расчетных заданий на компьютере с использованием проблемно ориентированных пакетов прикладных программ.

Изучение данной учебной дисциплины обеспечит:

- формирование навыков математической формализации вербально поставленных задач управления механическими системами;
- формирование умения использовать математические методы расчета;
- формирование умения логически мыслить;
- формирование умения использовать современные программные средства для анализа и синтеза управляемых механических систем;
- формирование умения правильно интерпретировать результаты расчетов и формулировать рекомендации по совершенствованию режимов работы управляемых механических систем.

1.2. Дисциплина используется при формировании следующих компетенций (по ФГОС):

Общекультурные компетенции (ОК):

владеть культурой мышления, иметь способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения (ОК-1);

уметь логически верно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь (ОК-2);

использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического и компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях (ОК-10);

владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-12);

уметь использовать фундаментальные законы природы, законы естественнонаучных дисциплин и механики в процессе профессиональной деятельности (ОК-15);

Профессиональные компетенции (ПК):

быть способным выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПК-1);

применять физико-математический аппарат, теоретические. Расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности (ПК-2);

быть готовым выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с

использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний (ПК-4);

выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных механических объектов с целью оптимизации технологических процессов (ПК-10);

участвовать в работах по поиску оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учетом требований динамики и прочности, долговечности, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности (ПК-14);

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Управление механическими системами» изучается в 8 семестре (4 курс) и базируется на знаниях в области математики, механики, электротехники и электроники. В этом проявляется междисциплинарное значение данной дисциплины. Ее изучение необходимо для разносторонней подготовки специалистов технического профиля, которые в своей последующей работе в том или ином объеме будут связаны с управлением механическими системами. Данная дисциплина готовит студентов к пониманию важности применения математических методов и методов компьютерного анализа и синтеза в решении задач управления механическими системами.

Основными положениями, определяющими содержание дисциплины, являются:

- формирование у студентов теоретических знаний, на основе которых они могут понять закономерности использования методов математического моделирования и теории управления в решении задач анализа и синтеза управляемых механических систем;
- значимость, необходимость и целесообразность содержания материала для успешной практической деятельности студентов по специальности;
- соответствие сложности содержания материала реальным учебным возможностям;
- соответствие объема содержания времени, отпущенному на изучение данной дисциплины;
- соответствие содержания учебно-методической и материальной базе университета.

В процессе обучения предусмотрены следующие формы и методы проведения занятий:

- лекции;
- практические занятия по применению современных программных средств компьютерного анализа и синтеза управляемых механических систем.

Формой итоговой аттестации качества знаний по материалу дисциплины является зачет по результатам выполнения студентами курсовой работы, состоящей из четырех расчетных заданий.

Изучение учебной дисциплины «Управление механическими системами» предусмотрено рабочим учебным планом физико-механического факультета для высшего профессионального образования.

Успешное овладение дисциплиной рассматривается как условие высокой профессиональной квалификации будущих специалистов по направлению «Прикладная механика».

3. Распределение объема учебной дисциплины по видам учебных занятий и формы контроля

Общая трудоемкость дисциплины по ФГОС ВПО составляет 4 зачетных единицы (144 часов).

Виды занятий и формы контроля	Объем по семестрам							
	1.	2	3	4	5	6	7	8
Лекции (Л), час.								54
Практические занятия (ПЗ), час.								18
Самостоятельная работа (СР), час.								72
Курсовые работы (КР), шт.								1
Экзамен, (Э), шт.								1

4. Структура и содержание дисциплины

Сем естр	№ Темы	Наименование частей, разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия (час.)			СР (час.)
				Всего аудит.	Лек- ции	Практи- ческие заня- тия	
1	2	3	4	5	6	7	8
8.	1.	Механическая система как объект управ- ления.	14	7	6	1	7
	2.	Математические модели механических систем.	20	10	8	2	10
	3.	Анализ управляемых механических сис- тем.	22	11	8	3	11
	4.	Примеры исследования управляемых механических систем методом фазовых траекторий..	24	12	8	4	12
	5.	Приближенные методы анализа перио- дических режимов.	24	12	8	4	12
	6.	Случайные процессы в управляемых ме- ханических системах.	20	10	8	2	10
	7.	Оптимальное управление механическими системами.	20	10	8	2	10
		ИТОГО ПО КУРСУ	144	72	54	18	72
		ЭКЗАМЕН	1				

Содержание разделов дисциплины

1. Механические системы как объект управления

Примеры управляемых механических систем. Паровая (газовая) турбина. Летательный аппарат в атмосфере. Робот-манипулятор. Кинематический механизм (степень подвижности робота). Мобильный робот. Значение нелинейных факторов.

2. Математические модели механических систем

Дифференциальные и операторные уравнения «вход-выход». Уравнения в переменных состояниях. Нормальная форма уравнений. Каноническая форма А.И. Лурье.

3. Анализ управляемых механических систем

Равновесные состояния управляемых механических систем и их устойчивость. Метод фазовых траекторий. Первый метод Ляпунова анализа устойчивости. Особенности фазовых траекторий нелинейных систем. Второй (прямой) метод Ляпунова. Абсолютная устойчивость нелинейных систем.

4. Примеры исследования управляемых механических систем методом фазовых траекторий

Стабилизация равновесных состояний. Скользящие режимы. Линейная и нелинейная коррекция с помощью обратной связи по скорости. Регуляторы с переменной структурой.

5. Приближенные методы анализа периодических режимов

Метод гармонического баланса (гармонической линеаризации). Анализ автоколебаний методом гармонического баланса. Вынужденные колебания. Явление захвата. Отработка полезных сигналов в автоколебательных системах. Вибрационное сглаживание. Использование наложенной вибрации при отработке полезных сигналов.

6. Случайные процессы в управляемых механических системах

Характеристики случайных процессов. Преобразование случайных процессов в линейных системах (уравнение Винера-Хопфа). Преобразование случайных процессов в нелинейных системах (метод статистической линеаризации).

7. Оптимальное управление механическими системами

Общая постановка задачи оптимального управления. Применение методов вариационного исчисления

(задача Лагранжа). Основная теорема принципа максимума. Задача оптимального быстродействия. Принцип оптимальности Беллмана. Дискретный метод динамического программирования. Метод динамического программирования для непрерывных систем.

5. Лабораторный практикум

Не предусмотрен

6. Практические занятия

Решение типовых задач в программной среде MATLAB.

7. Курсовой проект (курсовая работа)

Предусмотрена курсовая работа на тему «Управление колебаниями в кинематическом механизме с зазорами и сухим трением», которая выполняется в программной среде MATLAB.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1. Рекомендуемая литература

Основная:

1. Бурдаков С.Ф., Мирошник И.В., Стельмаков Р.Э. Системы управления движением колесных роботов. СПб.: Наука, 2001.
2. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Нелинейные системы. – СПб.: Питер, 2005.
3. Управление мехатронными вибрационными установками/ Под. ред. И.И. Блехмана и А.А. Фрадкова. СПб.: Наука. 2001.

Дополнительная:

1. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления. СПб.: Наука, 1999.
2. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB5 и Scilab. СПб.: Наука, 2001.
3. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. СПб.: Наука, 2000.
4. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. М.: Наука, 1985..

8.2. Условия реализации и технические средства по обеспечению дисциплины

Программное обеспечение персональных компьютеров; информационное, программное и аппаратное обеспечение локальной компьютерной сети; информационное и программное обеспечение глобальной сети ИНТЕРНЕТ.

Программная система MATLAB.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс, ПЭВМ с микропроцессором не ниже Pentium 4, объем ПЗУ не меньше 2-3 Гб, объем ОЗУ не меньше 513 Мб. Программная система MATLAB.

Аудитория со стеклянной доской.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Рекомендуется основной объем базовых знаний преподнести на лекциях и практических занятиях, а указанную литературу использовать для закрепления и расширения полученных знаний. Рекомендуется больше уделять внимания самостоятельной работе студентов, в частности выполнению ими нескольких домашних расчетных заданий, с тем, чтобы, ознакомившись на практических занятиях с методами решения подобных задач, они

имели возможность закрепить практические навыки в области применения методов математического моделирования теории управления, работая в удобном режиме времени, пользуясь консультациями преподавателя на дальнейших практических занятиях по соответствующим темам.

11. Формы контроля знаний

В процессе изучения дисциплины осуществляется контроль степени освоения знаний и умений, ко-

торый проводится преподавателем по утвержденным методикам, согласованным с кафедрой и учебным отделом университета. Контроль предусматривает следующие основные формы:

1. Текущий контроль знаний студентов, осуществляемый на практических занятиях.
2. Промежуточный контроль, осуществляемый в ходе выполнения расчетных заданий.
3. Итоговый контроль проводится в форме экзамена по учебной дисциплине.

Выполнение требований ФГОС ВПО в рабочей программе учебной дисциплины подтверждаем:

Заказчик РПД

Разработчик РПД

Заведующий кафедрой «Механика и процессы управления»

Проф. кафедры «Механика и процессы управления»

_____ Пальмов В.А.

_____ Бурдаков С.Ф.

" ____ " _____ 2010 г.

" ____ " _____ 2010 г.

Примерная программа государственного междисциплинарного экзамена

бакалавров по направлению 151600 «Прикладная механика»,
профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

1. Теория упругости

- 1.1. Элементы тензорной алгебры и анализа
- 1.2. Кинематика деформируемого тела
- 1.3. Динамика деформируемого тела
- 1.4. Термодинамика деформируемого тела
- 1.5. Теория определяющих уравнений
- 1.6. Основные соотношения теории упругости; вязкие и пластичные материалы
- 1.7. Линеаризация основных уравнений механики деформируемых тел
- 1.8. Основные уравнения и теоремы линейной упругости
- 1.9. Вариационные принципы теории упругости
- 1.10. Кручение цилиндрического стержня
- 1.11. Изгиб стержня силой, приложенной на торце
- 1.12. Температурные напряжения
- 1.13. Волны в упругих средах
- 1.14. Контактные задачи теории упругости

Основная литература

1. Кац А.М. Теория упругости. Лань. 2002.
2. Горшков А.Г. и др. Теория упругости и пластичности. М. УРСС. 2002.
3. Победря Б.Е., Георгиевский А.В. Основы механики сплошной среды. М. УРСС. 2006.
4. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т.1,2. М. УРСС. 2004.

Дополнительная литература

1. Лурье А.И. Теория упругости. М. Наука. 1970.
2. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М. Наука. 1979.
3. Демидов С.П. Теория упругости. М. Высшая школа. 1979.
4. Трусделл К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред. М. Мир. 1975.

2. Аналитическая динамика и теория колебаний

- 2.1. Основные элементы механических систем. Расчетные схемы и их математические модели
- 2.2. Равновесие и устойчивость, элементы теории катастроф
- 2.3. Различные формы динамических уравнений механики
- 2.4. Колебания систем с одной степенью свободы

- 2.5. Колебания систем со многими степенями свободы
- 2.6. Колебания стержней
- 2.7. Конечномерные модели механических колебательных систем
- 2.8. Численные методы определения собственных частот и форм колебаний
- 2.9. Численные методы решения задачи Коши для конечномерных моделей колебательных систем
- 2.10. Устойчивость линейных систем
- 2.11. Устойчивость периодических систем
- 2.12. Метод функций Ляпунова

Основная литература

1. Меркин Д. Р., Смольников Б. А. Прикладные задачи динамики твердого тела: Учеб. Пособие. – СПб. Изд-во С.-Петербургского университета, 2003.
2. Бабаков И.М. Теория колебаний. - М.: Дрофа, 2004.
3. Численное моделирование динамических систем. Лаб. практикум. Ч. II/ М.Г. Захаров, Ю.Г. Исполлов, В.А. Полянский и др. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000.

Дополнительная литература

1. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. М. Стройиздат., 1982. - 448 с.
2. Бидерман В.Л. Теория колебаний механических систем. - М.: Высшая школа, 1980.
3. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике. - М.: Наука, 1966.
4. Голдстейн Г. Классическая механика. - М.: Наука, 1975.
5. Ланцош К. Вариационные принципы механики. - М.: Мир, 1965.
6. Лурье А.И. Аналитическая механика. - М.: Физматгиз, 1961.
7. Мак-Миллан В.В. Динамика твердого тела. - М.: Изд-во иностранной литературы, 1951.

3. Вычислительная механика

- 3.1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент
- 3.2. Основные численные методы (вариационные методы, метод конечных разностей, метод конечных элементов, метод граничных элементов)
- 3.3. Программные системы компьютерного проектирования, инженерного анализа и мультидисциплинарного компьютерного моделирования (CAD/CAE – системы)
- 3.4. Основные соотношения теории теплопроводности гетерогенной анизотропной среды
- 3.5. Конечно-элементное решение задач теории теплопроводности гетерогенной анизотропной среды
 - 3.5.1. Стационарные задачи
 - 3.5.2. Нестационарные задачи
- 3.6. Основные соотношения теории упругости гетерогенной анизотропной среды

- 3.7. Конечно-элементное решение задач теории упругости гетерогенной анизотропной среды
- 3.8. Конечно-элементное решение задач теории термоупругости гетерогенной анизотропной среды с учетом полей начальных деформаций и начальных напряжений
- 3.9. Решение больших разреженных систем конечно-элементных уравнений
 - 3.9.1. Характеристики систем конечно-элементных уравнений
 - 3.9.2. Прямые методы
 - 3.9.3. Итерационные методы
- 3.10. Методы суперэлементов, редуцированных элементов и субмоделирования
- 3.11. Конечно-элементное решение задач механики стержневых систем
- 3.12. Конечно-элементное решение задач о колебаниях элементов конструкций
- 3.13. Конечно-элементное решение задач механики разрушения
- 3.14. Алгоритмы конечно-элементного решения нестационарных задач механики деформируемого твердого тела
- 3.15. Алгоритмы конечно-элементного решения нелинейных задач механики деформируемого твердого тела

Основная литература

- 1. Голованов А.И., Тюленева О.Н., Шигабутдинова А.Ф. Метод конечных элементов в статике и динамике тонкостенных конструкций. М. МАИК Наука. 2006. 392 с.
- 2. Трушин С.И. Метод конечных элементов, Теория и задачи. М. Изд-ва АСВ. 2008. 256 с.
- 3. Кузьмин М.А., Лебедев Д.Л., Попов Б.Г. Прочность, жесткость и устойчивость элементов конструкций. Теория и практикум. Решение задач механики методом конечных элементов. М. ИКЦ “Академкнига”. 2008. 160 с.
- 4. Морозов Е.М., Никишков Г.П. Метод конечных элементов в механике разрушения. М. ЛКИ. 2008. 256 с.

Дополнительная литература

- 1. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М., Мир, 1979.
- 2. Норри Д., де Фриз Ж. Введение в метод конечных элементов. М. Мир, 1981.
- 3. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. М. Стройиздат., 1982. 448 с.
- 4. Кукуджанов В.Н. Вычислительная механика сплошных сред. М. Физматлит. 2008. 320 с.
- 5. Марчук Г.И., Агошков В.И. Введение в проекционно-сеточные методы. М. Наука, 1981.

Разработчики:

СПбГПУ	Председатель НМС по направлению “Прикладная механика”, заслуженный деятель науки РФ, чл.-корр. МАН ВШ, зав. каф. “Механика и процессы управления”, д.ф.-м.н., проф.	В.А. Пальмов
СПбГПУ	Профессор. каф. “Механика и процессы управления”, директор по научной и инновационной деятельности НИИ материалов и технологий СПбГПУ, чл.корр. МАН ВШ, к.т.н	А.И. Боровков
СПбГПУ	Зам. председателя НМС по направлению “Прикладная механика”, чл.-корр. РАЕН, д.т.н., проф. каф. “Механика и процессы управления»	С.Ф. Бурдаков
МГТУ им. Н.Э.Баумана	Председатель научно-методического совета по механике Минобрнауки РФ, председатель УМС “Прикладная механика” УМО вузов и председатель УМК “Динамика и прочность машин”, Лауреат премии президента РФ, зав. каф. “Прикладная механика” МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н., проф., чл.-корр. РАН	О.С. Нарайкин
МГТУ им. Н.Э.Баумана	Заслуженный деятель науки и техники РФ, Лауреат премии Совета Министров СССР, действительный член МАН ВШ, д.т.н., профессор каф. “Прикладная механика”	В.А. Светлицкий
МГТУ им. Н.Э.Баумана	Профессор каф. “Прикладная механика”, ученый секретарь УМК “Динамика и прочность машин”, член УМС “Прикладная механика”, д.т.н., доц.	Ф.Д. Сорокин
МГТУ им. Н.Э.Баумана	Доцент каф. “Прикладная механика” член УМК “Динамика и прочность машин”, член УМС “Прикладная механика”, к.т.н., доц.	Н.А.Сухова