

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»

УТВЕРЖДЕНА

Решением научно-технического совета
протокол № 1 от «24» января 2022 г.

Председатель НТС, первый проректор -
проректор по научно-исследовательской
работе _____

А.Б. Прокофьев

Ученый секретарь НТС _____

Л.В. Родионов



**ПРОГРАММА
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**

по научной специальности

1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин

Самара 2022

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

1. Кинематика

Кинематика точки. Естественный трехгранник Дарбу. Криволинейные координаты и параметры Ламе.

Кинематика системы отсчета (кинематика абсолютно твердого тела). Свойства матрицы направляющих косинусов и кватернионов. Спиновые матрицы Паули и параметры Келли—Клейна. Угловая скорость. Кинематические уравнения для углов Эйлера, для матрицы направляющих косинусов (уравнения Пуассона) и уравнения для кватернионов. Теорема о телесном угле в кинематике вращательного движения.

Кинематика относительного движения.

2. Динамика

Геометрия масс и основные теоремы динамики. Теоремы об изменении количества движения и момента количества движения. Теорема о движении центра масс. Реактивное движение. Уравнение Мещерского. Теорема об изменении кинетической энергии. Основные теоремы динамики для относительного движения.

Специальные задачи динамики точки. Задача двух тел и ее решение. Классификация траекторий. Законы Кеплера для эллиптических траекторий. Основная задача внешней баллистики.

Классические задачи динамики твердого тела. Случаи Эйлера, Лагранжа, Ковалевской. Стационарные движения: перманентные вращения и регулярная прецессия. Гироскоп.

Лагранжева механика. Принцип Даламбера—Лагранжа. Конфигурационное многообразие системы с конечным числом степеней свободы. Обобщенные координаты. Виртуальные перемещения. Голономные и неголономные системы. Уравнения Лагранжа. Уравнения Лагранжа с множителями. Уравнения Аппеля. Уравнения Рауса для систем с циклическими координатами. Первые интегралы уравнений Лагранжа.

3. Устойчивость движения

Основные понятия теории устойчивости движения. Устойчивость по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость. Функции Ляпунова. Общие теоремы второго метода Ляпунова.

Устойчивость линейных стационарных систем. Критерий Рауса—Гурвица. Частотные критерии (критерии Михайлова, Найквиста). Теоремы Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Понятие о критических случаях. Критический случай пары чисто мнимых корней.

Устойчивость стационарных движений механической системы. Теорема Лагранжа об устойчивости положения равновесия и ее обобщения. Обращение теоремы Лагранжа. Коэффициенты устойчивости Пуанкаре. Влияние структуры сил на характер устойчивости положения равновесия.

4. Колебания

Колебания линейных стационарных систем. Спектральные свойства линейных систем. Нормальные координаты. Классификация линейных сил. Теоремы Релея. Вынужденные колебания. Амплитудно-частотные характеристики.

Резонанс. Параметрический резонанс в линейных системах с периодическими коэффициентами.

Колебания нелинейных систем. Амплитудно-частотные характеристики. Бифуркации стационарных состояний. Автоколебания, как устойчивые предельные циклы на фазовой плоскости. Понятие нормальной формы Пуанкаре. Понятие о разделении движений и методах осреднения. Метод точечных отображений.

5. Вариационные принципы механики

Принцип наименьшего принуждения Гаусса.

Принцип Гамильтона—Остроградского.

Принцип наименьшего действия в формах Лагранжа и Якоби.

6. Элементы теории групп Ли

Группы преобразований. Операторы группы. Теорема единственности однопараметрической группы. Ряды Ли и Хаусдорфа.

Группы симметрий. Канонические координаты. Продолжение группы. Дифференциальные и интегральные инварианты.

7. Гамильтонова механика

Обобщенные импульсы. Преобразования Лежандра. Уравнения Рауса и Гамильтона. Первые интегралы. Скобки Пуассона. Теорема Лиувилля о фазовом объеме. Интегральные инварианты Пуанкаре и Пуанкаре—Картана.

Канонические преобразования. Локальный критерий каноничности. Производящие функции. Метод Биркгофа нормализации гамильтониана. Уравнение Гамильтона—Якоби.

Переменные действие-угол. Теорема Лиувилля об инвариантных торах.

8. Элементы небесной механики

Дифференциальные уравнения возмущенного движения в оскулирующих элементах в задаче двух тел.

Задача трех тел и ее первые интегралы. Ограниченная круговая задача трех тел. Понятие о точках либрации и их устойчивости.

Задача о движении небесного тела вокруг его центра масс под действием момента гравитационных сил.

9. Механика управляемых движений

Структурный анализ и линейный синтез управляемых систем. Управляемость, наблюдаемость, стабилизируемость линейных систем. Критерии управляемости и наблюдаемости. Управление по принципу обратной связи. Стабилизация по первому приближению.

Оценивание состояния линейных систем. Фильтр Калмана. Совместная задача оценивания и управления.

Инерциальная навигация. Методы определения местоположения и ориентации объекта, движущегося в поле сил притягивающего центра. Уравнения ошибок инерциальной навигации и их свойства.

Принцип максимума Понтрягина. Метод динамического программирования Беллмана. Связь принципа максимума с методом Беллмана.

Основная литература

1. Бухгольц, Николай Николаевич Основной курс теоретической механики [Текст] : учеб. пособие / Н. Н. Бухгольц. - 10-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2009 - . - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0926-6. Ч. 1 : Кинематика, статика, динамика материальной точки. - 2009. - 467 с. Экземпляров всего:11 ЧЗ НП (1), НТА (5), МлК (5)
2. Бухгольц, Николай Николаевич Основной курс теоретической механики [Текст] : учеб. пособие / Н. Н. Бухгольц. - 7-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2009 - . - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0926-6. Ч. 2 : Динамика системы материальных точек. - 2009. - 332 с. Экземпляров всего:11 ЧЗ НП (1), НТА (5), МлК (5)
3. Журавлев, Виктор Филиппович. Основы теоретической механики [Текст] : [учеб. для вузов в обл. прикладных математики и физики] / В. Ф. Журавлев ; Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т). - Изд. 3-е, перераб. - М. : Физматлит, 2008. - 304 с. - ISBN 978-5-9221-0907-9 Инновац. образоват. прогр. " Наукоемкие технологии и экономика инноваций" Моск. физ.-техн. ин-та (гос. ун-та) на 2006-2007 г. Экземпляров всего:10 ЧЗ НП (1), НТА (5), МлК (4)
4. Курош, Александр Геннадиевич. Лекции по общей алгебре [Текст] : учебник / А. Г. Курош. - Изд. 2-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2007. - 555 с. Экземпляров всего:1 ЧЗ НП (1)

Дополнительная литература

1. Асланов, Владимир Степанович. Пространственное движение тела при спуске в атмосфере [Текст] / В. С. Асланов. - М. : Физматлит, 2004. - 160 с. Экземпляров всего:20 НТА (5), КХ (14), ЧЗ НП (1)
2. Асланов, Владимир Степанович. Динамика системы соосных тел [Текст] : [учеб. пособие для вузов по направлениям и специальностям "Математика", "Прикладная математика и информатика", "Механика"] / В. С. Асланов, А. В. Дорошин ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Самара : Изд-во СГАУ, 2008. - 77 с. - ISBN 978-5-7883-0578-3 Параллельные издания: электронный аналог : Асланов В. С. Динамика системы соосных тел : [учеб. пособие для вузов по направлениям и специальностям "Математика", "Прикладная математика и информатика", "Механика"] / В. С. Асланов, А. В. Дорошин. - Самара : Изд-во СГАУ, 2008 on-line. Экземпляров всего:20 ЧЗ НП (1), РК (2), КХ (3), СтК (14)
3. Асланов, Владимир Степанович. Элементы аналитической механики, примеры и приложения [Текст] : [учеб. пособие для вузов по направлениям и специальностям: "Математика", "Прикладная математика и информатика", "Механика"] / В. С. Асланов, А. С. Ледков ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Самара : Изд-во СГАУ, 2008. - 108 с. - ISBN 978-5-7883-0689-6 Параллельные издания: электронный аналог : Асланов В. С. Элементы аналитической механики, примеры и приложения : [учеб. пособие для вузов по направлениям и специальностям: "Математика", "Прикладная математика и информатика", "Механика"] / В. С. Асланов, А. С. Ледков. - Самара : Изд-во СГАУ, 2008 on-line. Экземпляров всего:20 ЧЗ НП (1), РК (2), КХ (3), МлК (14)
4. Асланов, Владимир Степанович. Нелинейная динамика и математическое моделирование пространственного движения космических аппаратов [Электронный ресурс] : разработ. вычисл. практикума / В. С. Асланов, А. В.

Дорошин ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева, Нац. исслед. ун-т. - Электрон. текстовые дан. - Самара : [б. и.], 2009. - 1 эл. опт. диск (CD-RW). - (Программа развития государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королева" на 2009-2018 годы). - Загл. с контейнера. - Экземпляров всего:1 ЧЗ НП (1)

5. Асланов, Владимир Степанович. Нелинейная динамика [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. С. Асланов, А. С. Ледков ; М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые дан. - Самара : [б. и.], 2010. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - (УМКД. Нелинейная динамика). - Загл. с контейнера. - 0.00 Параллельные издания: Электронный аналог : Асланов В. С. Нелинейная динамика : электрон. учеб. пособие / В. С. Асланов, А. С. Ледков. - Самара, 2010 on-line (Шифр 681.5/А 904-397377) Экземпляров всего:1 ЧЗ НП (1)

6. Асланов, Владимир Степанович. Динамика систем твердых тел переменной структуры [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. С. Асланов, В. В. Юдинцев ; М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые дан. - Самара : [б. и.], 2010. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - (УМКД. Динамика твердого тела и систем тел). - Загл. с контейнера. Параллельные издания: Электронный аналог : Асланов В. С. Динамика систем твердых тел переменной структуры : электрон. учеб. пособие / В. С. Асланов, В. В. Юдинцев. - Самара, 2010 on-line (Шифр 531/А 904-329089) Экземпляров всего:1 ЧЗ НП (1)

7. Асланов, Владимир Степанович. Концепции математического моделирования механических систем и процессов [Электронный ресурс] : электрон. метод. рекомендации к практ. занятиям / В. С. Асланов, А. В. Алексеев ; М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые дан. - Самара : [б. и.], 2010. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - (УМКД. Концепции математического моделирования механических систем и процессов). - Загл. с контейнера. Параллельные издания: Электронный аналог : Асланов В. С. Концепции математического моделирования механических систем и процессов : электрон. метод. рекомендации к практ. занятиям / В. С. Асланов, А. В. Алексеев. - Самара, 2010 on-line (Шифр 519/А 904-307126) Экземпляров всего:1 ЧЗ НП (1)

ДИНАМИКА И УСТАЛОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

1. Теория колебаний и устойчивости движения

Уравнения Лагранжа второго рода для голономных систем. Потенциальные, гироскопические и диссипативные силы. Диссипативная функция Релея. Функция Гамильтона. Принцип Гамильтона-Остроградского. Колебания линейных систем с конечным числом степеней свободы. Малые собственные колебания консервативных систем. Формула Релея. Свойства собственных частот и форм колебаний. Главные (нормальные) координаты. Вынужденные колебания линейных систем.

Устойчивость по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость. Метод функций Ляпунова. Теоремы Ляпунова и Четаева об устойчивости и неустойчивости. Теорема Дирихле. Теоремы Кельвина и Тэта. Устойчивость по первому приближению. Критерий устойчивости по первому приближению. Критерии устойчивости линейных систем. Устойчивость периодических решений. Определение областей неустойчивости. Параметрически возбуждаемые колебания.

Теория нелинейных колебаний. Качественная теория Пуанкаре. Особые точки и их классификация. Типы фазовых траекторий. Методы малого параметра, Крылова-Боголюбова, Ван-дер-Поля, гармонической линеаризации. Автоколебательные системы. Предельные циклы и их устойчивость. Вынужденные и параметрические колебания нелинейных систем.

2. Теория упругости

Тензоры напряжений и деформаций. Уравнения равновесия. Определение перемещений по деформациям. Уравнения совместности деформаций. Потенциальная энергия деформации. Закон Гука для изотропного и анизотропного тела. Полная система уравнений теории упругости. Уравнения Бельтрами-Митчела. Уравнения в перемещениях. Постановка основных задач теории упругости. Прямой, обратный и полуобратный методы решения задач теории упругости. Принцип Сен-Венана. Вариационные принципы теории упругости. Принцип Лагранжа. Теорема Клапейрона. Теорема Бетти. Принцип Кастильяно. Вариационные методы решения задач теории упругости (Ритца, Бубнова-Галеркина, Треффца).

Основные задачи теории упругости. Плоская деформация и плоское напряженное состояние. Функция напряжений. Дифференциальные уравнения и краевые условия для функции напряжений. Методы решения задач теории упругости (с помощью тригонометрических рядов, интегральных преобразований, конечных разностей, конечных и граничных элементов). Применение теории функций комплексного переменного, формулы Колосова-Мусхелишвили. Кручение цилиндрических стержней.

Постановка пространственных и осесимметричных задач термоупругости.

3. Теория пластин и оболочек

Допущения классической теории пластин и оболочек и связанная с ними погрешность. Основное уравнение изгиба пластин. Граничные условия. Изгиб пластин, имеющих в плане форму прямоугольника, круга, кругового кольца.

Криволинейные координаты на срединной поверхности оболочки. Уравнения теории упругих оболочек. Внутренние усилия и моменты. Соотношения упругости. Потенциальная энергия деформации. Граничные условия.

Безмоментная теория оболочек. Область применения. Осесимметричный изгиб оболочек вращения. Асимптотическое интегрирование уравнений. Теория цилиндрических оболочек. Интегрирование уравнений в одинарных и двойных рядах. Уравнения теории пологих оболочек и область их применения. Слоистые пластины и оболочки.

4. Теория пластичности, ползучести и вязкоупругости

Модели упругопластического тела. Критерии текучести. Поверхность текучести. Ассоциированный закон течения. Теория течения в случае изотропного и анизотропного упрочнения. Деформационная теория. Сравнение теорий пластичности.

Постановка задач в теории упругопластического материала без упрочнения. Остаточные напряжения. Предельное состояние и предельная нагрузка. Определение верхней и нижней границ для предельной нагрузки. Приспособляемость. Простейшие задачи теории пластичности.

Гипотезы старения, упрочнения и наследственности в теории ползучести. Постановка и методы решения задач теории ползучести. Установившаяся ползучесть при изгибе. Ползучесть вращающихся дисков.

Теория линейной вязкоупругости. Математическое описание вязкоупругих свойств полимеров. Дифференциальная и интегральная формы соотношений между напряжениями и деформациями. Вязкоупругие функции, связь между ними. Постановка и методы решения задач теории вязкоупругости. Вязкоупругая аналогия. Краевые задачи теорий пластичности и ползучести.

5. Конструкционная прочность и элементы механики разрушения

Физические основы прочности материалов. Вязкий и хрупкий типы разрушения. Прочность при сложном напряженном состоянии. Усталостное разрушение, его физическая природа. Малоцикловая усталость. Длительная прочность. Статистические аспекты разрушения и масштабный эффект. Влияние концентрации напряжений на прочность.

Теория квазихрупкого разрушения. Напряжения вблизи трещины в упругом теле. Энергетический и силовой подходы в механике разрушения. Условия разрушения тел с трещинами. Условия устойчивости трещин. Критический коэффициент интенсивности напряжений. Учет пластических деформаций в конце трещины. Влияние температуры на сопротивление хрупкому разрушению. Закономерности роста усталостных трещин. Разрушения в условиях ползучести. Понятие о коррозионной усталости и коррозионном растрескивании.

6. Динамика упругих систем

Принцип Гамильтона-Остроградского для упругих систем. Уравнения продольных, крутильных и изгибных колебаний упругих стержней. Уравнения колебаний упругих пластин и оболочек. Свойства собственных форм и частот колебаний упругих систем. Вариационные принципы в теории свободных колебаний. Методы определения собственных частот и форм колебаний упругих систем. Вынужденные колебания упругих систем. Колебания диссипативных систем.

Упругие волны в неограниченной упругой среде. Продольные и поперечные волны. Дисперсионные уравнения. Фазовая и групповая скорости. Поверхностные волны Релея. Волны Лява. Упругопластические волны.

Классификация, постановка задач аэрогидроупругости и методы их решения. Устойчивость упругих тел в потоке жидкости или газа.

7. Динамика машин, приборов и аппаратуры

Усилия, действующие в машинах, и их передача на фундамент. Колебания вращающихся валов с дисками. Влияние различных факторов (податливость опор, форма сечения вала, гироскопические эффекты, сила тяжести, различные виды трения и др.) на критические скорости. Методы снижения виброактивности. Уравновешивание роторных машин. Методы статической и динамической балансировки роторов.

Виброизоляция машин, приборов и аппаратуры. Активные и пассивные системы виброзащиты. Каскадная виброизоляция. Виброакустика машин. Методы виброакустической защиты машин.

Ударные нагрузки. Определение коэффициентов динамичности при ударе. Защита от ударных воздействий.

8. Статистическая динамика и теория надежности машин, приборов и аппаратуры

Задачи статистической динамики. Линейные системы и методы их анализа. Прохождение стационарного случайного процесса через стационарную линейную систему. Понятие о нелинейных задачах статистической динамики. Случайные колебания в линейных и нелинейных системах. Основные понятия теории вибрационной надежности. Функции распределения. Связь между надежностью и долговечностью. Надежность составных систем. Резервирование. Оценки для вероятности редких выбросов и для функции надежности. Правило суммирования повреждений и его применение для оценки показателей надежности и ресурса. Применение теории случайных функций к расчету показателей надежности и долговечности машин, приборов и аппаратуры.

9. Численные методы в динамике и прочности машин и конструкций

Роль компьютерных технологий в расчетах и исследованиях динамики и прочности. Требования, предъявляемые к алгоритмам и программам. Понятие о проблемах автоматизированного проектирования и компьютерного моделирования. Численные методы решения задач динамики и прочности. Разностные методы. Численная реализация вариационных методов. Метод конечных элементов. Метод граничных элементов. Интегрирование уравнений динамики на ЭВМ. Вычислительный эксперимент в задачах динамики и прочности. Статистическое моделирование на ЭВМ как средство оценки показателей надежности и ресурса. Применение компьютеров для решения оптимизационных задач.

11. Экспериментальные методы исследований динамики и прочности

Определение механических свойств материалов. Назначение и основные типы механических испытаний. Испытательные машины, установки и стенды.

Методы анализа напряженно-деформированных состояний. Метод тензометрии. Поляризационно-оптический метод. Применение фотоупругих и

лаковых тензочувствительных покрытий. Оптическая и голографическая интерферометрия. Виброметрические измерения. Типы измерительных устройств и датчиков для измерения динамических процессов. Обработка результатов вибрационных и динамических испытаний. Спектральный анализ виброграмм.

Термометрия. Электрические, оптические и тепловизионные измерения тепловых полей.

Диагностика и дефектоскопия материалов и деталей. Оптические, ультразвуковые, рентгеновские и тепловые методы технической диагностики и дефектоскопии.

Основная литература

1. Липовцев, Ю. В. Прикладная теория упругости [Текст] : [учеб. пособие] / Ю. В. Липовцев, М. Ю. Русин. - М. : Дрофа, 2008. - 320 с. - 60 экз.
2. Голушко, Сергей Кузьмич. Прямые и обратные задачи механики упругих композитных пластин и оболочек вращения [Текст] / С. К. Голушко, Ю. В. Немировский. - М. : Физматлит, 2008. - 430 с. - 3 экз.
3. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов [Текст] / В.И. Феодосьев - М.: Изд-во МГТУ, 2007. - 591 с. 443 экз.
4. Александров, А.В. Сопротивление материалов [Текст] / А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин - М.: Высш. шк., 2007. - 560 с. 31 экз.
5. Миролюбов, И.Н. Сопротивление материалов: пособие по решению задач [Текст] / И.Н. Миролюбов, Ф.З. Алмаметов, Н.А. Курицин и др. - СПб.: Лань, 2007. - 508 с. 3 экз.

Дополнительная литература

1. Бидераман, В.Л. Прикладная теория механических колебаний [Текст] / В.Л. Бидерман - М.: Высш. школа, 1972 - 415 с. 3 экз.
2. Болотин, В.В. Вибрации в технике [Текст] [справочник] / В. В. Болотин - М.: Машиностроение, 1999 - 504 с. 1 экз.
3. Горшков, А.Г. Основы тензорного анализа и механика сплошной среды [Текст] / А.Г. Горшков, Л.Н. Рабинский, Д.В. Тарлаковский - М. Наука, 2000 - 214 с. 10 экз.
4. Когаев, В.П. Прочность и износостойкость деталей машин [Текст] / В.П. Когаев, Ю.Н. Дроздов - М.: Высш. школа, 1991 - 319 с. 4 экз.
5. Пестриков, В.Н. Механика разрушения твердых тел [Текст] / В.Н. Пестриков, Е.Н. Морозов - СПб.: Профессия, 2012 - 551 с. 15 экз.

ДИНАМИКА ГИДРО- И ПНЕВМОСИСТЕМ

1. Свойства и характеристики рабочих сред

Модули объёмной упругости газов. Модули объёмной упругости жидкостей. Влияние на модуль объёмной упругости жидкости присутствия нерастворённого воздуха.

2. Неустановившееся движение рабочих сред

Гидромеханические задачи динамики гидро- и пневмосистем. Границы устойчивости ламинарного неустановившегося движения рабочих сред. Замкнутая система уравнений неустановившегося движения рабочей среды. Линеаризованные уравнения неустановившегося движения рабочей среды в трубе. Передаточная функция касательного напряжения на стенке трубы при неустановившемся ламинарном движении. Касательные напряжения на стенке и распределение местных скоростей при колебаниях ламинарного потока в трубе. Гидравлическое сопротивление трубы при ламинарном неустановившемся движении среды. Приближённая модель турбулентного неустановившегося потока в трубе. Неустановившееся движение рабочих сред в щелях и на участках труб с местными сопротивлениями.

3. Динамические характеристики гидравлических и пневматических линий

Простые и однородные линии. Переходные процессы в линии с сосредоточенными параметрами при ламинарном движении среды. Переходные процессы в линии с сосредоточенными параметрами при турбулентном движении среды. Передаточная функция и частотные характеристики простой линии с сосредоточенными параметрами. Коэффициент распространения и волновое сопротивление. Передаточные функции и частотные характеристики линии с распределёнными параметрами при согласованной нагрузке. Частотные характеристики линии с распределёнными параметрами при несогласованной нагрузке. Переходные процессы в линии с распределёнными параметрами при согласованной нагрузке. Переходные процессы в линии с распределёнными параметрами при несогласованной нагрузке. Влияние нестационарного распределения температур в потоке на динамические характеристики линии.

4. Местные гидравлические сопротивления

Внезапное расширение русла. Постепенное расширение русла. Сужение русла. Поворот русла. Местные сопротивления при ламинарном течении.

5. Неустановившееся движение жидкости в трубах

Неустановившееся движение жидкости в жёстких трубах. Гидравлический удар.

6. Взаимодействие потока с ограничивающими его стенками

Силы действия потока на стенки канала. Сила действия струи на стенку.

7. Принципы построения и возможные структуры гасителей колебаний рабочей среды

Методы устранения колебаний рабочей среды в гидравлических цепях.

8. Динамические характеристики гидравлических цепей и гасителей колебаний

Частотные характеристики цилиндрического трубопровода. Частотные характеристики элементов с сосредоточенными параметрами. Применение электрических аналогий к расчёту гасителей колебаний. Расчёт характеристик гасителей колебаний. Математические модели краевых условий.

9. Эффективность действия гасителей колебаний

Критерии и методы оценки эффективности действия гасителей колебаний. Эффективность действия гасителей на входном участке. Место расположения реактивных гасителей в трубопроводной цепи. Эффективность действия гасителей на выходном участке. Сравнение методов оценки эффективности действия гасителей на выходном участке. Эффективность действия гасителей с активным волновым сопротивлением. Эффективность действия резонансных контуров. Эффективность действия резонансных контуров при полигармоническом законе колебаний жидкости.

Основная литература

1. Гидромеханика : учеб. пособие / Попов Д. Н., Панайотти С. С., Рябинин М. В. ; ред. Попов Д. Н.; МГТУ им. Н. Э. Баумана. - 3-е изд., испр. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. - 317 с.
2. Динамика и прочность трубопроводных систем с пульсирующим потоком жидкости / Прокофьев А.Б., Шахматов Е.В., Миронова Т. Б.; Москва: Машиностроение, 2014. 165с.
3. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для машиностроительных вузов / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. – М.: «Издательский дом Альянс», 2010. – 423 с.

Дополнительная литература

1. Механика гидро- и пневмоприводов : учебник для вузов / Попов Д. Н. - 2-е изд., стер. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. - 319 с..
2. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем / Попов Д. Н. - 2-е изд., - М. : Изд-во Машиностроение, 1987. - 464 с.
3. Устранение колебаний в авиационных трубопроводах / Шорин В.П. – М.: Машиностроение, 1980. – 156 с.