

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 15.04.03 Прикладная механика

Наименование образовательной программы: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ГИДРОАЭРОУПРУГОСТЬ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 2;
Часов (всего) по учебному плану:	72 часа
Лекции	3 семестр - 32 часа;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	3 семестр - 39,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Проверочная работа Коллоквиум	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	3 семестр - 0,3 часа;

Москва 2026

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Бабин О.А.
	Идентификатор	Re55a0851-BabinOA-a86deff3

О.А. Бабин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цой В.Э.
	Идентификатор	Rd9d3a9dd-TsoyVE-b05eb4b4

В.Э. Цой

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883c

И.В. Меркурьев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основных положений теории гидроаэроупругости применительно к динамическим расчетам конструкций помещенных в поток газа или жидкости или содержащих протекающую жидкость.

Задачи дисциплины

- изучение основных положений теории гидроаэроупругости;
- изучение основ постановки задач аэроупругости и гидроупругости с учетом упругой деформации конструкции и обратного влияния деформации конструкции на жидкость или газ;
- обучение обоснованному применению моделей и методов теории гидроаэроупругости к прикладным задачам механики;
- освоение методами численного решения задач гидроаэроупругости применительно к реальным конструкциям с использованием современных математических программных комплексов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
РПК-2 Готов проводить расчеты элементов конструкций в потоке газа или жидкости	ИД-1рпк-2 Способен привести математическую постановку задачи по расчету элементов конструкций в потоке газа или жидкости и провести расчет поставленной задачи	знать: - <input type="checkbox"/> математическую постановку задачи об устойчивости упругих конструкций помещенных в поток газа или жидкости или содержащих протекающую жидкость; - <input type="checkbox"/> особенности расчета конструкций, содержащих протекающую жидкость или находящихся в протекающей жидкости. уметь: - проводить расчет на устойчивость конструкций, находящихся в потоке газа или в жидкости или с жидкостью; - <input type="checkbox"/> использовать современные математические программные средства, в том числе компьютерной математики, для решения прикладных задач гидроаэроупругости.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры (далее – ОПОП), направления подготовки 15.04.03 Прикладная механика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы расчета конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при действии детерминистических и случайных нагрузок
- уметь рассчитывать конструкции на прочность, жесткость и устойчивость с использованием методов вычислительной механики

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Основы ГАУ	18	3	8	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Для подготовки и освоения материала необходимо выучить термины и определения в рамках раздела "Основы ГАУ"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с.250-257 [4], с.469,477,478 [7], 236-245</p>	
1.1	Основы ГАУ	18		8	-	-	-	-	-	-	-	10	-		
2	Устойчивость упругих панелей в потоке газа	16		6	-	-	-	-	-	-	-	-	10		-
2.1	Устойчивость упругих панелей в потоке газа	16		6	-	-	-	-	-	-	-	-	10		-
3	Параметрические колебания панелей в потоке газа	16		6	-	-	-	-	-	-	-	-	10		-
3.1	Параметрические колебания панелей в потоке газа	16	6	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Подготовка к коллоквиуму №1 по Аэроупругости ,включающий в себя материалы раздела "Параметрические колебания панелей в потоке газа" (постановка задачи, основные предположения, уравнение колебания</p>	

													панели, метод его решения, анализ влияние различных параметров системы на устойчивость) и материала раздела "Устойчивость упругих панелей в потоке газа"(основные понятия, определения, постановки задач) <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], с.116-134 [4], с.347-367
4	Колебания упругих систем в жидкости и с жидкость	21.7	12	-	-	-	-	-	-	-	9.7	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Подготовка к коллоквиуму №2 по Гидроупругости, включающий в себя материалы раздела "Колебания упругих систем в жидкости и с жидкостью" (постановки задач, основные предположения и гипотезы, уравнения колебаний систем, методы их решения, анализ численных результатов) <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], с.145-163 [5], с.6-11 [6], с.167-190
4.1	Колебания упругих систем в жидкости и с жидкость	21.7	12	-	-	-	-	-	-	-	9.7	-	
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	72.0	32	-	-	-	-	-	-	0.3	39.7	-	
	Итого за семестр	72.0	32	-	-	-	-	-	-	0.3	39.7	-	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основы ГАУ

1.1. Основы ГАУ

Основные закономерности течений жидкости и газа. Физические свойства движущейся среды. Основные уравнения аэрогидромеханики. Вихревые течения. Течение вязкой жидкости и пограничный слой. Аэродинамические операторы. Несущие поверхности в установившемся потоке. Крыло в плоском установившемся потоке. Крыло в стационарном околосзвуковом потоке. Определение аэродинамических сил и моментов на колеблющемся крыле. Аэродинамическая гипотеза плоских сечений.

2. Устойчивость упругих панелей в потоке газа

2.1. Устойчивость упругих панелей в потоке газа

Упругие, массовые и аэродинамические модели летательных аппаратов при расчете на флаттер. Флаттер, как неконсервативная задача теории упругой устойчивости. Типы расчетных схем. Основные задачи аэродинамики летательных аппаратов. Основные уравнения аэродинамики. Начальные и граничные условия. Закон плоских сечений для сверхзвуковых скоростей. Границы применимости поршневой теории. Флаттер крыла. Схематизация крыла консольной балкой с прямолинейной осью жесткости. Уравнения движения, граничные условия. Метод решения. Статическая аэроупругость. Дивергенция крыла. Изгибно-крутильный флаттер крыла. Влияние конструктивных параметров. Флаттер упругих пластин и оболочек при больших сверхзвуковых скоростях..

3. Параметрические колебания панелей в потоке газа

3.1. Параметрические колебания панелей в потоке газа

Постановка задачи. Сведение задачи к системе обыкновенных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами. Сведения из теории линейных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами. Устойчивость автономных систем: устойчивость по Ляпунову. Теоремы об устойчивости. Критерии асимптотической устойчивости: Рауса-Гурвица, Зубова, Коши- Михайлова - Найквиста. Классификация параметрических резонансов. Мультипликаторы. Матрица монодромии. Влияние параметров системы, потока и параметрического возбуждения на поведение областей неустойчивости и возможность стабилизации системы..

4. Колебания упругих систем в жидкости и с жидкостью

4.1. Колебания упругих систем в жидкости и с жидкостью

а) Колебания упругих систем в жидкости. Этапы решения задач упругих колебаний конструкций в жидкости. Исследование колебания упругих стержней в вакууме. Определение частот и форм собственных колебаний. Постановка задачи о собственных колебаниях стержня в жидкости. Уравнение Лапласа. Нахождение потенциала скоростей. Определение присоединенных масс и частот собственных колебаний стержня в жидкости. б) Колебания упругих систем с жидкостью. Колебания трубопроводов с пульсирующим потоком жидкости. Устойчивость трубопроводов при детерминистических пульсациях расхода жидкости. Устойчивость трубопроводов при случайных воздействиях. Стохастическая устойчивость. Устойчивость по совокупности моментных функций. Метод моментных функций. Влияние параметров системы и потока на поведение областей неустойчивости и возможность стабилизации систем..

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации проводятся по разделу "Основы ГАУ"
2. Консультации направлены для подготовки к контрольному мероприятию по разделу "Устойчивость упругих панелей в потоке газа"
3. Консультации направлены на подготовку к коллоквиуму №1 по "Аэроупругости"
4. Консультации направлены на подготовку к коллоквиуму №2 "Гидроупругость"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
<input type="checkbox"/> особенности расчета конструкций, содержащих протекающую жидкость или находящихся в протекающей жидкости	ИД-1РПК-2				+	Коллоквиум/Колебания упругих систем в жидкости и с жидкостью
<input type="checkbox"/> математическую постановку задачи об устойчивости упругих конструкций помещенных в поток газа или жидкости или содержащих протекающую жидкость	ИД-1РПК-2		+	+	+	Проверочная работа/Устойчивость упругих панелей в потоке газа
Уметь:						
<input type="checkbox"/> использовать современные математические программные средства, в том числе компьютерной математики, для решения прикладных задач гидроаэроупругости	ИД-1РПК-2		+		+	Коллоквиум/Колебания упругих систем в жидкости и с жидкостью Коллоквиум/Параметрические колебания панелей в потоке газа
проводить расчет на устойчивость конструкций, находящихся в потоке газа или в жидкости или с жидкостью	ИД-1РПК-2	+		+	+	Коллоквиум/Колебания упругих систем в жидкости и с жидкостью Проверочная работа/Основы ГАУ Проверочная работа/Устойчивость упругих панелей в потоке газа

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Основы ГАУ (Проверочная работа)
2. Устойчивость упругих панелей в потоке газа (Проверочная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Колебания упругих систем в жидкости и с жидкостью (Коллоквиум)
2. Параметрические колебания панелей в потоке газа (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №3)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Болотин, В. В. Неконсервативные задачи теории упругой устойчивости / В. В. Болотин. – М. : Физматлит, 1961. – 339 с.;
2. Вибрации в технике. В 6 т. Т.1. Колебания линейных систем : справочник / И. И. Артоболевский, [и др.] ; Ред. В. В. Болотин. – М. : Машиностроение, 1978. – 352 с.;
3. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа : учебник по специальности "Механика" / Л. Г. Лойцянский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1973. – 847 с.;
4. Прочность, устойчивость, колебания: в 3 т. Т.1 : справочник / Б. Л. Абрамян, [и др.] ; общ. ред. И. А. Биргер, Я. Г. Пановко. – М. : Машиностроение, 1968. – 831 с. – Авт. указаны на обороте тит. л.;
5. Бабин, О. А. Устойчивость и колебания трубопроводов при действии динамических нагрузок : Специальность 01.02.06 - Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры : Диссертация кандидата технических наук / О. А. Бабин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ). – 1982. – 135 с. – Автореферат есть.;
6. Болотин, В. В. Случайные колебания упругих систем / В. В. Болотин. – М. : Наука, 1979. – 331 с.;
7. "Прочность. Устойчивость. Колебания", Издательство: "Машиностроение", Москва, 1968 - (829 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=116078>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Ansys / CAE Fidesys;
5. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-412, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-412, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-400, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
	Б-411, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Б-110/3, Кабинет сотрудников каф. "РМДиПМ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Б-06а, Учебная лаборатория	стеллаж для хранения книг

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Гидроаэроупругость

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Основы ГАУ (Проверочная работа)

КМ-2 Устойчивость упругих панелей в потоке газа (Проверочная работа)

КМ-3 Параметрические колебания панелей в потоке газа (Коллоквиум)

КМ-4 Колебания упругих систем в жидкости и с жидкостью (Коллоквиум)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	11	15
1	Основы ГАУ					
1.1	Основы ГАУ		+	+		+
2	Устойчивость упругих панелей в потоке газа					
2.1	Устойчивость упругих панелей в потоке газа			+	+	+
3	Параметрические колебания панелей в потоке газа					
3.1	Параметрические колебания панелей в потоке газа		+	+		+
4	Колебания упругих систем в жидкости и с жидкостью					
4.1	Колебания упругих систем в жидкости и с жидкостью		+	+	+	+
Вес КМ, %:			10	20	40	30