

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Механико-математический факультет



Захаров А.М.

2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**ГИДРО- И АЭРОУПРУГОСТЬ**

Направление подготовки магистратуры  
*01.04.03 – Механика и математическое моделирование*

Профиль подготовки магистратуры  
*Механика деформируемого твердого тела*

Квалификация (степень) выпускника  
*Магистр*

Форма обучения  
*очная*

Саратов,  
2024

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Папкова И.В.		10.10.2024
Председатель НМК	Тышкевич С.В.		10.10.2024
Заведующий кафедрой	Коссович Л.Ю.		10.10.2024
Специалист Учебного управления			

## **1. Цели освоения дисциплины «Гидро- и аэроупругость»**

Целями освоения дисциплины «Гидро- и аэроупругость» является приобретение базовых знаний в области гидроаэромеханики, без которых невозможно изучение важных, с точки зрения практических приложений, разделов механики взаимодействия жидких и газообразных сред с упругими телами.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры**

Дисциплина «Гидро- и аэроупругость» является дисциплиной обязательной части и относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» ООП магистратуры. В соответствии с учебным планом, занятия проводятся во 2 семестре и в качестве промежуточной аттестации предусмотрен зачет.

Данная дисциплина посвящена детальному изложению основ теории гидроаэромеханики, включающих вывод общей системы уравнений гидроаэромеханики, преобразование этой системы в различные, наиболее распространенные модели – идеальную и вязкую жидкости.

Материал курса ориентирован на глубокое усвоение студентами-механиками основ гидроаэромеханики в объеме, необходимом для дальнейшего усвоения современных методов расчета волновых и колебательных процессов, возникающих при взаимодействии упругих оболочек различной конфигурации с жидкими и газообразными средами.

Теория аэрогидроупругости имеет тесную связь с другими математическими и механическими дисциплинами. Для освоения данной дисциплины необходимы умения и навыки, приобретенные в базовых курсах на этапе освоения ООП бакалавриата: «Численные методы», «Математическое моделирование», «Функциональный анализ», «Комплексный анализ», «Алгебра», «Аналитическая геометрия», «Дифференциальные уравнения», «Теория линейной упругости», «Основы механики сплошной среды», «Общая физика», «Уравнения математической физики».

Освоение дисциплины «Гидро- и аэроупругость» необходимо для изучения дисциплин «Контактные задачи гидроупругости», а также для подготовки магистерской работы и дальнейших ступеней обучения.

## **3. Результаты обучения по дисциплине**

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения</b>
<b>УК-1</b> Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<b>1.1_М.УК-1.</b> Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними.	<b>Знать:</b> способы анализа проблемных ситуаций. <b>Уметь:</b> анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними. <b>Владеть:</b> навыками анализа проблемных ситуаций как

		систем, выявляя их составляющие и связи между ними.
	<p><b>1.2_М.УК-1.</b> Осуществляет поиск алгоритмов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации. Определяет в рамках выбранного алгоритма вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей детальной разработке. Предлагает способы их решения.</p>	<p><b>Знать:</b> алгоритмы решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации.</p> <p><b>Уметь:</b> осуществлять поиск алгоритмов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации; определять в рамках выбранного алгоритма вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей детальной разработке.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками решения задач разными способами.</p>
	<p><b>1.3_М.УК-1.</b> Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности.</p>	<p><b>Знать:</b> стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> разрабатывать стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками достижения поставленной цели как последовательности шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности.</p>
<b>УК-2</b> Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.	<p><b>1.1_М.УК-2.</b> Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы, формулируя цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их</p>	<p><b>Знать:</b> концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы, формулируя цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения.</p>

	применения.	<p><b>Уметь:</b> разрабатывать концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы, формулируя цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками разработки концепции проекта в рамках обозначенной проблемы, формулируя цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения.</p>
	<p><b>1.2_М.УК-2.</b> Способен видеть результат деятельности и планировать последовательность шагов для его достижения. Формирует план-график реализации проекта и план контроля за его выполнением.</p>	<p><b>Знать:</b> результат деятельности и планировать последовательность шагов для его достижения.</p> <p><b>Уметь:</b> видеть результат деятельности и планировать последовательность шагов для его достижения. Формировать план-график реализации проекта и план контроля за его выполнением.</p> <p><b>Владеть:</b> способностью видеть результат деятельности и планировать последовательность шагов для его достижения.</p>
	<p><b>1.3_М.УК-2.</b> Организует и координирует работу участников проекта, способствует конструктивному преодолению возникающих разногласий и конфликтов, обеспечивает работу команды необходимыми ресурсами.</p>	<p><b>Знать:</b> как преодолеть возникающие разногласия и конфликты, обеспечить работу команды необходимыми ресурсами.</p> <p><b>Уметь:</b> организовать и координировать работу участников проекта, способствовать конструктивному преодолению возникающих разногласий и конфликтов, обеспечить работу команды необходимыми ресурсами.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками организации и координации работы участников проекта.</p>

	<p><b>1.4_М.УК-2.</b> Представляет публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических семинарах и конференциях.</p>	<p><b>Знать:</b> как представить публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических семинарах и конференциях.</p> <p><b>Уметь:</b> представлять публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических семинарах и конференциях.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками публичного представления результатов проекта.</p>
	<p><b>1.5_М.УК-2.</b> Предлагает возможные пути (алгоритмы) внедрения в практику результатов проекта (или осуществляет его внедрение).</p>	<p><b>Знать:</b> возможные пути (алгоритмы) внедрения в практику результатов проекта (или осуществляет его внедрение).</p> <p><b>Уметь:</b> предложить возможные пути (алгоритмы) внедрения в практику результатов проекта (или осуществляет его внедрение).</p> <p><b>Владеть:</b> навыками внедрения в практику результатов проекта.</p>
<p><b>ОПК-1.</b> Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы механики и математики.</p>	<p><b>1.1_М.ОПК-1.</b> Демонстрирует знание основных разделов фундаментальной и прикладной математики, механики, теории колебаний.</p>	<p><b>Знать:</b> основные разделы фундаментальной и прикладной математики, механики, теории колебаний.</p> <p><b>Уметь:</b> демонстрировать знание основных разделов фундаментальной и прикладной математики, механики, теории колебаний.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками демонстрации знаний основных разделов фундаментальной и прикладной математики, механики, теории колебаний.</p>

	<p><b>2.1_М.ОПК-1.</b> Способен осуществлять сбор и анализ научно-технической информации, в том числе с применением сети «Интернет».</p>	<p><b>Знать:</b> способы осуществления сбора и анализа научно-технической информации, в том числе с применением сети «Интернет».</p> <p><b>Уметь:</b> осуществлять сбор и анализ научно-технической информации, в том числе с применением сети «Интернет».</p> <p><b>Владеть:</b> навыками сбора и анализа научно-технической информации, в том числе с применением сети «Интернет».</p>
	<p><b>3.1_М.ОПК-1.</b> Обладает навыками анализа и интерпретации имеющихся данных с точки зрения подходов и методов механики и математики.</p>	<p><b>Знать:</b> подходы и методы механики и математики.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать и интерпретировать имеющиеся данные с точки зрения подходов и методов механики и математики.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками анализа и интерпретации имеющихся данных с точки зрения подходов и методов механики и математики.</p>
	<p><b>4.1_М.ОПК-1.</b> Способен сформулировать корректную постановку задачи в области механики, математики, теории колебаний.</p>	<p><b>Знать:</b> корректную постановку задачи в области механики, математики, теории колебаний.</p> <p><b>Уметь:</b> формулировать корректную постановку задачи в области механики, математики, теории колебаний.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками формулирования корректной постановки задачи в области механики, математики, теории колебаний.</p>
	<p><b>5.1_М.ОПК-1.</b> Способен применять методы фундаментальной и прикладной математики для решения поставленных задач.</p>	<p><b>Знать:</b> методы фундаментальной и прикладной математики для решения поставленных задач.</p> <p><b>Уметь:</b> применять методы фундаментальной и прикладной математики для решения поставленных задач.</p> <p><b>Владеть:</b> методами фундаментальной и прикладной математики для решения поставленных задач.</p>

	<p><b>6.1_М.ОПК-1.</b> Способен применять современные пакеты прикладных программ конечно-элементного анализа для решения задач механики.</p>	<p><b>Знать:</b> современные пакеты прикладных программ конечно-элементного анализа для решения задач механики.  <b>Уметь:</b> применять современные пакеты прикладных программ конечно-элементного анализа для решения задач механики.  <b>Владеть:</b> современные пакеты прикладных программ конечно-элементного анализа для решения задач механики.</p>
<b>ОПК-2.</b> Способен разрабатывать и применять новые методы математического моделирования в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности.	<p><b>1.1_М.ОПК-2.</b> Демонстрирует знание классических и современных математических моделей в области механики, биомеханики, теории колебаний.</p>	<p><b>Знать:</b> классические и современные математические модели в области механики, биомеханики, теории колебаний.  <b>Уметь:</b> классические и современные математические модели в области механики, биомеханики, теории колебаний.  <b>Владеть:</b> классическими и современными математическими моделями в области механики, биомеханики, теории колебаний.</p>
	<p><b>2.1_М.ОПК-2.</b> Владеет современным математическим аппаратом, применяемым в прикладной математике, механике, биомеханике.</p>	<p><b>Знать:</b> современный математический аппарат, применяемый в прикладной математике, механике, биомеханике.  <b>Уметь:</b> применять современный математический аппарат.  <b>Владеть:</b> современным математическим аппаратом, применяемым в прикладной математике, механике, биомеханике.</p>
	<p><b>3.1_М.ОПК-2.</b> Способен подобрать методы для построения и исследования моделей в области механики, биомеханики, теории колебаний, соответствующие поставленной цели.</p>	<p><b>Знать:</b> методы для построения и исследования моделей в области механики, биомеханики, теории колебаний, соответствующие поставленной цели.  <b>Уметь:</b> подобрать методы для построения и исследования моделей в области механики, биомеханики, теории колебаний, соответствующие поставленной цели.  <b>Владеть:</b> методами для</p>

	<p>построения и исследования моделей в области механики, биомеханики, теории колебаний, соответствующие поставленной цели.</p>
<b>4.1_М.ОПК-2.</b> Имеет практический опыт разработки и применения новых методов математического моделирования в области в области механики, биомеханики, теории колебаний.	<p><b>Знать:</b> о разработке и применении новых методов математического моделирования в области в области механики, биомеханики, теории колебаний.</p> <p><b>Уметь:</b> разрабатывать и применять новые методы математического моделирования в области в области механики, биомеханики, теории колебаний.</p> <p><b>Владеть:</b> практическим опытом разработки и применения новых методов математического моделирования в области в области механики, биомеханики, теории колебаний.</p>
<b>5.1_М.ОПК-2.</b> Способен проанализировать результаты применения разработанных методов математического моделирования с точки зрения достоверности и соответствия современным физическим представлениям, а также оценить эффективность метода.	<p><b>Знать:</b> методы математического моделирования с точки зрения достоверности и соответствия современным физическим представлениям.</p> <p><b>Уметь:</b> проанализировать результаты применения разработанных методов математического моделирования с точки зрения достоверности и соответствия современным физическим представлениям, а также оценить эффективность метода.</p> <p><b>Владеть:</b> анализом результатов применения разработанных методов математического моделирования с точки зрения достоверности и соответствия современным физическим представлениям, а также оценить эффективность метода.</p>

<p><b>ОПК-3.</b> Способен разрабатывать новые методы экспериментальных исследований и применять современное экспериментальное оборудование профессиональной деятельности.</p>	<p><b>1.1_М.ОПК-3.</b> Демонстрирует знание современных методов экспериментального исследования механических процессов, применяемых в научных и проектно-технологических целях.</p>	<p><b>Знать:</b> современные методы экспериментального исследования механических процессов, применяемых в научных и проектно-технологических целях.  <b>Уметь:</b> демонстрировать знание современных методов экспериментального исследования механических процессов, применяемых в научных и проектно-технологических целях.  <b>Владеть:</b> навыками демонстрации знания современных методов экспериментального исследования механических процессов, применяемых в научных и проектно-технологических целях.</p>
	<p><b>2.1_М.ОПК-3.</b> Обладает знаниями о современном экспериментальном оборудовании, применяемом при проведении исследований в области механики, биомеханики, теории колебаний.</p>	<p><b>Знать:</b> о современном экспериментальном оборудовании, применяемом при проведении исследований в области механики, биомеханики, теории колебаний.  <b>Уметь:</b> применять знания о современном экспериментальном оборудовании, применяемом при проведении исследований в области механики, биомеханики, теории колебаний.  <b>Владеть:</b> навыками применения знаний о современном экспериментальном оборудовании, применяемом при проведении исследований в области механики, биомеханики, теории колебаний.</p>

	<b>3.1_М.ОПК-3.</b> Способен правильно подобрать экспериментальные методы и современное экспериментальное оборудование в соответствии с поставленной целью.	<b>Знать:</b> экспериментальные методы и современное экспериментальное оборудование. <b>Уметь:</b> правильно подбирать экспериментальные методы и современное экспериментальное оборудование в соответствии с поставленной целью. <b>Владеть:</b> навыками подбора экспериментальных методов и современного экспериментального оборудования в соответствии с поставленной целью.
	<b>4.1_М.ОПК-3.</b> Имеет практический опыт разработки и применения новых методов экспериментальных исследований в области механики, биомеханики, теории колебаний.	<b>Знать:</b> новые методы экспериментальных исследований в области механики, биомеханики, теории колебаний. <b>Уметь:</b> разрабатывать и применять новые методы экспериментальных исследований в области механики, биомеханики, теории колебаний. <b>Владеть:</b> практическим опытом разработки и применения новых методов экспериментальных исследований в области механики, биомеханики, теории колебаний.
	<b>5.1_М.ОПК-3.</b> Может проанализировать результаты применения разработанных методов экспериментальных исследований, оценить их достоинства и недостатки.	<b>Знать:</b> результаты применения разработанных методов экспериментальных исследований. <b>Уметь:</b> проанализировать результаты применения разработанных методов экспериментальных исследований, оценить их достоинства и недостатки. <b>Владеть:</b> навыками анализа результатов применения разработанных методов экспериментальных исследований.

<p><b>ОПК-4.</b> Способен использовать и создавать эффективные программные средства для решения задач механики.</p>	<p><b>1.1_М.ОПК-4.</b> Демонстрирует фундаментальные знания современных информационных технологий, основных положений и концепций в области программирования, архитектуры языков программирования.</p>	<p><b>Знать:</b> современные информационные технологии, основные положения и концепции в области программирования, архитектуры языков программирования.  <b>Уметь:</b> демонстрировать фундаментальные знания современных информационных технологий, основных положений и концепций в области программирования, архитектуры языков программирования.  <b>Владеть:</b> навыками демонстрации фундаментальных знаний современных информационных технологий, основных положений и концепций в области программирования, архитектуры языков программирования.</p>
	<p><b>2.1_М.ОПК-4.</b> Обладает навыками применения программных средств, используемых при решении задач в области механики, биомеханики, теории колебаний.</p>	<p><b>Знать:</b> программные средства, используемые при решении задач в области механики, биомеханики, теории колебаний.  <b>Уметь:</b> применять программные средства, используемые при решении задач в области механики, биомеханики, теории колебаний.  <b>Владеть:</b> навыками применения программных средств, используемых при решении задач в области механики, биомеханики, теории колебаний.</p>
	<p><b>3.1_М.ОПК-4.</b> Имеет практический опыт разработки и применения новых программных средств, предназначенных для решения задач механики, биомеханики, теории колебаний.</p>	<p><b>Знать:</b> разработку и применение новых программных средств, предназначенных для решения задач механики, биомеханики, теории колебаний.  <b>Уметь:</b> разрабатывать и применять новые программные средства, предназначенные для решения задач механики, биомеханики, теории колебаний.  <b>Владеть:</b> практическим опытом разработки и</p>

		применения новых программных средств, предназначенных для решения задач механики, биомеханики, теории колебаний.
	<b>4.1_М.ОПК-4.</b> Обладает навыками тестирования программных продуктов, оценки их эффективности.	<b>Знать:</b> тестирование программных продуктов, оценку их эффективности. <b>Уметь:</b> тестировать программные продукты, оценивая их эффективность. <b>Владеть:</b> навыками тестирования программных продуктов, оценки их эффективности.
<b>ПК-1.</b> Способен разрабатывать новые математические модели и методы расчета поведения элементов конструкций при силовом и температурном воздействиях.	<b>1.1_М.ПК-1.</b> Обладает фундаментальными знаниями в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.	<b>Знать:</b> понятия и определения теории гидро- и аэроупругости. <b>Уметь:</b> формулировать и решать задачи теоретического и прикладного характера из различных разделов теории гидро- и аэроупругости. <b>Владеть:</b> фундаментальными знаниями в теории гидро- и аэроупругости.
	<b>2.1_М.ПК-1.</b> Способен собирать и анализировать данные о геометрии, физико-механических характеристиках материалов элементов конструкции и температурно-силовых нагрузках.	<b>Знать:</b> о геометрии, физико-механических характеристиках материалов элементов конструкции и температурно-силовых нагрузках. <b>Уметь:</b> собирать и анализировать данные о геометрии, физико-механических характеристиках материалов элементов конструкции и температурно-силовых нагрузках. <b>Владеть:</b> навыками сбора и анализа данных о геометрии, физико-механических характеристиках материалов элементов конструкции и температурно-силовых нагрузках.

	<p><b>3.1_М.ПК-1.</b> Может разработать и обосновать новую математическую модель, предназначенную для расчета деформации заданной системы при действии заданных нагрузок.</p>	<p><b>Знать:</b> новую математическую модель, предназначенную для расчета деформации заданной системы при действии заданных нагрузок.</p> <p><b>Уметь:</b> разработать и обосновать новую математическую модель, предназначенную для расчета деформации заданной системы при действии заданных нагрузок.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками разработки и обоснования новой математической модели, предназначенной для расчета деформации заданной системы при действии заданных нагрузок.</p>
	<p><b>4.1_М.ПК-1.</b> Способен разработать новый метод решения задач о деформировании элемента конструкции под действием заданных нагрузок.</p>	<p><b>Знать:</b> новый метод решения задач о деформировании элемента конструкции под действием заданных нагрузок.</p> <p><b>Уметь:</b> разработать новый метод решения задач о деформировании элемента конструкции под действием заданных нагрузок.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками разработки нового метода решения задач о деформировании элемента конструкции под действием заданных нагрузок.</p>
	<p><b>5.1_М.ПК-1.</b> Обладает навыками тестирования разработанных моделей и методов, верификации результатов расчета.</p>	<p><b>Знать:</b> о тестировании разработанных моделей и методов, верификации результатов расчета.</p> <p><b>Уметь:</b> тестировать разработанные модели и методы, верификации результатов расчета.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками тестирования разработанных моделей и методов, верификации результатов расчета.</p>

<p><b>ПК-2.</b> Способен к проведению теоретических и экспериментальных научных исследований в области механики деформируемого твердого тела.</p>	<p><b>1.1_М.ПК-2.</b> Демонстрирует знание современных научных достижений в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.</p>	<p><b>Знать:</b> современные научные достижения в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.  <b>Уметь:</b> демонстрировать знание современных научных достижений в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.  <b>Владеть:</b> навыками демонстрации знаний современных научных достижений в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.</p>
	<p><b>2.1_М.ПК-2.</b> Обладает навыками написания научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках.</p>	<p><b>Знать:</b> о написании научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках.  <b>Уметь:</b> написать научный обзор, публикацию, реферат и библиографию по тематике проводимых исследований на русском и английском языках.  <b>Владеть:</b> навыками написания научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках.</p>
	<p><b>3.1_М.ПК-2.</b> Демонстрирует знание основ философии и методологии науки и основ научно-исследовательской деятельности в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.</p>	<p><b>Знать:</b> основы философии и методологии науки и основы научно-исследовательской деятельности в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.  <b>Уметь:</b> демонстрировать знание основ философии и методологии науки и основ научно-исследовательской деятельности в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.  <b>Владеть:</b> навыками демонстрации знаний основ философии и методологии науки и основ научно-исследовательской деятельности в области математики, механики</p>

		деформируемых тел, теории колебаний.
	<b>4.1_М.ПК-2.</b> Знает современные методы проведения экспериментальных исследований, владеет методами обработки результатов экспериментов в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.	<b>Знать:</b> современные методы проведения экспериментальных исследований. <b>Уметь:</b> проводить экспериментальные исследования. <b>Владеть:</b> методами обработки результатов экспериментов в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.
	<b>5.1_М.ПК-2.</b> Имеет опыт научно-исследовательской деятельности в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.	<b>Знать:</b> понятия и определения теории гидро- и аэроупругости. <b>Уметь:</b> формулировать и решать задачи теоретического и прикладного характера из различных разделов теории гидро- и аэроупругости. <b>Владеть:</b> навыками научно-исследовательской деятельности в области теории гидро- и аэроупругости.
<b>ПК-4.</b> Способен к проведению расчетов деталей, узлов и отсеков конструкции на прочность и анализу их результатов.	<b>1.1_М.ПК-4.</b> Владеет основными методами прикладных теорий стержней, пластин и оболочек, а также методом конечных элементов.	<b>Знать:</b> основные методы прикладных теорий стержней, пластин и оболочек, а также методом конечных элементов. <b>Уметь:</b> применять методы прикладных теорий стержней, пластин и оболочек, а также методом конечных элементов. <b>Владеть:</b> основными методами прикладных теорий стержней, пластин и оболочек, а также методом конечных элементов.
	<b>2.1_М.ПК-4.</b> Способен использовать осовремененные программные комплексы для расчетов на прочность методом конечных элементов.	<b>Знать:</b> осовремененные программные комплексы для расчетов на прочность методом конечных элементов. <b>Уметь:</b> использовать осовремененные программные комплексы для расчетов на прочность методом конечных элементов. <b>Владеть:</b> осовремененными программными комплексами для расчетов на прочность методом конечных элементов.

	<p><b>3.1_М.ПК-4.</b> Способен провести анализ результатов расчетов и сформулировать рекомендации по доработке конструкции.</p>	<p><b>Знать:</b> результаты расчетов и рекомендации по доработке конструкции.</p> <p><b>Уметь:</b> провести анализ результатов расчетов и сформулировать рекомендации по доработке конструкции.</p> <p><b>Владеть:</b> способностью провести анализ результатов расчетов и сформулировать рекомендации по доработке конструкции.</p>
--	---	--

#### **4. Структура и содержание дисциплины «Гидро- и аэроупругость»**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости <i>(по неделям семестра)</i>	Формы промежуточной аттестации <i>(по семестрам)</i>
				Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	KCP	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Раздел 1. Начала гидроаэроупругости. Кинематика жидкости	2	1-2	2		2		15		Устный опрос
2	Раздел 2. Основные законы механики жидкости. Модели жидких сред	2	2-3	4		4	1	15		Устный опрос
3	Раздел 3. Системы уравнений гидромеханики идеальной нетеплопроводной жидкости и постановка задач для нее. Интегралы системы уравнений гидромеханики идеальной жидкости	2	4-9	5		5		22		Контрольная работа
4	Раздел 4. Система уравнений гидромеханики вязкой теплопроводной жидкости и постановка задач для нее. Обобщенные одномерные движения. Пластина в сверхзвуковом потоке газа	2	10-16	5		5	1	22		Устный опрос
	<b>Всего</b>			<b>16</b>		<b>16</b>	<b>2</b>	<b>74</b>		<b>Зачет</b>

## **Содержание дисциплины**

### **Раздел 1. Начала гидроаэроупругости. Кинематика жидкости**

Начала гидроаэромеханики. Подходы Лагранжа и Эйлера при описании движения сплошной среды. Индивидуальная и местная (локальная) производные. Стационарные и нестационарные (установившиеся и неустановившиеся) течения. Скорости и ускорения в переменных Эйлера и Лагранжа. Траектории, линии тока, критические точки, поверхности тока. Необходимые сведения из тензорного исчисления. Скорости точек бесконечно малого объема жидкой среды (теорема Гельмгольца). Тензор дисторсии вектора скорости, тензор скоростей деформаций. (2 часа).

### **Раздел 2. Основные законы механики жидкости. Модели жидких сред**

Дифференцирование объемных интегралов. Интегральная и дифференциальная записи закона сохранения масс в декартовых и криволинейных координатах. Массовые и поверхностные силы. Формула Коши. Закон изменения количества движения для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах. Закон изменения момента количества движения сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах (орбитальный момент, орбитальный момент объемных и поверхностных сил, внутренний момент, момент, порождаемый внутри объема, момент, проникающий через поверхность, ограничивающий жидкий объем). Жидкость без внутреннего момента и симметрия тензора напряжений. Закон сохранения энергии в интегральной и дифференциальной формах (внутренняя энергия, кинетическая энергия, полная энергия, объемное воспроизведение энергии, поток энергии через поверхность, ограничивающую жидкий объем, работа массовых и поверхностных сил). Сведения из теории теплопроводности (температурное поле, тепловой поток, закон теплопроводности Фурье, вывод уравнения теплопроводности в криволинейных координатах).

Модель идеальной жидкости и тензор напряжений для нее. Вязкая (ニュートン液体) жидкость и тензор напряжений для нее. Эксперимент Ньютона, условия ньютоновской жидкости, вывод соотношений, связывающих тензор напряжений с тензором скоростей деформаций. (4 часа).

### **Раздел 3. Системы уравнений гидромеханики идеальной нетеплопроводной жидкости и постановка задачи для нее. Интегралы системы уравнений гидромеханики идеальной жидкости**

Уравнения энергии для идеальной нетеплопроводной жидкости. Жидкость, подчиняющаяся теплопроводности Фурье. Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости. Уравнение состояния в случае сжимаемой жидкости. Сводное уравнение гидромеханики: закон сохранения массы, закон изменения количества движения, закон изменения момента количества движения, закон баланса энергии. Система уравнений идеальной нетеплопроводной жидкости. Формулировка краевых и начальных условий для определения стационарных и нестационарных течений идеальной нетеплопроводной жидкости. (5 часов).

## **Раздел 4. Система уравнений гидромеханики вязкой теплопроводной жидкости и постановка задач для нее. Обобщенные одномерные движения. Пластина в сверхзвуковом потоке газа**

Общая система уравнений гидромеханики ньютоновской жидкости. Система уравнений однородной несжимаемой вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Постановка задачи об определении течений вязкой теплопроводной жидкости. (стационарные и нестационарные течения). Движение несжимаемой жидкости в трубе переменного сечения. Движение сжимаемой жидкости в трубе переменного сечения. Сопло Лаваля. (5 часов).

### **Содержание практических занятий**

#### Тема 1.

1.1. Показать, что при однородной деформации точки жидкости, лежащие на плоскости или на прямой, остаются после деформации соответственно на некоторой плоскости или на прямой.

1.2. Выяснить значение  $\epsilon_{11}$ , считая, что все прочие компоненты тензора скоростей деформации равны нулю.

1.3. Показать, что при однородной деформации направления главных осей деформации для любой точки жидкости будут одинаковы.

1.4. Найти главные оси тензора скоростей деформаций.

#### Тема 2.

2.1. Масса жидкости движется так, что каждая частица описывает окружность, перпендикулярную к постоянной оси и с центром на ней. Показать, что уравнение неразрывности имеет вид:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho\omega)}{\partial \theta} = 0,$$

где  $\omega$  – угловая скорость  $\dot{\theta}$  для частицы, положение которой определяется цилиндрическими координатами  $r, \theta, z$ .

2.2. Каждая частица жидкости движется в плоскости, проходящей через ось  $z$ . Показать, что уравнение неразрывности имеет вид:

$$r \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v_r r)}{\partial r} + r \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} = 0 \quad (\text{система координат – цилиндрическая}).$$

2.3. Траектории частиц расположены на сferах, касающихся плоскости  $Oxy$  в начале координат. Получить уравнение неразрывности

$$r \sin \theta \frac{\partial \rho}{\partial t} + \sin \theta \frac{\partial(\rho v_\theta)}{\partial \theta} + \frac{\partial(\rho v_\psi)}{\partial \psi} + \rho v_\theta (1 + 2 \cos \theta) = 0.$$

#### Тема 3.

3.1. Скорости частиц жидкости пропорциональны расстояниям частиц от оси  $Ox$  и параллельны последней, так что  $v_1 = c \sqrt{x_2^2 + x_3^2}$ ,  $v_2 = v_3$ . Определить поле вихрей (вихревые линии есть окружности  $x_2^2 + x_3^2 = const$ ,  $x_1 = const$ ).  $rot \vec{v} = \vec{c}$ .

3.2. Выразить градиент скалярной функции  $\varphi$  в криволинейных триортогональных координатах.

3.3. Найти выражения для вихря и расхождения некоторого вектора  $\vec{a}$  в криволинейных триортогональных координатах.

Тема 4.

4.1. Газ движется при постоянной температуре по прямолинейной трубке постоянного сечения. При отсутствии силы тяжести, составить дифференциальное уравнение, которому удовлетворяет скорость  $\vec{v}$ , считая, что она во всех точках одного и того же поперечного сечения в момент  $t$  одинакова и направлена вдоль трубы.

4.2. Доказать, что при взрыве мины под водой, взрывное давление изменяется обратно пропорционально расстоянию от точки взрыва.

Тема 5.

5.1. Однородное тело плотности  $\rho$ , имеющее форму параболоида вращения  $x^2 + y^2 = 2az$ , усеченного плоскостью, перпендикулярной к оси в расстоянии  $h$  от вершины, плавает на поверхности однородной жидкости  $\rho$  так, что ось параболоида вертикальна и вершина обращена вниз. Определить глубину  $z$  погружения вершины.

5.2. Определить поверхность сечений для трехгранной однородной призмы, плавающей так, что ребра призмы остаются горизонтальными.

Тема 6.

6.1. Доказать, что в движении, определяемом формулами

$$v_1 = -kx_2, \quad v_2 = kx_1, \quad v_3 = \sqrt{\Phi(x_3) - 2k^2(x_1^2 + x_2^2)},$$

вихрь имеет то же направление, что и вектор скорости.

6.2. Показать, что если силы, действующие на жидкость, имеют потенциал  $V$ , плотность есть функция давления  $H = P + \frac{1}{2}V^2 + V = f(t)$ , то вихревые линии совпадают с линиями тока.

Тема 7. Постановка и решение (в квазистатической постановке) задачи устойчивости пластин в сверхзвуковом потоке газа.

Тема 8. Постановка и решение задачи устойчивости относительного равновесия пластины в сверхзвуковом поле.

Тема 9. Течение Хагена-Пуазейля в трубе.

## 5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

При реализации различных видов учебной работы (лекции, практические занятия, самостоятельная работа) используются следующие современные образовательные технологии:

- лекционно-семинарско-зачетная система обучения;
- информационно-коммуникационные технологии;
- проектные методы обучения;
- исследовательские методы в обучении;

- проблемное обучение.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу студентов и руководство этой работой со стороны преподавателей. Формы контроля: проверка решения практических задач, устный опрос по темам курса.

В учебном процессе при реализации компетентностного подхода используются активные и интерактивные формы проведения занятий: метод проектов, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм, учебные групповые дискуссии.

При обучении лиц с ограниченными возможностями и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды:

- технологии дифференциации и индивидуального обучения;
- применение соответствующих методик по работе с инвалидами;
- использование средств дистанционного общения;
- проведение дополнительных индивидуальных консультаций по изучаемым теоретическим дисциплинам и практическим занятиям;
- оказание помощи при подготовке к промежуточной и итоговой аттестации, а также разработка отдельного аудио курса данной дисциплины; с упором на тщательное проговаривание необходимых формул.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Гидро- и аэроупругость»**

**Самостоятельная внеаудиторная работа** студентов проводится в форме изучения и анализа лекционного материала, изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе, подбора дополнительных источников для извлечения научно-технической информации, связанной с проблемами, изучаемыми в рамках данной дисциплины и решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях, подготовки к промежуточной аттестации.

**Самостоятельная аудиторная работа** студентов проводится в форме самостоятельного решения задач на практических занятиях с дальнейшим их разбором и обсуждением; проведения проверочных работ; поиска решений проблемных ситуаций, предложенных на лекциях и практических занятиях; поиска и устранения ошибок, заложенных в представлении материала преподавателем и допущенных другими студентами.

**Текущий контроль** усвоения дисциплины «Гидро- и аэроупругость» проводится в виде устного опроса по контрольным вопросам курса и контрольной работы по теме: «Системы уравнений гидромеханики идеальной нетеплопроводной жидкости и постановка задачи для нее».

Примерные варианты контрольной работы и контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации содержатся в фонде оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС**

**Таблица 1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
2	16	0	16	16	0	12	40	100

### **Программа оценивания учебной деятельности студента**

#### **2 семестр**

##### Лекции

Посещаемость, участие в обсуждении проблемных ситуаций, участие в дискуссиях и др. за один семестр – от 0 до 16 баллов.

##### Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

##### Практические занятия

Посещаемость, активность (ответы с места, работа у доски), самостоятельное решение задач в аудитории оценивается от 0 до 16 баллов (каждое занятие – 0-1 балл).

##### Самостоятельная работа

Выполнение домашних заданий оценивается от 0 до 16 баллов (каждое домашнее задание – 0-1 балл).

##### Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

##### Другие виды учебной деятельности

Выполнение контрольной работы по теме «Системы уравнений гидромеханики идеальной нетеплопроводной жидкости и постановка задачи для нее». Максимально возможная сумма баллов, которые может получить студент за выполнение контрольной работы составляет 12 баллов.

##### Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация студентов проводится в виде теоретического зачета. При проведении промежуточной аттестации:

ответ на «зачтено» оценивается от 15 до 40 баллов;

ответ на «не зачтено» оценивается от 0 до 14 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по дисциплине «Гидро- и аэроупругость» составляет 100 баллов.

**Таблица 2. Перерасчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Гидро- и аэроупругость» в оценку**

65 баллов и более	«зачтено»
от 0 до 64 баллов	«не зачтено»

**8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Гидро- и аэроупругость»**

*a) литература:*

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Москва "Наука", Главная редакция физико-математической литературы. 1978. 733 с.
2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. Изд-во "Наука", М., 1969. 742 с.

*2003-8400 V67*

*V308*

*V425*



## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Гидро- и аэроупругость»**

Для проведения занятий по дисциплине «Гидро- и аэроупругость», предусмотренной учебным планом ООП, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

- мультимедийная лекционная аудитория, оснащенная тремя мультимедийными проекторами с возможностью подключения к Wi-Fi, документ-камерой, маркерными досками для демонстрации учебного материала, автоматизированным рабочим местом преподавателя, включающим в себя аудиосистему поддержки речи, систему управления аудио и видео выводом;
- специализированные классы, предназначенные для проведения практических занятий;
- специализированные компьютерные классы с подключенным к ним периферийным устройством и оборудованием;
- аппаратурное и программное обеспечение (и соответствующие методические материалы) для проведения практических занятий по дисциплине;
- современное лицензионное программное обеспечение.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 01.04.03–Механика и математическое моделирование и профилю подготовки «Механика деформируемого твердого тела».

Автор: И.В. Папкова, д.ф.-м.н., профессор кафедры математической теории упругости и биомеханики механико-математического факультета СГУ.

Программа одобрена на заседании кафедры математической теории упругости и биомеханики от 10.10.2024 года, протокол № 5.