

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Факультет компьютерных систем и информационных технологий

Кафедра прикладной математики

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета компьютерных  
систем и информационных технологий  
Кочевский А.А.



19 » апреля 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Компьютерное моделирование кавитации»

По направлению подготовки 01.04.03 Механика и математическое моделирование

Магистерская программа: «Компьютерная аэрогидродинамика»

Луганск – 2023 г.

## Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Компьютерное моделирование кавитации» по направлению подготовки 01.04.03 Механика и математическое моделирование. – с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Компьютерное моделирование кавитации» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.04.03 Механика и математическое моделирование утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от «10» января 2018 года № 14.

### СОСТАВИТЕЛЬ:

канд. техн. наук, доцент Мальцев Я.И.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры прикладной математики «18» апреля 2023 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой прикладной математики \_\_\_\_\_  В.В.Мальцев

Переутверждена: « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Переутверждена: « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных систем и информационных технологий «19» апреля 2023 г., протокол № 8.

Председатель учебно-методической комиссии факультета компьютерных систем и информационных технологий \_\_\_\_\_  Н.Н. Вострова.

© Мальцев Я.И., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

*Цель* изучения дисциплины – изучение и практическое освоение методов исследования линейных и нелинейных задач теории струй и кавитации.

*Задачи:* Познакомить студентов с современными проблемами кавитационного обтекания подводных крыльев и гребных винтов, задачи глиссирования, проблемы учета силы тяжести и поверхностного натяжения. Изучаются математические вопросы постановок линейных и нелинейных задач, способы сведения к системам нелинейных интегральных уравнений, методы дискретизации этих уравнений и их решения на ЭВМ.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Компьютерное моделирование кавитации» входит в обязательную часть учебного плана по направлению подготовки 01.04.03 Механика и математическое моделирование.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин предыдущего уровня подготовки.

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Студенты, завершившие изучение дисциплины «Компьютерное моделирование кавитации», должны:

*знать* классификацию моделей систем и процессов, их виды и виды моделирования; принципы и методологию функционального, имитационного и математического моделирования систем и процессов; методы построения моделирующих алгоритмов; методы построения математических моделей, их упрощения, технические и программные средства моделирования;

*уметь* реализовывать простые алгоритмы имитационного моделирования; работать с каким-либо из основных типов программных систем, предназначенных для математического и имитационного моделирования; планировать модельный эксперимент и обрабатывать его результаты на персональном компьютере; оценивать точность и достоверность результатов моделирования; использовать основные методы построения математических моделей процессов, систем, их элементов и систем управления;

*владеть* навыками формулировки задач математического и имитационного моделирования; навыками разработки математических моделей; навыками работы с программной системой для математического и имитационного моделирования.

Перечисленные результаты образования являются основой для формирования следующих компетенций (*в соответствии с государственными образовательными стандартами ВО и требованиями к результатам освоения основной образовательной программы (ООП):*

***общепрофессиональных:***

ОПК-2 способен разрабатывать и применять новые методы математического моделирования в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности;

**профессиональных компетенций:**

ПК-1 способен проводить научные исследования и получать новые научные и/или прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Очно-заочная форма
<b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>	<b>180</b> (5 зач. ед)	<b>180</b> (5 зач. ед)
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b> <b>в том числе:</b>	<b>64</b>	<b>26</b>
Лекции	32	16
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	32	10
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i> )	-	-
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>116</b>	<b>154</b>
Форма аттестации	зачет	зачет

##### 4.2. Содержание разделов дисциплины

###### **Тема 1. Применение теоремы об изменении количества движений к задачам теории струй.**

Натекание струи на стенку. Формула сопротивления для струйного обтекания клина. Сила набегающей струи, действующая на плоскую стенку, формулы для расходов. Полное решение задачи о натекании струи на плоскую стенку.

###### **Тема 2. Обтекание криволинейных препятствий.**

Метод Леви-Чивиты. Параметризация Леви-Чивиты. Краевая задача для аналитической функции в параметрической плоскости. Вторая часть метода Леви-Чивиты (представление искомой функции в виде ряда). Условия гладкого отрыва Бриллюена-Вилла

###### **Тема 3. Формулы Леви-Чивиты для сил, действующих на криволинейное препятствие.**

Асимптотическое поведение струй на бесконечности. Формула Чаплыгина.

#### Тема 4. Аналог теоремы Кутта-Жуковского при обтекании.

#### Тема 5. Обратная задача кавитационного обтекания гидропрофиля.

Условия согласования. Общее решение обратной задачи кавитационного обтекания гидропрофиля. Метод вычисления интеграла сингулярного интеграла.

#### Тема 6. Явление кавитации.

Первое условие Бриллюена. Теорема о вогнутости стенок каверны. Парадокс Бриллюена. Обзор кавитационных схем. Обтекание пластины по схеме Эфроса. Формулы для силы. Основные уравнения. Обтекание пластины по схеме Тулина-Терентьева.

#### 4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Очно- заочная форма
1	Тема 1. Формула сопротивления для струйного обтекания клина. Сила набегающей струи, действующая на плоскую стенку, формулы для расходов. Полное решение задачи о натекании струи на плоскую стенку.	6	2
2	Тема 2. Параметризация Леви-Чивиты. Краевая задача для аналитической функции в параметрической плоскости. Вторая часть метода Леви-Чивиты (представление искомой функции в виде ряда). Условия гладкого отрыва Бриллюена-Вилла	6	2
3	Тема 3. Асимптотическое поведение струй на бесконечности. Формула Чаплыгина.	6	2
4	Тема 4. Аналог теоремы Кутта-Жуковского при обтекании профиля с отрывом струй	6	2
5	Тема 5. Условия согласования. Общее решение обратной задачи кавитационного обтекания гидропрофиля. Метод вычисления интеграла сингулярного интеграла.	4	4
6	Тема 6. Первое условие Бриллюена. Теорема о вогнутости стенок каверны. Парадокс Бриллюена. Обзор кавитационных схем. Обтекание пластины по схеме Эфроса. Формулы для силы. Основные уравнения. Обтекание пластины по схеме Тулина-Терентьева.	4	4
<b>Итого:</b>		<b>32</b>	<b>16</b>

#### 4.4. Практические занятия

	Название темы	Объем часов
--	---------------	-------------

№ п/п		Очная форма	Очно-заочная форма
1	Горизонтальный удар вертикальной пластинки, полностью погруженной в несжимаемую жидкость	12	4
2	Горизонтальный удар вертикальной пластинки при наличии вертикальной стенки	10	4
3	Вертикальный удар горизонтальной пластинки, погруженной в слой несжимаемой жидкости	10	2
<b>Итого:</b>		<b>32</b>	<b>10</b>

#### 4.5. Лабораторные работы

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Очно-заочная форма
1	Применение теоремы об изменении количества движений к задачам теории струй	Поиск, анализ, структурирование и изучение информации по темам, написание реферата	14	18
2	Обтекание криволинейных препятствий		14	18
3	Формулы Леви-Чивиты для сил, действующих на криволинейное препятствие		14	18
5	Аналог теоремы Кутта-Жуковского при обтекании		14	20
6	Обратная задача кавитационного обтекания гидропрофиля		14	20
7	Явление кавитации		14	20
8	Подготовка к практическим занятиям №1-3		Проработка пройденного учебного материала по конспектам, учебной литературе	18
9	Подготовка к аттестации	Проработка пройденного учебного материала по конспектам, учебной литературе	-	4
<b>Итого:</b>			<b>116</b>	<b>154</b>

**4.7. Курсовые проекты.** Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

## **5. Образовательные технологии**

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

- технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

- технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

- технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

- технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

- технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования

- технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и

(или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

## **6. Формы контроля освоения дисциплины**

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором или преподавателем, ведущим практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- комбинированный контроль;
- реферат;
- решение задач.

Фонды оценочных средств, включающие типовые индивидуальные задания, контрольные работы, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Форма аттестации по результатам освоения дисциплины проходит в форме письменного экзамена, включающего теоретические вопросы, защита курсовой работы. В случае неполного, спорного или некорректного выполнения задания письменного экзамена, допускается уточняющий устный опрос студента, на основании которого возможна корректировка оценки результатов промежуточной аттестации. Допуск к промежуточной аттестации производится на основании результатов текущего контроля, а именно отсутствию задолженностей по всем видам текущего контроля. Студенты, выполнившие 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по шкале, приведенной в таблице.

Шкала оценивания	Характеристика знания предмета и ответов
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.

удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.

## 7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

### а) основная литература:

1. Лабунцов Д.А., Механика двухфазных систем : учебное пособие для вузов / Д.А. Лабунцов, В.В. Ягов - М. : Издательский дом МЭИ, 2016. - ISBN 978-5-383-00964-2 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009642.html>
2. Зуйков А.Л., Гидравлика: в 2 т. Т. 1. Основы механики жидкости : учебник / А.Л. Зуйков - М. : Издательство МИСИ - МГСУ, 2017. - 519 с. - ISBN 978-5-7264-1664-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785726416649.html>

### б) дополнительная литература:

1. Шестаков С.Д., Технология и оборудование для обработки пищевых сред с использованием кавитационной дезинтеграции : учебное пособие / С.Д. Шестаков, О.Н. Красуля, В.И. Богуш, И.Ю. Потороко - СПб. : ГИОРД, 2013. - 152 с. - ISBN 978-5-98879-160-7 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785988791607.html>

### в) методические указания:

1. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Компьютерное моделирование кавитации» для студентов направления 01.04.03 Механика и математическое моделирование / Сост.: Мальцев Я.И. Луганск, ЛНУ им. В. Даля, 2015. – 16 с.

### в) Интернет-ресурсы:

1. Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>
2. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>
3. Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

4. Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
5. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
6. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
7. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

#### **Электронные библиотечные системы и ресурсы**

9. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
10. Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

#### **Информационный ресурс библиотеки образовательной организации**

11. Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Освоение дисциплины «Аэрогидромеханика» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Лекционные занятия: аудитория, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Практические занятия: аудитория, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

<b>Функциональное назначение</b>	<b>Бесплатное программное обеспечение</b>	<b>Ссылки</b>
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	<a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>
Операционная система	UBUNTU 19.04	<a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>
Браузер	Firefox Mozilla	<a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>
Браузер	Opera	<a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>

Файл-менеджер	Far Manager	<a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>
Архиватор	7Zip	<a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>
Редактор PDF	PDFCreator	<a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	<a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a> <a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a> <a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a>

Паспорт  
фонда оценочных средств по учебной дисциплине  
«Компьютерное моделирование кавитации»  
Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в  
результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п / п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-2	способен разрабатывать и применять новые методы математического моделирования в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности	Тема 1. Применение теоремы об изменении количества движений к задачам теории струй. Натекание струи на стенку. Тема 3. Формулы Леви-Чивиты для сил, действующих на криволинейное препятствие. Тема 6. Явление кавитации.	3
2	ПК-1	способен проводить научные исследования и получать новые научные и/или прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива	Тема 2. Обтекание криволинейных препятствий. Метод Леви-Чивиты. Тема 4. Аналог теоремы Кутта-Жуковского при обтекании. Тема 5. Обратная задача кавитационного обтекания гидропрофиля.	3

**Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания**

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Показатель оценивания (знания, умения, навыки)	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	ОПК-2	<i>Знать достоинства и недостатки применения конкретных методов для решения поставленных прикладных задач, аргументированно обосновывая критерии оценки и сравнения методов</i> <i>Совершенствует существующие методы при решении конкретных прикладных задач, аргументированно обосновывая критерии, по которым проводились изменения и</i>	Тема 1, Тема 3, Тема 6	Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретического материала, задания по практическим занятиям, рефераты

		<i>сравнение методов Владеть навыками реализации новых методов при решении конкретных прикладных задач в сфере своей профессиональной деятельности</i>		
2	ПК-1	<i>Знать подходы и методы решения исследовательских задач в составе научного коллектива Уметь самостоятельно решать исследовательские задачи в рамках выполнения научных исследований с получением новых научных и/или прикладных результатов Владеть навыками объективно оценивать результаты исследований и разработок, полученные им или другими специалистами</i>	Тема 2, Тема 4, Тема 5	Вопросы для комбинированно го контроля усвоения теоретического материала, задания по практическим занятиям, рефераты

**Фонды оценочных средств по дисциплине  
«Компьютерное моделирование кавитации»**

**Вопросы для комбинированного контроля усвоения  
теоретического материала (устно или письменно):**

1. Применение теоремы об изменении количества движений к задачам теории струй.
2. Формула сопротивления для струйного обтекания клина.
3. Сила набегающей струи, действующая на плоскую стенку, формулы для расходов. Полное решение задачи о натекании струи на плоскую стенку.
4. Обтекание криволинейных препятствий.
5. Параметризация Леви-Чивиты.
6. Краевая задача для аналитической функции в параметрической плоскости.
7. Вторая часть метода Леви-Чивиты (представление искомой функции в виде ряда).
8. Условия гладкого отрыва Бриллюена-Вилла
9. Формулы Леви-Чивиты для сил, действующих на криволинейное препятствие.
10. Асимптотическое поведение струй на бесконечности. Формула Чаплыгина.

11. Аналог теоремы Кутта-Жуковского при обтекании профиля с отрывом струй
12. Постановка обратной задача кавитационного обтекания гидропрофиля.
13. Условия согласования. Общее решение обратной задачи кавитационного обтекания гидропрофиля.
14. Метод вычисления интеграла сингулярного интеграла.
15. Явление кавитации. Первое условие Бриллюена.
16. Теорема о вогнутости стенок каверны.
17. Парадокс Бриллюена.
18. Обзор кавитационных схем. Обтекание пластины по схеме Эфроса.
19. Формулы для силы. Основные уравнения. Обтекание пластины по схеме Тулина-Герентьева.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –  
*комбинированный контроль усвоения теоретического материала*

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Ответ дан на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Ответ дан на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

**Тематика практических занятий:**

1. Решение задач на горизонтальный удар вертикальной пластинки, полностью погруженной в несжимаемую жидкость
2. Решение задач на горизонтальный удар вертикальной пластинки при наличии вертикальной стенки
3. Решение задач на вертикальный удар горизонтальной пластинки, погруженной в слой несжимаемой жидкости

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –

*задания по практическим занятиям*

Шкала оценивания	Критерий оценивания
------------------	---------------------

(интервал баллов)	
5	Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

### Темы рефератов:

1. Применение теоремы об изменении количества движений к задачам теории струй.
2. Формула сопротивления для струйного обтекания клина.
3. Сила набегающей струи, действующая на плоскую стенку, формулы для расходов.
4. Полное решение задачи о натекании струи на плоскую стенку.
5. Обтекание криволинейных препятствий.
6. Параметризация Леви-Чивиты.
7. Краевая задача для аналитической функции в параметрической плоскости.
8. Вторая часть метода Леви-Чивиты (представление искомой функции в виде ряда).
9. Условия гладкого отрыва Бриллиуена-Вилла
10. Формулы Леви-Чивиты для сил, действующих на криволинейное препятствие.
11. Асимптотическое поведение струй на бесконечности. Формула Чаплыгина.
12. Аналог теоремы Кутта-Жуковского при обтекании профиля с отрывом струй.
13. Постановка обратной задача кавитационного обтекания гидропрофиля.
14. Условия согласования. Общее решение обратной задачи кавитационного обтекания гидропрофиля.
15. Метод вычисления интеграла сингулярного интеграла.
16. Явление кавитации. Первое условие Бриллиуена.
17. Теорема о вогнутости стенок каверны.

18. Парадокс Бриллиуэна.
19. Обзор кавитационных схем. Обтекание пластины по схеме Эфроса.
20. Обтекание пластины по схеме Тулина-Терентьева.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – *реферат*

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Реферат представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.). Оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ.
4	Реферат представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.). В оформлении допущены некоторые неточности в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ.
3	Реферат представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.). В оформлении допущены ошибки в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ.
2	Реферат представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

**Вопросы к экзамену:**

1. Применение теоремы об изменении количества движений к задачам теории струй. Формула сопротивления для струйного обтекания клина.
2. Применение теоремы об изменении количества движений к задачам теории струй. Сила набегающей струи, действующая на плоскую стенку, формулы для расходов.
3. Полное решение задачи о натекании струи на плоскую стенку.
4. Обтекание криволинейных препятствий. Параметризация Леви-Чивиты. Краевая задача для аналитической функции  $(t)$  в параметрической плоскости. Вторая часть метода Леви-Чивиты.
5. Условия гладкого отрыва Бриллиуэна-Вилла.
6. Формулы Леви-Чивиты для сил, действующих на криволинейное препятствие.
7. Асимптотическое поведение струй на бесконечности. Формула Чаплыгина.

8. Аналог теоремы Кутта-Жуковского при обтекании профиля с отрывом струй (формула Маклакова для подъемной силы).

9. Аналог теоремы Кутта-Жуковского при обтекании профиля с отрывом струй (формула Маклакова для сопротивления).

10. Постановка обратной задачи кавитационного обтекания гидропрофиля. Условия согласования.

11. Общее решение обратной задачи кавитационного обтекания гидропрофиля.

12. Метод вычисления интеграла типа Коши по отрезку

13. Явление кавитации. Первое условие Бриллюена. Теорема о вогнутости стенок каверны. Парадокс Бриллюена. Обзор кавитационных схем.

14. Обтекание пластины по схеме Эфроса. Формулы для силы.

15. Обтекание пластины по схеме Эфроса. Основные уравнения.

16. Обтекание пластины по схеме Тулина-Герентьева

#### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – экзамен

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

## Форма листа изменений и дополнений, внесенных в ФОС

### Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)