

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.

» апрель 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Динамика вязкой жидкости»

По направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое
моделирование

Профиль: «Механика деформируемых тел и сред»

Луганск – 2023 г.

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Динамика вязкой жидкости» по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование. — с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Динамика вязкой жидкости» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от «10» января 2018 года № 10.

СОСТАВИТЕЛЬ:

докт. техн. наук, профессор Сёмин Д. А.

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

Заведующий кафедрой прикладной математики _____  В.В.Малый

Переутверждена: «___» _____ 20__ г., протокол № _____

Переутверждена: «___» _____ 20__ года, протокол № _____

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных систем и информационных технологий «___» _____ 20__ г., протокол № _____.

Председатель учебно-методической комиссии факультета компьютерных систем и информационных технологий _____  Н.Н. Ветрова.

© Сёмин Д. А., 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 – овладение методологией и приобретение практических навыков применения фундаментальных теорем и законов механики жидкости и газа при решении теоретических и прикладных задач гидро- и газодинамики.

Задачи: изучение и усвоение основных теорем и законов механики жидкости и газа, их математической формулировки, методологии постановки и решения теоретических и инженерных задач.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО.

Дисциплина «Динамика вязкой жидкости» входит в обязательную часть профессионального блока дисциплин, направления подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знания основных теорем и законов механики применительно к реальным жидкостям и газам, их математическую форму записи;

умения применять законы механики вязкой жидкости и газа для решения теоретических задач;

навыки методологии постановки и решения задач гидродинамики реальной жидкости и газа.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: «Математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Аэрогидромеханика», является теоретическим фундаментом для освоения обязательных дисциплин профессионального цикла направления подготовки 01.03.03 «Механика и математическое моделирование» по профилю подготовки «Механика деформируемых тел и сред».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-3. Способен использовать методы физического моделирования и современное экспериментальное оборудование в профессиональной деятельности	ОПК-3.1. Знать современное испытательное оборудование в области механики твёрдых тел или жидкостей.	Знать: основные теоремы и законы механики применительно к реальным жидкостям и газам, их математическую форму записи;
	ОПК - 3.2. Уметь использовать математические модели для описания механических свойств материалов и сред.	Уметь: применять законы механики вязкой жидкости и газа для решения задач гидродинамики;

	ОПК - 3.3. Владеть навыками физического моделирования в области механики твёрдых тел или жидкостей.	Владеть: методологией постановки, навыками математического и физического моделирования для решения задач гидродинамики реальной жидкости и газа.
--	---	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	180 (5,0 зач. ед)	180 (5,0 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	84	40
Лекции	42	20
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	42	20
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	36	9
Другие формы и методы организации образовательного процесса	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	60	131
Итоговая аттестация	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 8.

Тема 1. Общие уравнения динамики вязкой жидкости.

Свойство напряжений в движущейся вязкой жидкости. Уравнения динамики вязкой жидкости в напряжениях. Обобщение гипотезы Ньютона о нормальных и касательных напряжениях в вязкой жидкости на случай пространственного течения. Дифференциальные уравнения движения жидкости Навье-Стокса. Гидродинамическое подобие потоков. Критерии подобия.

Тема 2. Турбулентные течения. Уравнения осредненного турбулентного движения жидкости - уравнения Рейнольдса. Дополнительные касательные и нормальные напряжения.

Тема 3. Гипотезы турбулентности.

Алгебраические модели турбулентности. Дифференциальные модели турбулентности «k-ε», «k-ω», SST модель Ментера.

Тема 4. Теория пограничного слоя.

Особенности течения вязкой жидкости при больших рейнольдсовых числах. Понятия пограничного слоя. Условные толщины пограничного слоя. Дифференциальные уравнения Прандтля для ламинарного пограничного слоя. Интегральное соотношение Кармана для пограничного слоя.

Дифференциальные уравнения для пограничного слоя в условных толщинах. Общее дифференциальное уравнение для ламинарного и турбулентного пограничных слоев. Отрыв пограничного слоя. Методы управления пограничным слоем.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
	Семестр 8-й		
1	<i>Тема 1. Общие уравнения динамики вязкой жидкости.</i> Свойства напряжений в движущейся вязкой жидкости.	2	2
2	Уравнения динамики вязкой жидкости в напряжениях.	2	2
3	Обобщение гипотезы Ньютона о нормальных и касательных напряжениях в вязкой жидкости на случай пространственного течения.	2	2
4	Дифференциальные уравнения движения жидкости Навье-Стокса.	4	2
5	Гидродинамическое подобие потоков. Критерии подобия	2	2
6	<i>Тема 2. Турбулентные течения.</i> Уравнения осредненного турбулентного движения жидкости - уравнения Рейнольдса. Дополнительные касательные и нормальные напряжения.	8	2
7	<i>Тема 3. Гипотезы турбулентности.</i> Алгебраические модели турбулентности. Дифференциальные модели турбулентности «k-ε», «k-ω», SST модель Ментера.	8	1
8	<i>Тема 4. Теория пограничного слоя.</i> Особенности течения вязкой жидкости при больших рейнольдсовых числах. Понятия пограничного слоя.	2	1
9	Условные толщины пограничного слоя.	2	1
10	Дифференциальные уравнения Прандтля для ламинарного пограничного слоя.	2	1
11	Интегральное соотношение Кармана для пограничного слоя.	2	1
12	Дифференциальные уравнения для пограничного слоя в условных толщинах.	2	1
13	Общее дифференциальное уравнение для ламинарного и турбулентного пограничных слоев.	2	1
14	Отрыв пограничного слоя. Методы управления пограничным слоем.	2	1
Итого:		42	20

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
	Семестр 8-й		
1	Расчет кинематических и гидродинамических параметров при обтекании цилиндра с циркуляцией, методом суперпозиции потенциальных течений.	8	4
2	Постановка задачи обтекания цилиндра потоком вязкой жидкости в среде OpenFOAM	10	4
3	Расчет скоростей и давлений на поверхности цилиндра, обтекаемого вязким потоком. Определение подъемной силы.	6	4
4	Расчет пограничного слоя на поверхности цилиндра.	4	2
5	Пограничный слой в отрывных течениях. Дорожка Кармана в следе обтекания цилиндра.	4	2
6	Отрыв пограничного слоя от поверхности цилиндра.	6	2
7	Условные толщины пограничного слоя.	4	2
Итого:		42	20

4.5. Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Решение задач на сложение потенциал- ных потоков	Поиск, анализ, структурирование и изучение ин- формации по те- мам. Работа с конспектом лек- ций. Подготовка к практическим занятиям, лабора- торным работам и к экзамену.	10	31
2	Постановка задачи обтекания тел потоком вязкой жидкости		20	40
3	Постановка задачи численного моделирования в среде пакета прикладных программ Open- FOAM		20	40
4	Решение задач теории погранич- ного слоя.		10	20
Итого:			60	131

4.7. Курсовые проекты/ работы/индивидуальные задания. Учебным планом предусмотрено выполнение курсовой работы на тему «Обтекание крылового профиля Н.Е. Жуковского вязкой несжимаемой жидкостью».

Структура курсовой работы:

1. Анализ исходных данных.
2. Построение крылового профиля Н.Е. Жуковского методом конформных преобразований.
3. Постановка задачи обтекания крылового профиля в пакете OpenFOAM.
4. Анализ результатов кинематики и гидродинамики течения.
5. Расчёт подъёмной силы.

5. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины «Динамика вязкой жидкости» используются следующие образовательные технологии:

Традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов;

Информационные технологии: использование электронных образовательных ресурсов, конспектов, методических указаний в электронной форме;

Технологии проблемного обучения в рамках разбора проблемных ситуаций;

Работа в команде: совместная работа студентов в группе на практических занятиях и при выполнении курсовой работы.

Форма организации обучения Методы	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа студента
Работа в команде		+	
Игра	+	+	
Методы проблемного обучения	+		+
Обучение на основе опыта	+	+	
Опережающая самостоятельная работа	+	+	+
Поисковый метод			+

6. Формы контроля освоения дисциплины

По данному курсу предусматриваются следующие формы контроля знаний:

- текущий контроль (самоконтроль);
- промежуточный контроль;
- итоговый контроль.

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

Комбинированный контроль (устный или письменный) усвоения теоретического материала и содержания практических занятий.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы контроля, позволяющие оценить результаты обучающихся по данной дисциплине, помещаются в УМКД.

Итоговый контроль по результатам освоения дисциплины проходит в форме письменного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы

и решение задач). Студенты, выполнившие 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25% на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

Национальная шкала	Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
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.	зачтено
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 четкие 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.	

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

а) основная литература:

1. Андрижьевский А.А., Механика жидкости и газа : учеб.пособие / А.А. Андрижьевский - Минск : Выш. шк., 2014. - 206 с. - ISBN 978-985-06-2509-0 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850625090>. html.

2. Куповых Г.В., Основы гидромеханики: учебное пособие / Куповых Г. В. - Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2018. - 143 с. - ISBN 978-5-9275-2920-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927529209>. html.

3. Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Е. Зарянкин - М. : Издательский дом МЭИ, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009031>.html

4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Изд-во Дрофа, 2003.- 846с.

б) дополнительная литература:

1. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика.- М.: Машиностроение, 1988.- 634 с.
2. Приходько О. А. Технічна аерогідромеханіка: навч. посібник / О. А. Приходько, Д. О. Сьомін. - Луганськ : Вид-во СЛУ ім. В. Даля, 2002. - 170 с.
3. Сёмин Д.А. Математическое введение в механику жидкости и газа: учеб. пособие /Д.А. Сёмин. – Луганск :Изд-во ВЛУ им. В. Даля, 2008. – 127 с.
4. Фабрикант Н.Я. Аэродинамика. - М.: Наука, 1964. - 816 с.

в) методические указания

Методические указания к практическим занятиям по курсу «Механика жидкости и газа» для студентов по направлению подготовки «Энергетическое машиностроение». / Сост. Сёмин Д.А., Левашов А.Н. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В.Даля. 2015 – 16 с.

Методические указания к самостоятельной работе по курсу «Механика жидкости и газа» для студентов по направлению подготовки «Энергетическое машиностроение». / Сост. Сёмин Д.А., Левашов А.Н. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В.Даля. 2015 – 24 с.

г) интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

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

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

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

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются презентационная техника (проектор, экран, ноутбук), наборы слайдов (либо раздаточный материал в бумажном виде) или кинофильмов; демонстрационные приборы и лабораторные стенды кафедры «Гидрогазодинамика».

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	FirefoxMozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	MozillaThunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	FarManager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

9. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Динамика вязкой жидкости»

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
Начальный	ОПК-3. Способен использовать методы физического моделирования и современное экспериментальное оборудование в	Пороговый	Знать: основные теоремы и законы механики применительно к реальным жидкостям и газам, их математическую форму записи;

Основной	профессиональной деятельности	Базовый	Уметь: применять законы механики вязкой жидкости и газа для решения задач гидродинамики;
Заключительный		Высокий	Владеть: методологией постановки, навыками математического и физического моделирования для решения задач гидродинамики реальной жидкости и газа.

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п / п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-3	Способен использовать методы физического моделирования и современное экспериментальное оборудование в профессиональной деятельности	Тема 1. Общие уравнения динамики вязкой жидкости.	8
			Тема 2. Турбулентные течения.	8
			Тема 3. Гипотезы турбулентности.	8
			Тема 4. Теория пограничного слоя.	8

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
-------	-----------------	-----------------------------------	---	--	----------------------------------

1.	ОПК-3. Способен использовать методы физического моделирования и современное экспериментальное оборудование в профессиональной деятельности	ОПК-3.1. Знать современное испытательное оборудование в области механики твёрдых тел или жидкостей	Знать: Знать современное испытательное оборудование в области механики жидкостей Уметь: использовать современное испытательное оборудование в области механики жидкостей Владеть: методами использования современного испытательного оборудования в области механики жидкостей	Тема 1. Тема 2. Тема 3. Тема 4.	Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретического материала, задания по практическим занятиям, рефераты, вопросы к экзамену.
		ОПК-3.2. Уметь использовать математические модели для описания механических свойств материалов и сред	Знать: математические модели для описания механических свойств материалов и сред. Уметь: использовать математические модели для описания механических свойств материалов и сред. Владеть: методами использования математических моделей для описания механических свойств материалов и сред.	Тема 1. Тема 2. Тема 3. Тема 4.	Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретического материала, задания по практическим занятиям, рефераты, вопросы к экзамену.
		ОПК-3.3. Владеть навыками физического моделирования в области механики твёрдых тел или жидкостей	Знать: критерии физического моделирования течения жидкостей. Уметь: использовать математические модели для физического моделирования течений жидких сред. Владеть: навыками применения методов физического моделирования течений жидкостей.	Тема 1. Тема 2. Тема 3. Тема 4.	Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретического материала, задания по практическим занятиям, рефераты, вопросы к экзамену.

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

Тема 1. Общие уравнения динамики вязкой жидкости.

Свойство напряжений в движущейся вязкой жидкости. Уравнения динамики вязкой жидкости в напряжениях. Обобщение гипотезы Ньютона о нормальных и касательных напряжениях в вязкой жидкости на случай пространственного

течения. Дифференциальные уравнения движения жидкости Навье-Стокса. Гидродинамическое подобие потоков. Критерии подобия.

Тема 2. Турбулентные течения. Уравнения осредненного турбулентного движения жидкости - уравнения Рейнольдса. Дополнительные касательные и нормальные напряжения.

Тема 3. Гипотезы турбулентности.

Алгебраические модели турбулентности. Дифференциальные модели турбулентности «k-ε», «k-ω», SST модель Ментера.

Тема 4. Теория пограничного слоя.

Особенности течения вязкой жидкости при больших рейнольдсовых числах. Понятия пограничного слоя. Условные толщины пограничного слоя. Дифференциальные уравнения Прандтля для ламинарного пограничного слоя. Интегральное соотношение Кармана для пограничного слоя. Дифференциальные уравнения для пограничного слоя в условных толщинах. Общее дифференциальное уравнение для ламинарного и турбулентного пограничных слоев. Отрыв пограничного слоя. Методы управления пограничным слоем.

**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.)

Задания по практическим занятиям:

1. Решение задач на сложение потенциальных потоков.
2. Постановка задачи обтекания тел потоком вязкой жидкости.
3. Постановка задачи численного моделирования в среде пакета прикладных программ OpenFOAM.
4. Решение задач теории пограничного слоя.

**Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –
задания по практическим занятиям**

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
---------------------------------------	---------------------

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.)

Тема и задание курсовой работы:

Тема: «Обтекание крылового профиля Н.Е. Жуковского вязкой несжимаемой жидкостью».

Задание курсовой работы состоит в расчете кинематики и гидродинамики обтекания заданного крылового профиля Н.Е. Жуковского несжимаемой жидкостью с использованием современных цифровых технологий.

Структура курсовой работы:

1. Анализ исходных данных.
2. Построение крылового профиля Н.Е. Жуковского методом конформных преобразований.
3. Постановка задачи обтекания крылового профиля в пакете OpenFOAM.
4. Анализ результатов кинематики и гидродинамики течения.
5. Расчёт подъёмной силы.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – курсовая работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	В курсовой работе содержание соответствует заявленной теме; в полном объеме раскрыты вопросы теоретической и практической части работы; отсутствуют ошибки, неточности, несоответствия в изложении разделов; сделаны верные выводы; высокое качество оформления; представление курсовой работы в указанные сроки; уверенная защита.
4	В курсовой работе содержание соответствует заявленной теме; наличие небольших неточностей в изложении теоретического или практического разделов; верные выводы; хорошее качество оформления; представление курсовой работы в указанные сроки.
3	В курсовой работе содержание соответствует заявленной теме; недостаточно полно раскрыты вопросы теоретической или практической части; наличие ошибок и неточностей в изложении теоретического или практического разделов; недостаточно глубокий анализ результатов; небрежное оформление; представление курсовой работы в поздние сроки; ошибки и неточности в ходе защиты.
2	В курсовой работе содержание не соответствует заявленной теме; не раскрыты вопросы теоретической или практической

	части; наличие грубых ошибок в изложении теоретического или практического разделов; отсутствие анализа результатов; низкое качество оформления; представление в поздние сроки; грубые ошибки в ходе защиты.
--	---

Вопросы к экзамену:

Раздел 1. Уравнения динамики вязкой жидкости.

1. Свойство напряжений в движущейся вязкой жидкости.
2. Уравнения динамики вязкой жидкости в напряжениях.
3. Обобщение гипотезы Ньютона о нормальных и касательных напряжениях в вязкой жидкости на случай пространственного течения.
4. Уравнения Навье-Стокса динамики вязкой жидкости.
5. Основные предположения и допущения.
6. Уравнения Рейнольдса для осредненного турбулентного движения жидкости - Reynolds Averaged Navier-Stokes – RANS.
7. Дополнительные касательные и нормальные напряжения.

Раздел 2. Гипотезы турбулентности.

8. Общая характеристика существующих подходов.
9. Алгебраические модели турбулентности –ARSM:
 - 9.1. Буссинеска,
 - 9.2. Прандтля,
 - 9.3. Кармана,
 - 9.4. Тейлора.
10. Дифференциальные модели турбулентности:
 - 10.1. Модели с одним дифференциальным уравнением.
 - 10.2. Модель Спаларта-Аллмареса (SA).
 - 10.3. Модель Секундова ν_t -92.
11. Модели с двумя дифференциальными уравнениями:
 - 11.1. Гипотеза Колмогорова-Прандтля.
 - 11.2. Модели типа k- ϵ . Модели типа k- ω .
 - 11.3. Модель Ментера Shear Stress Transport - SST.
12. Подходы к решению уравнений турбулентных течений.
 - 12.1. Уравнения осредненного турбулентного движения жидкости - уравнения Рейнольдса - Reynolds Averaged Navier-Stokes –RANS.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – экзамен

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
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