

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Бугульминский филиал федерального государственного бюджетного
 образовательного учреждения высшего образования
 «Казанский национальный исследовательский технологический университет»
 (БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
 Директор БФ ФГБОУ ВО
 «КНИТУ»
 Г.М. Рахимова
 « 08 » 09 / 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине **Б1.В.ДВ.04.01 «Вычислительная гидромеханика»**

Направление подготовки **15.03.02 «Технологические машины и оборудование»**

Профиль подготовки **«Оборудование нефтегазопереработки»**

Квалификация выпускника **БАКАЛАВР**

Форма обучения **очная/заочная**

Кафедра - разработчик рабочей программы **Технологические машины и оборудование**

Курс, семестр очная форма **4 курс, 8 семестр**
 Курс, семестр заочная форма **4 курс, 8 семестр**

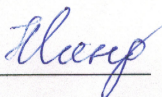
	Часы (очная форма обучения)	Зачетные единицы	Часы (заочная форма обучения)	Зачетные единицы
Лекции	11	0,3	6	0,2
Практические занятия	44	1,2	8	0,2
Семинарские занятия	-	-	-	-
Лабораторные занятия	-	-	-	-
Самостоятельная работа	161	4,5	198	5,5
Форма аттестации	зачет с оценкой		зачет с оценкой -4	0,1
Всего	216	6	216	6

Бугульма, 2020 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации №1170 от 20 октября 2015г.) по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» для профиля «Оборудование нефтегазопереработки», на основании учебного плана набора обучающихся 2020 года.

Разработчик программы:

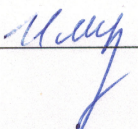
Доцент



Н.И.Миндиярова

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры технологические машины и оборудование протокол от 01.09.2020 г. № 1

Зав. кафедрой, доцент

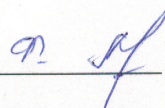


И.А. Мутугуллина

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии филиала, реализующего подготовку образовательной программы от 01.09 2020 г. № 2

Председатель комиссии, доцент



Ф.К. Ахмедзянова

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Вычислительная гидромеханика» являются

а) ознакомление студентов с современными методами, применяемыми в расчете механики сплошных сред;

б) обучение практическому использованию методов расчета механики сплошных сред и применением данных методов с использованием программных вычислительных комплексов;

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Вычислительная гидромеханика» относится к *вариативной* части ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Вычислительная гидромеханика» *бакалавр по* направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

а) Б1.Б.14 «Физика»

б) Б1.Б.19 «Теоретическая механика»;

в) Б1.Б.20 «Сопротивление материалов»;

г) Б1.Б.26 «Гидравлика»;

д) Б1.В.05 «Теплообмен»,

Дисциплина «Вычислительная гидромеханика» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

а) Б1.В.ДВ. 04.02 «Компьютерное моделирование в механике жидкости и газа»

Знания, полученные при изучении дисциплины «Вычислительная гидромеханика» могут быть использованы при прохождении *Учебной практики (практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности), Преддипломной практики и выполнении и защите выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.*

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

(ПК-2) умением моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов.

(ПК-4) способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности;

(ПК-6) способностью разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать:

а) современные методы расчета механики сплошных сред.

2) Уметь:

а). применять на практике современные методы расчета механики сплошных сред.

3) Владеть:

а) практическим применением методов расчета механики сплошных сред.

4. Структура и содержание дисциплины «Вычислительная гидромеханика»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов, (таблица 1а – очная форма, таблица 1б – заочная форма).

Таблица 1а

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные	СРС	
1	Основные уравнения гидро/газодинамики	8	2	-	8	31	Защита лабораторных работ
2	Методы исследований в вычислительной гидромеханике	8	4	-	18	65	Защита лабораторных работ
3	Турбулентные течения	8	5	-	18	65	Защита лабораторных работ
ИТОГО			11		44	161	
Форма аттестации							<i>Зачет</i>

Таблица 16

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные	СРС	
1	Основные уравнения гидро/газодинамики	9	1	-	2	38	Защита лабораторных работ
2	Методы исследований в вычислительной гидромеханике	9	2	-	3	80	Защита лабораторных работ
3	Турбулентные течения	9	3	-	3	80	Защита лабораторных работ
ИТОГО			6		8	198	
Форма аттестации							Зачет (4ч.)

5. Содержание лекционных занятий по темам (таблица 2а – очная форма, таблица 2б – заочная форма).

Таблица 2а

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Основные уравнения гидро/газодинамики	2	Основы кинематики и динамики механики жидкости и газа	Формулировка уравнения неразрывности (закон сохранения массы), уравнения сохранения импульса, уравнения сохранения энергии	ПК-2, ПК-4, ПК-6
2	Методы исследований в вычислительной гидромеханике	2	Построение численной модели изучаемого процесса	Метод конечных разностей (МКР), классификация разностных схем, явные и неявные схемы, метод конечных объемов (МКО), метод конечных элементов (МКЭ)	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		2	Решение задач методом конечных разностей	Решение одномерной и двумерной задач. Различия между МКР и МКО	ПК-2, ПК-4, ПК-6
3	Турбулентные течения	5	Расчет турбулентных течений	Модель Spalart-Allmaras, ее поправки, k-ε модель (стандартная, ренормализационная, реализованная), турбулентная модель k-ω, модель Рейнольдсовых напряжений «RSM»	ПК-2, ПК-4, ПК-6

Таблица 26

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Основные уравнения гидро/газодинамики	1	Основы кинематики и динамики механики жидкости и газа	Формулировка уравнения неразрывности (закон сохранения массы), уравнения сохранения импульса, уравнения сохранения энергии	ПК-2, ПК-4, ПК-6
2	Методы исследований в вычислительной гидромеханике	1	Построение численной модели изучаемого процесса	Метод конечных разностей (МКР), классификация разностных схем, явные и неявные схемы, метод конечных объемов (МКО), метод конечных элементов (МКЭ)	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		1	Решение задач методом конечных разностей	Решение одномерной и двумерной задач. Различия между МКР и МКО	ПК-2, ПК-4, ПК-6
3	Турбулентные течения	3	Расчет турбулентных течений	Модель Spalart-Allmaras, ее поправки, k-ε модель (стандартная, ренормализационная, реализованная), турбулентная модель k-ω, модель Рейнольдсовых напряжений «RSM»	ПК-2, ПК-4, ПК-6

6. Содержание практических занятий

Не предусмотрены учебным планом

7. **Содержание лабораторных занятий** (таблица 3 а – очная форма, таблица 3 б – заочная форма)

Цель проведения лабораторных занятий – приобретение опыта прикладных исследований в области основных видов механики жидкости и газов, (таблица 3а – очная форма, таблица 3б – заочная форма).

Таблица 3а

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Основные уравнения гидро/газодинамики	2	Уравнение неразрывности	Изучение уравнения неразрывности (закон сохранения в гидродинамике) и	ПК-2, ПК-4, ПК-6

	амики			уравнения Навье-Стокса в интегральной и дифференциальной форме.	
		3	Уравнение сохранения импульса	Изучение сохранения импульса в идеальной несжимаемой жидкости и с учетом вязкости.	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		3	Уравнение сохранения энергии	Вывод уравнения сохранения энергии когда диссипация отсутствует	ПК-2, ПК-4, ПК-6
2	Методы исследований в вычислительной гидромеханике	3	Основные понятия метода конечных разностей	Формулирование задач в декартовой системе координат в области, границы которой совпадают с координатными линиями. Преимущества метода конечных разностей.	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		3	Метод конечных объемов	Получение консервативных разностных схем, т. е. схем, для которых выполняются сеточные аналоги законов сохранения.	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		3	Метод конечных элементов	Исследование аппроксимирования непрерывной величины дискретной моделью, построенной на множестве кусочно-непрерывных функций.	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		3	Устойчивость, согласованность и сходимость конечно-разностных систем	Проверка на согласованность (разложение узловых значений в ряд Тейлора в окрестности единственной точки). Исследование устойчивости разностных схем.	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		3	Решение одномерной задачи методом конечных разностей	Получение с помощью конечно-разностной дискретизации системы алгебраических уравнений, приведенных к матричной форме. Граничные условия Дирихле и Неймана.	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		3	Решение двумерной задачи методом конечных разностей	Применение уравнения Лапласа для решения двумерной задачи	ПК-2, ПК-4, ПК-6
3	Турбулентные течения	3	Основы моделирования турбулентности	Изучение низкорейнольдсовых моделей турбулентности. Характерные области турбулентного пограничного слоя. Пристеночные функции.	ПК-2, ПК-4, ПК-6

		3	Модель Spalart-Allmaras	Изучение модели Spalart-Allmaras, методики построения модели, области применения и поправок, расширяющих эту область,	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		3	Стандартная k-ε модель	Изучение связи между напряжениями по Рейнольдсу и параметрами осредненного тока, принятие допущений (турбулентная вязкость).	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		3	Ренормализационная k-ε модель	Изучение условий получения ренормализационной k-ε модели, улучшений этой модели	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		3	Реализованная k-ε модель	Изучение отличий реализованной k-ε модели от стандартной, новой формулы для определения турбулентной вязкости.	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		3	Модель Рейнольдсовых напряжений «RSM»	Изучение учета направленных эффектов напряжений Рейнольдса и сложных взаимодействий в турбулентных потоках.	ПК-2, ПК-4, ПК-6

Таблица 36

№ п/п	Раздел дисциплины	Ча сы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Основные уравнения гидро/газодинамики	0,5	Уравнение неразрывности	Изучение уравнения неразрывности (закон сохранения в гидродинамике) и уравнения Навье-Стокса в интегральной и дифференциальной форме.	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		0,5	Уравнение сохранения импульса	Изучение сохранения импульса в идеальной несжимаемой жидкости и с учетом вязкости.	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		0,5	Уравнение сохранения энергии	Вывод уравнения сохранения энергии когда диссипация отсутствует	ПК-2, ПК-4, ПК-6
2	Методы исследований в вычислительной гидромеханике	0,5	Основные понятия метода конечных разностей	Формулирование задач в декартовой системе координат в области, границы которой совпадают с координатными линиями. Преимущества метода конечных разностей.	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		0,5	Метод конечных объемов	Получение консервативных разностных схем, т. е. схем, для которых выполняются	ПК-2, ПК-4, ПК-6

				сеточные аналоги законов сохранения.	
		0,5	Метод конечных элементов	Исследование аппроксимирования непрерывной величины дискретной моделью, построенной на множестве кусочно-непрерывных функций.	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		0,5	Устойчивость, согласованность и сходимости конечно-разностных систем	Проверка на согласованность (разложение узловых значений в ряд Тейлора в окрестности единственной точки). Исследование устойчивости разностных схем.	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		0,5	Решение одномерной задачи методом конечных разностей	Получение с помощью конечно-разностной дискретизации системы алгебраических уравнений, приведенных к матричной форме. Граничные условия Дирихле и Неймана.	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		0,5	Решение двумерной задачи методом конечных разностей	Применение уравнения Лапласа для решения двумерной задачи	ПК-2, ПК-4, ПК-6
3	Турбулентные течения	0,5	Основы моделирования турбулентности	Изучение низкорейнольдсовых моделей турбулентности. Характерные области турбулентного пограничного слоя. Пристеночные функции.	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		0,5	Модель Spalart-Allmaras	Изучение модели Spalart-Allmaras, методики построения модели, области применения и поправок, расширяющих эту область,	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		0,5	Стандартная k-ε модель	Изучение связи между напряжениями по Рейнольдсу и параметрами осредненного тока, принятие допущений (турбулентная вязкость).	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		0,5	Ренормализационная k-ε модель	Изучение условий получения ренормализационной k-ε модели, улучшений этой модели	ПК-2, ПК-4, ПК-6
		0,5	Реализованная k-ε модель	Изучение отличий реализованной k-ε модели от стандартной, новой формулы для определения турбулентной вязкости.	ПК-2, ПК-4, ПК-6

		1	Модель Рейнольдсовых напряжений «RSM»	Изучение учета направленных эффектов напряжений Рейнольдса и сложных взаимодействий в турбулентных потоках.	ПК-2, ПК-4, ПК-6
--	--	---	---------------------------------------	---	------------------------

Лабораторные работы проводятся в помещении учебной лаборатории (К, 325) кафедры ТМО с использованием специального лабораторного оборудования.

8. Самостоятельная работа бакалавра (таблица 4а – очная форма, таблица 4б – заочная форма).

Таблица 4а

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Основные уравнения гидро/газодинамики	31	Проработка материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета	ПК-2, ПК-4, ПК-6
2	Методы исследований в вычислительной гидромеханике	65	Проработка материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета	ПК-2, ПК-4, ПК-6
3	Турбулентные течения	65	Проработка материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета	ПК-2, ПК-4, ПК-6

Таблица 4б

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Основные уравнения гидро/газодинамики	38	Проработка материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета	ПК-2, ПК-4, ПК-6
2	Методы исследований в вычислительной гидромеханике	80	Проработка материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета	ПК-2, ПК-4, ПК-6
3	Турбулентные течения	80	Проработка материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка отчета	ПК-2, ПК-4, ПК-6

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Вычислительная гидромеханика» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы определяются их сложностью. 8-ой семестр завершается проставлением зачета с оценкой и

соответствующего ему числа баллов до зачета (36÷60), на зачете (24÷40), общее число баллов (60÷73-удовл., 74÷86- хор., 87÷100-отл). Оценка каждого вида работы приведена в таблице.

При изучении дисциплины предусматривается зачет, выполнение лабораторных работ. За эти контрольные точки студент может получить минимальное и максимальное количество баллов (см. таблицу).

Оценочные средства	Кол-во	Min, баллов	Max, баллов
Лабораторная работа	15	26	40
Собеседование	1	10	20
Зачет с оценкой		24	40
Итого		60	100

10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

10.1 Основная литература

При изучении дисциплины «Вычислительная гидромеханика» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Янилкин, Ю. В. Математическое моделирование турбулентного перемешивания : курс лекций : в 2 т. Том 1 / Ю. В. Янилкин, В. П. Стаценко, В. И. Козлов. - 2-е изд., испр. и доп. - Саров : РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2019. - 358 с. - ISBN 978-5-9515-0421-0.	ЭБС ZNANIUM.COM https://znanium.com/catalog/product/1230821 Доступ из любой точки Интернет после регистрации с компьютеров БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
2. Разин, А. Н. Моделирование турбулентного перемешивания в газовых слоях : монография / А. Н. Разин. - Саров : РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2020. - 290 с. - ISBN 978-5-9515-0434-0.	ЭБС ZNANIUM.COM https://znanium.com/catalog/product/1230847 Доступ из любой точки Интернет после регистрации с компьютеров БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
3. Гусев, А. А. Механика жидкости и газа: учебник для академического бакалавриата / А. А. Гусев. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Издательство Юрайт, 2016. - 232 с. - (Серия: Бакалавр. Академический курс). - ISBN 978-5-534-05485-9.	Электронная библиотека «Юрайт». http:// www.biblio-online.ru/book/EF2AFE91-A1BD-4566-9C59-DC60266518B5 . Доступ из любой точки Интернет после регистрации с компьютеров БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
4. В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, А. Г. Коваленко, И. В. Кудинов ; под редакцией В. А. Кудинова. Гидравлика : учебник и практикум для академического бакалавриата /. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 386 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-01120-3.	Электронная библиотека «Юрайт». [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/432989 . — ISBN 978-5-534-01120-3. Доступ из любой точки Интернет после регистрации с компьютеров БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»

10.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Маковкин, Г.А. Применение МКЭ к решению задач механики деформируемого твердого тела : учебное пособие / Г.А. Маковкин, С.Ю. Лихачева ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ). – Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ), 2012. – Ч. 1. – 72 с.	ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427425 Доступ из любой точки Интернет после регистрации с компьютеров БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
2. Калекин, В. С. Гидравлика и теплотехника : учебное пособие для вузов / В. С. Калекин, С. Н. Михайлец. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 318 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11738-7.	Электронная библиотека «Юрайт». URL: https://urait.ru/bcode/457000 Доступ из любой точки Интернет после регистрации с компьютеров БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»

10.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Вычислительная гидромеханика» использование электронных источников информации:

1. Российская государственная библиотека – Режим доступа: www.rsl.ru
2. Научная библиотека МГУ им. М.В. Ломоносова – Режим доступа: www.nbmggu.ru
3. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
4. Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ft.kstu.ru/ft/>
5. Электронная библиотека «Юрайт» - Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>
6. Электронная библиотека Znanium.com - Режим доступа: <https://znanium.com/>
7. Электронный ресурс «Физическая энциклопедия» - режим доступа: http://femto.com.ua/articles/part_2/4051.html

Согласовано:

Библиотекарь

А.Г. Латыпова

11. Оценочные средства для определения результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для реализации учебного процесса по дисциплине «Вычислительная гидромеханика» требуется следующее материально-техническое обеспечение:

Наименование раздела (темы) дисциплины	Наименование учебной лаборатории, аудитории, класса	Перечень лабораторного оборудования, специализированной мебели и технических средств обучения
1-9	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа (К, 104)	- мультимедийный проектор; - персональный компьютер; - настенный экран; - акустические колонки; - учебные столы, стулья; - доска передвижная; - стол преподавателя.
	Лаборатория моделирования химико-технологических процессов (К, 325)	- учебные столы, стулья; - доска; - стол преподавателя; - компьютерные столы, стулья; - персональные компьютеры (11 шт.); - локальная вычислительная сеть; - мультимедиа-проектор; экран настенный; сборочные единицы (краны, вентили); - штангенциркуль.
	Помещение для самостоятельной работы (К, 214)	- персональный компьютер; - стол компьютерный; - учебные столы, стулья.

13. Образовательные технологии

1. Лекции. Наряду с традиционными видами лекционных занятий, также используются лекция-визуализация (с использованием различных форм наглядности: презентации по дисциплине, мультимедиа, рисунки, фото, схемы и таблицы); лекция-консультация (осуществляемая в формате «вопросы – ответы»).

2. Лабораторные занятия.

3. При организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: самообучение (индивидуальная и групповая самостоятельная работа – изучение базовой и дополнительной литературы, подготовка к практическим занятиям).

Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине «Вычислительная гидромеханика» пересмотрена на заседании кафедры ТМО

№ п/п	Дата переутверждения РП (протокол заседания кафедры №__ от ____ 20__)	Наличие изменений	Наличие изменений в списке литературы	Подпись разработчика РП	Подпись заведующего кафедрой	Подпись начальника УМО