



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)
ПЕРЕДОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ПРОМХИМТЕХ
(ПИШ «ПРОМХИМТЕХ»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор, председатель учебно-методической комиссии
ИДПО ФГБОУ ВО «КНИТУ»



Ю.Н. Зиятдинова
2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ПИШ «ПРОМХИМТЕХ»



Р.В. Палей
2025 г.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

*«Методы вычислительной гидродинамики. Моделирование
физических и химических процессов: расширенный курс»
(40 акад. часов)*

Лицензия ФГБОУ ВО «КНИТУ» серия 90Л01, № 0009203, рег. №2165 от
27.05.2016

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии
ИДПО ФГБОУ ВО «КНИТУ» (протокол от 16 июля 2025 г. № 3)

Секретарь учебно-методической комиссии
ИДПО ФГБОУ ВО «КНИТУ»

У.А. Казакова

Казань, 2025 г.

Цели обучения:	Совершенствование имеющихся и получение новых компетенций, необходимых для профессиональной деятельности специалистов нефтехимической области, формирование знаний о принципах моделирования физических и химических процессов с использованием методов вычислительной гидродинамики (CFD) в специализированных программных пакетах, включая освоение навыков создания корректных моделей, интерпретации результатов расчетов и оптимизации параметров процессов.
Планируемые результаты обучения	<u>знать:</u> – гидродинамические и макрокинетические характеристики аппаратов химических производств, методы их математического описания, а также перспективы развития технологий с использованием современных цифровых инструментов; – методы внедрения и контроля результатов исследований, связанных с гидродинамикой, макрокинетикой и математическим моделированием; <u>уметь:</u> – оценивать и оптимизировать параметры технологических режимов работы аппаратов химических производств, снижая потребление энергии и ресурсов, систематизировать и анализировать данные, полученные в ходе научных исследований и экспериментов, с применением современных программных продуктов; – проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, направленные на изучение и оптимизацию режимов работы аппаратов химических производств, включая моделирование гидродинамики и макрокинетики, а также оформлять результаты исследований с использованием современных программных пакетов; <u>владеть:</u> – навыками разработки мероприятий по масштабированию и оптимизации процессов в аппаратах химических производств, проведения научных исследований и экспериментов для внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий, а также использования новых информационных технологий и программных продуктов для повышения эффективности работы оборудования; – навыками анализа и внедрения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на улучшение характеристик аппаратов химических производств, а также применения нормативной документации для обеспечения соответствия разработанных решений современным требованиям.
Формируемые компетенции:	– готовность обеспечивать моделирование и оптимизацию гидродинамических процессов в промышленном оборудовании с использованием современных методов

	вычислительной гидродинамики (CFD) для совершенствования технологии производства и повышения его эффективности. – готовность внедрять передовые программные средства и методы параметризации моделей, обеспечивающие создание корректных и надежных гидродинамических расчетов, а также интерпретацию их результатов для оптимизации технологических процессов. – способность определять параметры сложных гидродинамических систем, включая протекание многофазных и реакционноспособных сред, а также выбор адекватного аппаратного и программного обеспечения для их моделирования и управления. – способность анализировать и интерпретировать комплексные результаты гидродинамического моделирования сложных физических и химических процессов, протекающих в промышленном оборудовании, включая многофазные течения, тепло- и массообмен, кинетику реакций и влияние конструктивных особенностей.
Соответствие профессиональным стандартам	Программа составлена с учетом профстандартов: «Специалист по химической переработке нефти, газа и химического сырья» от 23.09.2024 № 490н, «Специалист по проектированию и моделированию полимерных изделий» от 19.04.2021 № 258н, «Специалист по проектированию технологических комплексов термического производства» от 14.09.2022 № 540н и с учетом ФГОС ВО по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология от 07.08.2020 №922.
Соответствие квалификационным требованиям	Программа составлена с учетом «Квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и других служащих» (утв. Постановлением Минтруда России от 21.08.1998 N 37) (ред. от 27.03.2018). Программа составлена с учетом приказа Минздравсоцразвития РФ от 11.01.2011 N 1н «Об утверждении Единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих», раздел «Квалификационные характеристики должностей руководителей и специалистов высшего профессионального и дополнительного профессионального образования».
Категория слушателей	Руководители и специалисты предприятий, работники образовательных организаций высшего образования.
Срок обучения	40 акад. часов. Занятия проводятся по мере комплектования групп.
Форма обучения	Заочная, с использованием дистанционных образовательных технологий и/или электронного обучения.

Календарный учебный график

Образовательный процесс по программе может осуществляться в течение всего учебного года. Занятия проводятся по мере комплектования групп.

Таблица 1

График обучения	Ауд. часов в день	Дней в неделю	Общая продолжительность программы (дней, недель, месяцев)
Форма обучения			
заочная	4	2	5 недель

Учебный план

Таблица 2.

№	Наименование дисциплины/модуля	ОТ час.	Аудиторные/ занятия, час.		СРС с ДОТ час	СРС без ДОТ час	Форма контроля
			Лк	ПЗ, СЗ, ЛЗ			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Модуль 1. Вычислительная гидродинамика. Базовый Курс: решение типовых задач гидродинамики, массо- и теплообмена.	20	5	12	3		Кейс-метод
2	Модуль 2. Продвинутое элементы вычислительной гидродинамики.	20	4	13	3		Кейс-метод
	Практики (стажировки) (если предусмотрено)	-					
	Итоговая аттестация						Тестирование
	Итого	40	9	25	6	-	

* ОТ – общая трудоемкость, Лк – лекции, ПЗ – практические занятия, СЗ – семинарские занятия, ЛЗ – лабораторные занятия, ДОТ – дистанционные образовательные технологии, СРС – самостоятельная работа слушателя

Содержание учебных дисциплин (модулей)

Таблица 3.

№ п/п	Наименование тем	Содержание обучения по темам, наименование и тематика лабораторных (практических и/или семинарских) занятий, самостоятельной работы слушателя и используемых образовательных технологий
1	Модуль 1. Вычислительная гидродинамика. Базовый Курс: решение типовых задач гидродинамики, массо- и теплообмена.	Моделирование ламинарного течения. Основы работы в CFD-программных пакетах. Методы моделирования обтекания цилиндра и клина. Способы задания сеточной структуры и ее адаптация под расчетные условия. Моделирование теплопереноса, включая вынужденную и естественную конвекцию. Моделирование перемешивания нереагирующих веществ и постановка химических реакций. Моделирование свободной поверхности в гетерофазных системах. Решение комплексных задач гидродинамического моделирования.
2	Модуль 2. Продвинутое элементы вычислительной гидродинамики.	Моделирование дисперсных сред. Сопряженный теплообмен, включая моделирование теплообмена через стенку. Моделирование вращающихся элементов оборудования: ротор и статор. Моделирование емкостных аппаратов с различными параметрами перемешивающих устройств. Моделирование емкостных аппаратов с учетом протекания химической реакции. Моделирование химических реакций в проточном реакторе. Решение комплексных задач гидродинамического моделирования.
Практические и/или семинарские занятия		Основы проведения гидродинамических расчетов и параметризации моделей на примере ламинарного течения. Настройка программы и адаптация расчетной сетки для моделирования сложных течений и турбулентного обтекания объектов. Моделирование теплопереноса: вынужденная, естественная конвекция и сопряженный теплообмен через стенку. Моделирование многофазных систем, включая взаимодействие фаз, испарение и горение частиц в Эйлеровом представлении. Моделирование химических реакций в одной фазе (в проточных и емкостных реакторах). Моделирование вращающихся элементов (ротор/статор) и перемешивающих устройств различной геометрии. Комплексное моделирование емкостных аппаратов с перемешиванием, учетом химических реакций, массо- и теплообмена.
Лабораторные занятия		Не предусмотрены
Самостоятельная работа слушателя		Освоение теоретического материала. Самостоятельная проработка практических задач вычислительной

	гидродинамики. Решение индивидуальных задач моделирования.
Используемые образовательные технологии	Интерактивная форма с использованием мультимедийного обеспечения. Электронные презентации. Другое

Требования к промежуточной и итоговой аттестации

Итоговая аттестация проводится в форме тестирования.

Лицам, успешно освоившим программу повышения квалификации и прошедшим итоговую аттестацию, выдается удостоверение о повышении квалификации.

Организационно-педагогические условия реализации ДПП

Материально-техническое обеспечение

Лекционные занятия проводятся в дистанционной форме и/или в аудитории, оснащенной средствами мультимедийного сопровождения.

Практические занятия проводятся в дистанционной форме и/или в помещении компьютерного класса с использованием персональных компьютеров.

Обучение проводится с использованием электронной обучающей среды Moodle.

Учебно-методическое обеспечение программы

Основная литература

1. Жидков, А. В. Вычислительная гидродинамика. математические модели жидкостей и газов: учебно-методическое пособие / А.В. Жидков, А.К. Любимов. — Нижний Новгород; ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2021. — 42 с.
2. Покровский, В. В. Механика. Методы решения задач: учебное пособие / В.В. Покровский. — 4-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2020. — 256 с.
3. Козлов, В. С. Механика жидкости и газ: учебное пособие: в 2 частях / В.С. Козлов, С.В. Котельникова. — Красноярск: СибГУ им. академика М.Ф. Решетнёва, 2022 — Часть 1: Гидромеханика — 2022. — 246 с.
4. Андрижиевский, А.А. Механика жидкости и газа: учебное пособие / А.А. Андрижиевский. — Минск: Вышэйшая школа, 2014. — 208 с.
5. Павловский, В.А. Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы: учебное пособие для вузов / В.А. Павловский, Д.В. Никущенко. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 368 с.
6. Гешев, П.И. Гидродинамика: учебник для вузов / П.И. Гешев. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 173 с.
7. Александров, Д.В. Прикладная гидродинамика: учебник для вузов / Д.В. Александров, А.Ю. Зубарев, Л.Ю. Исакова. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 109 с.

Дополнительная литература

1. Хайбуллин, А.А. Кинетика и катализ в химической технологии: учебное пособие / А.А. Хайбуллин. — Уфа: УГНТУ, 2020. — 187 с.
2. Громов, П.Б. Процессы и аппараты химической технологии. Краткий курс: учебное пособие / П.Б. Громов. — Мурманск: МАУ, 2017. — 222 с.

3. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс: учебник: в 2 книгах / В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов [и др.]; под редакцией В.Г. Айнштейна. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022 — Книга 1: Книга 1 — 2022. — 916 с.
4. Разинов, А.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие / А.И. Разинов, А.В. Клинов, Г.С. Дьяконов. — Казань: КНИТУ, 2017. — 860 с.
5. Игнатенков, В.И. Химические процессы и реакторы: учебник для вузов / В.И. Игнатенков. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 117 с.

Условия функционирования электронной информационно-образовательной среды:

1. Доступ к системе электронной поддержки учебных курсов на базе программного обеспечения Moodle со встроенной подсистемой тестирования: <https://e-idpo.kstu.ru/course/view.php?id=1311>.
2. Доступ к основной и дополнительной литературе в системе ЭБС Лань (доступ ВУЗов, имеющих подписку): <https://e.lanbook.com/>.
3. Доступ к основной и дополнительной литературе в системе ЮРАЙТ (доступ ВУЗов, имеющих подписку): <https://urait.ru/>.

Кадровое обеспечение программы

Таблица 4.

№ п/п	Наименование дисциплин (модулей), разделов (тем, элементов и т.д.)	Фамилия, имя, отчество, год рождения	Ученая степень, ученое звание	Педагогический стаж	Основное место работы, должность	Место работы и должность по совместительству (если есть)
1	Тема 1.1 Лекция «Моделирование ламинарного течения. Основы работы в CFD-программном пакете.»	Анисимова Виктория Ивановна, 21.09.1976	к.х.н.	13 л. 1 мес.	ФГБОУ ВО КНИТУ кафедра ОХТ, доцент	-
2	Тема 1.1 Практическое занятие «Моделирование ламинарного течения. Основы работы в CFD-программном пакете.»	Улитин Николай Викторович, 18.08.1985	д.х.н., профессор	14 л. 8 мес.	ФГБОУ ВО «КНИТУ», кафедра ОХТ, заведующий кафедрой	-
3	Тема 1.2 Лекция «Моделирование обтекания	Терещенко Константин	д.х.н., доцент	11 л. 4 мес.	ФГБОУ ВО «КНИТУ», кафедра	-

	цилиндра и клина. Способ задания сетки и ее адаптации под условия расчета»	Алексеевич, 31.01.1990			ОХТ, профессор	
4	Тема 1.2 Практическое занятие «Моделирование обтекания цилиндра и клина. Способ задания сетки и ее адаптации под условия расчета»	Родионов Илья Сергеевич, 25.03.2000	нет	2 л. 6 мес.	ФГБОУ ВО КНИТУ кафедра ОХТ, ассистент	-
5	Тема 1.3 Практическое занятие «Моделирование переноса тепла: вынужденная и естественная конвекции»	Родионов Илья Сергеевич, 25.03.2000	нет	2 л. 6 мес.	ФГБОУ ВО КНИТУ кафедра ОХТ, ассистент	-
6	Тема 1.4 Лекция «Перемешивание нереагирующих веществ. Задание химических реакций»	Анисимова Виктория Ивановна, 21.09.1976	к.х.н.	13 л. 1 мес.	ФГБОУ ВО КНИТУ кафедра ОХТ, доцент	-
7	Тема 1.4 Практическое занятие «Перемешивание нереагирующих веществ. Задание химических реакций»	Улитин Николай Викторович, 18.08.1985	д.х.н., профессор	14 л. 8 мес.	ФГБОУ ВО «КНИТУ», кафедра ОХТ, заведующий кафедрой	-
8	Тема 1.5 Практическое занятие «Моделирование свободной поверхности (гетерофазных систем)»	Улитин Николай Викторович, 18.08.1985	д.х.н., профессор	14 л. 8 мес.	ФГБОУ ВО «КНИТУ», кафедра ОХТ, заведующий кафедрой	-
9	Тема 2.1 Лекция «Моделирование дисперсных сред»	Терещенко Константин	д.х.н., доцент	11 л. 4 мес.	ФГБОУ ВО «КНИТУ», кафедра	-

		Алексеевич, 31.01.1990			ОХТ, профессор	
10	Тема 2.1 Практическое занятие «Моделирование дисперсных сред»	Терещенко Константин Алексеевич, 31.01.1990	д.х.н., доцент	11 л. 4 мес.	ФГБОУ ВО «КНИТУ», кафедра ОХТ, профессор	-
11	Тема 2.2 Практическое занятие «Сопряженный теплообмен: моделирование теплообмена через стенку»	Улитин Николай Викторович, 18.08.1985	д.х.н., професс ор	14 л. 8 мес.	ФГБОУ ВО «КНИТУ», кафедра ОХТ, заведующи й кафедрой	-
12	Тема 2.3 Практическое занятие «Моделирование вращающихся элементов оборудования: ротор и статор»	Улитин Николай Викторович, 18.08.1985	д.х.н., професс ор	14 л. 8 мес.	ФГБОУ ВО «КНИТУ», кафедра ОХТ, заведующи й кафедрой	-
13	Тема 2.4 Лекция «Моделирование емкостных аппаратов с различными параметрами перемешивающего устройства»	Терещенко Константин Алексеевич, 31.01.1990	д.х.н., доцент	11 л. 4 мес.	ФГБОУ ВО «КНИТУ», кафедра ОХТ, профессор	-
14	Тема 2.4 Практическое занятие «Моделирование емкостных аппаратов с различными параметрами перемешивающего устройства»	Терещенко Константин Алексеевич, 31.01.1990	д.х.н., доцент	11 л. 4 мес.	ФГБОУ ВО «КНИТУ», кафедра ОХТ, профессор	-
15	Тема 2.5 Лекция «Моделирование емкостных аппаратов с учетом протекающей химической реакции»	Терещенко Константин Алексеевич, 31.01.1990	д.х.н., доцент	11 л. 4 мес.	ФГБОУ ВО «КНИТУ», кафедра ОХТ, профессор	-

16	Тема 2.5 Практическое занятие «Моделирование емкостных аппаратов с учетом протекающей химической реакции»	Родионов Илья Сергеевич, 25.03.2000	нет	2 л. 6 мес.	ФГБОУ ВО КНИТУ кафедра ОХТ, ассистент	-
17	Тема 2.6 Лекция «Моделирование химических реакций в проточном реакторе»	Анисимова Виктория Ивановна, 21.09.1976	к.х.н.	13 л. 1 мес.	ФГБОУ ВО КНИТУ кафедра ОХТ, доцент	-
18	Тема 2.6 Практическое занятие «Моделирование химических реакций в проточном реакторе»	Родионов Илья Сергеевич, 25.03.2000	нет	2 л. 6 мес.	ФГБОУ ВО КНИТУ кафедра ОХТ, ассистент	-

Образовательный процесс по модулям обеспечивается кадрами, имеющими базовое образование, соответствующее профилю модуля, и систематически занимающимися профессиональной деятельностью по профилю дисциплины.

Разработчики программы:

Зав. каф. общей химической технологии
д.х.н.



Улитин Н.В.

Профессор каф. общей химической технологии
д.х.н.



Терещенко К.А.

Доцент каф. общей химической технологии
к.х.н.



Анисимова В.И.

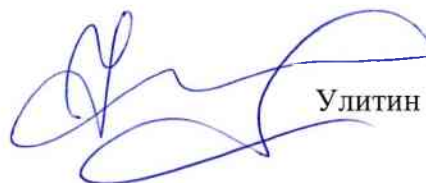
Ассистент каф. общей химической технологии



Родионов И.С.

Руководитель программы:

Зав. каф. общей химической технологии
д.х.н.



Улитин Н.В.