

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ДВУХФАЗНЫЕ ПОТОКИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
4	3	108	6	20	0		82	0	30
Итого	3	108	6	20	0	0	82	0	

АННОТАЦИЯ

В курсе излагаются достижения в исследованиях газожидкостных потоков и в создании основ теории их теплогидравлики.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В курсе излагаются достижения в исследованиях газожидкостных потоков и в создании основ теории их теплогидравлики.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для освоения данной дисциплины требуется знание дисциплин: Линейная алгебра. Аналитическая геометрия. Начала анализа ; Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики); Математический анализ, Основы термодинамики и теплопередачи.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
исследования, разработки и технологии, направленные на регистрацию и обработку информации, разработку теории, создание и применение установок и систем в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества,	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная	ПК-2.3 [1] - Способен рассчитывать и измерять физические характеристики ядерных энергетических установок, проводить гидродинамические и тепловые расчеты в сложных системах <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-2.3[1] - Знать основные законы физических процессов протекающих в ядерных энергетических установках; У-ПК-2.3[1] - Уметь проводить гидродинамические и тепловые расчеты в сложных системах; В-ПК-2.3[1] - Владеть методами

физики разделения изотопных и молекулярных смесей, физики быстропротекающих процессов, радиационной медицинской физики, радиационного материаловедения, исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.	электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.		измерения физических характеристик ядерных энергетических установок
исследования, разработки и технологии, направленные на регистрацию и	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества,	ПК-8 [1] - способен владеть расчетно-теоретическими и экспериментальными методами	З-ПК-8[1] - знать типовые методики и номенклатуру выполнения измерений и

обработку информации, разработку теории, создание и применение установок и систем в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, физики разделения изотопных и молекулярных смесей, физики быстропротекающих процессов, радиационной медицинской физики, радиационного материаловедения, исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.	лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение	исследования физических процессов, выполнять экспериментальные исследования и проводить обработку, анализ и обобщение полученных результатов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	расчетов процессов; ; У-ПК-8[1] - уметь обрабатывать результаты измерений и анализировать результаты расчетов;; В-ПК-8[1] - владеть методами исследования физических процессов
---	--	--	---

	безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.		
производственно-технологический			
исследования, разработки и технологии, направленные на регистрацию и обработку информации, разработку теории, создание и применение установок и систем в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, физики разделения изотопных и молекулярных смесей, физики быстропротекающих процессов, радиационной медицинской физики, радиационного материаловедения, исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного	ПК-2.6 [1] - Способен выбирать обоснованные критерии безопасной работы и оценивать риски при эксплуатации АЭС <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	3-ПК-2.6[1] - Знать методы вероятностного анализа безопасности АЭС; У-ПК-2.6[1] - Уметь выбирать обоснованные критерии безопасной работы АЭС; В-ПК-2.6[1] - Владеть методиками оценки рисков при эксплуатации АЭС

физическими установками.	состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.		
--------------------------	--	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>4 Семестр</i>						
1	Введение. Расходные и истинные характеристики двухфазного потока в каналах.	1-8	3/10/0		25	СК-8	3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3, 3-ПК-2.6, У-ПК-2.6, В-ПК-2.6, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
2	Гидравлическое сопротивление канала при двухфазном течении.	9-15	3/10/0		25	СК-15	3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3, 3-ПК-2.6, У-ПК-2.6, В-ПК-2.6, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
	<i>Итого за 4 Семестр</i>		6/20/0		50		
	Контрольные мероприятия за 4 Семестр				50	30	3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3, 3-ПК-2.6,

							У-ПК-2.6, В-ПК-2.6, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
--	--	--	--	--	--	--	--

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ЗО	Зачет с оценкой
СК	Семестровый контроль
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>4 Семестр</i>	6	20	0
1-8	Введение. Расходные и истинные характеристики двухфазного потока в каналах.	3	10	0
1 - 2	Введение. Актуальность и трудности изучения ДФП. Проблематика и методы исследования ДФП. Литература по курсу.	Всего аудиторных часов		
		1	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Расходные и истинные характеристики двухфазного потока в каналах. Одномерное (гидравлическое) описание ДФП. Двумерное описание ДФП. Локальное (вероятностное) газосодержание и локальные характеристики полей скоростей и объемных потоков. Связь локальных и одномерных характеристик.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Среднее по сечению канала и времени истинное газосодержание в ДФП. Данные экспериментов по связи истинного и расходного газосодержаний. Коэффициент скольжения в ДФП. Модель потока дрейфа. Параметр распределения и средневзвешенная дрейфовая скорость. Расчетные соотношения для истинного газосодержания и скольжения.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Гидравлическое сопротивление канала при двухфазном течении.	3	10	0
7 - 8	Теплогидравлические характеристики термически неравновесных паросодержащих потоков. Расходное и балансное массовое паросодержания. Связь их с истинным объемным и неравновесным паросодержанием. Балансное паросодержание начала кипения, начала интенсивного парообразования и	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

	наступления термического равновесия в потоке. Формулы для инженерных расчетов истинного объемного паросодержания.			
9 - 10	Гидравлическое сопротивление канала при двухфазном течении. Составляющие сопротивления. Гомогенная модель для сопротивления трения. Учет негомогенности ДФП. Сопротивление трения при переменном паросодержании в потоке. Сопротивление трения при кипении недогретой жидкости в канале и при больших тепловых нагрузках. Гидравлическое сопротивление от ускорения. Гидравлическое сопротивление от ускорения ДФП. Нивелирное и местное сопротивления.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Границы различных структур и режимов ДФП. Трехмерный вид уравнений и условий однозначности. Одномерные уравнения сохранения массы, импульса и энергии. Члены межфазного взаимодействия в этих уравнениях.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 15	Уравнения сохранения для ДФП. Трехмерный вид уравнений и условий однозначности. Одномерные уравнения сохранения массы, импульса и энергии. Члены межфазного взаимодействия в этих уравнениях.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>4 Семестр</i>
1 - 2	1 Тема. Расчетное сравнение истинного и расходного объемных газосодержаний. 1 Тема. Расчетное сравнение истинного и расходного объемных газосодержаний.
3 - 4	2 Тема. Расчет скольжений в ДФП. 2 Тема. Расчет скольжений в ДФП.
5 - 6	3 Тема. Вычисление параметров распределения. 3 Тема. Вычисление параметров распределения.
7 - 8	4 Тема. Оценка и сравнение относительных и дрейфовых скоростей в ДФП. 4 Тема. Оценка и сравнение относительных и дрейфовых скоростей в ДФП.
9 - 10	5 Тема. Сопоставление расходных и балансных массовых паросодержаний. 5 Тема. Сопоставление расходных и балансных массовых паросодержаний.

11 - 12	6 Тема. Расчет характерных точек на неравновесных кривых истинного объемного паросодержания в потоке. 6 Тема. Расчет характерных точек на неравновесных кривых истинного объемного паросодержания в потоке.
13 - 14	7 Тема. Сравнение расчетного паросодержания по различным моделям. 7 Тема. Сравнение расчетного паросодержания по различным моделям.
15	8 Тема. Коллоквиум по практическим индивидуальным расчетам 8 Тема. Коллоквиум по практическим индивидуальным расчетам

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>4 Семестр</i>
1 - 2	1 Тема. Расчетное сравнение истинного и расходного объемных газосодержаний. 1 Тема. Расчетное сравнение истинного и расходного объемных газосодержаний.
3 - 4	2 Тема. Расчет скольжений в ДФП. 2 Тема. Расчет скольжений в ДФП.
5 - 6	3 Тема. Вычисление параметров распределения. 3 Тема. Вычисление параметров распределения.
7 - 8	4 Тема. Оценка и сравнение относительных и дрейфовых скоростей в ДФП. 4 Тема. Оценка и сравнение относительных и дрейфовых скоростей в ДФП.
9 - 10	5 Тема. Сопоставление расходных и балансных массовых паросодержаний. 5 Тема. Сопоставление расходных и балансных массовых паросодержаний.
11 - 12	6 Тема. Расчет характерных точек на неравновесных кривых истинного объемного паросодержания в потоке. 6 Тема. Расчет характерных точек на неравновесных кривых истинного объемного паросодержания в потоке.
13 - 14	7 Тема. Сравнение расчетного паросодержания по различным моделям. 7 Тема. Сравнение расчетного паросодержания по различным моделям.
15	8 Тема. Коллоквиум по практическим индивидуальным расчетам 8 Тема. Коллоквиум по практическим индивидуальным расчетам

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дисциплина реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие
-------------	---------------------	----------------------------

		(КП 1)
ПК-2.3	З-ПК-2.3	ЗО, СК-8, СК-15
	У-ПК-2.3	ЗО, СК-8, СК-15
	В-ПК-2.3	ЗО, СК-8, СК-15
ПК-2.6	З-ПК-2.6	ЗО, СК-8, СК-15
	У-ПК-2.6	ЗО, СК-8, СК-15
	В-ПК-2.6	ЗО, СК-8, СК-15
ПК-8	З-ПК-8	ЗО, СК-8, СК-15
	У-ПК-8	ЗО, СК-8, СК-15
	В-ПК-8	ЗО, СК-8, СК-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ В26 Critical Regimes of Two-Phase Flows with a Polydisperse Solid Phase : , Barsky, Eugene. , Dordrecht: Springer Netherlands,, 2010
2. ЭИ В 93 Математическое и физическое моделирование потенциальных течений жидкости : учебное пособие, Коперник Г. Р., Высоцкий Л. И., Высоцкий И. С., Санкт-Петербург: Лань, 2014
3. ЭИ П64 Элементы гидродинамики : учебное пособие для вузов, Федоров В.Ф., Потанин Е.П., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621 К95 Гидродинамика и теплообмен при парообразовании : Учеб.пособие для втузов, Стерман Л.С., Кутепов А.М., Стюшин Н.Г., М.: Высш.школа, 1986
2. 532 К43 Гидродинамические расчеты : справочное учебное пособие , Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Москва: ИздАТ, 2009
3. 536 П64 Истинное равновесное паро-, газосодержание при течении в канале : Учеб. пособие, Корсун А.С., Похвалов Ю.Е., Деев В.И., М.: МИФИ, 1991
4. 621.039 К69 Критические двухфазные течения : , Корсун А.С., Харитонов В.С., Радовский И.С., М.: МИФИ, 2005
5. 53 М19 Нелинейная динамика : подходы, результаты, надежды, Малинецкий Г.Г., Подлазов А.В., Потапов А.Б., Москва: Либроком, 2011
6. 621.039 П64 Расходные и истинные теплогидравлические характеристики паро-, газожидкостных потоков в каналах : Учеб. пособие, Корсун А.С., Похвалов Ю.Е., Деев В.И., М.: МИФИ, 1990
7. 51 С23 Сборник задач по математике для поступающих во втузы : , , М.: Высш. школа, 1993
8. 621.039 Д26 Теплопередача в ЯЭУ : учеб. пособие для вузов, Деев В.И., Москва: МИФИ, 2004
9. 539.2 Ф94 Фундаментальные проблемы моделирования турбулентных и двухфазных течений Т.3 , , : Наука, 2012
10. 532 П64 Элементы гидродинамики : учебное пособие для вузов, Федоров В.Ф., Потанин Е.П., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. World-nuclear (<http://world-nuclear.org/>)
2. Росатом (www.rosatom.ru)
3. Росэнергоатом (<http://www.rosenergoatom.ru>)
4. Урановый холдинг АРМЗ (<http://www.armz.ru>)
5. ТВЭЛ (<http://www.tvel.ru>)
6. Периодическая система (<http://www.periodictable.ru>)
7. ВЭБ элемент (<http://www.webelements.com>)

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Курс лекций относится к области знаний с недостаточно сложившейся фундаментальной основой. Этим объясняется отсутствие современных и опробованных учебных пособий. В научной литературе материалы по ДФП разбросаны, противоречиво и количественно и качественно. Это означает, что основным инструментом для усвоения курса лекций является конспект лекций, качество которого, естественно, зависит от регулярности посещения занятий.

Оценка эффективности изучения предмета по монографиям или научным статьям показывает, что затраты времени на подготовку без конспекта больше как минимум в 5-10 раз. При этом нет никакой гарантии, что удастся не пропустить какие-то важные разделы курса или обеспечить нужную глубину их изучения.

В материалах курса много принципиальных с физической точки зрения формул, они заслуживают запоминания и их интерпретации очень велика. С другой стороны. Формулы, представляющие расчетные рекомендации, как правило, хотя практически очень важны, но имеют более узкую область применения, их запоминание навряд ли целесообразно. Наибольшую ценность в материалах курса представляет физические интерпретации явлений в ДФП и развитие модельных представлений. Однако, как и в остальных трудноразвивающихся областях знаний окончательный вердикт надежности научных гипотез, построений и выводов остается за экспериментом.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Курс лекций относится к области знаний с не вполне сформировавшейся фундаментальной основой. В связи с этим отсутствуют учебные пособия, необходимым

образом описывающие основные физические закономерности и особенности прикладного использования двухфазных потоков. В научной литературе приводятся расчетные рекомендации, приводящие при их использовании не только к различным количественным результатам, но подчас к качественно неодинаковым. Все это затрудняет не только чтение лекций, но и усвоение материала студентами. Обилие одномерных и двумерных характеристик ДФП при равновесных и неравновесных процессах порождает огромное количество формульных связей, запоминание которых затруднительно и в большинстве нецелесообразно. Видимо, имеет смысл разрешить студентам на экзамене использовать конспект лекций для подготовки к ответу. Расчетные рекомендации для ДФП в научной литературе, как правило. Имеют узкие диапазоны изменения режимных характеристик и отбор их для лекционного материала весьма затруднителен.

Поэтому в моменты контроля за усвоением студентами лекционных материалов следует основное внимание уделять механизмам физических процессов, построению моделей потоков для разных форм, течения к расчетным рекомендациям, основанным в своей структуре на теоретических моделях. Хорошим примером этой точки зрения является применение «модели потока дрейфа» N.Zuber'a для расчетов истинного объемного паросодержания.

Автор(ы):

Дмитренко Артур Владимирович, д.т.н., профессор

Рецензент(ы):

доцент Харитонов В.С., доцент Корсун А.С., доцент
Куценко К.В.