

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Теплофизика и молекулярная физика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
ДИНАМИКА МНОГОФАЗНЫХ СИСТЕМ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.09.01.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 113,5 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Глазков В.В.
	Идентификатор	R43380c76-GlazkovVV-e4c0a72f

В.В. Глазков


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яньков Г.Г.
	Идентификатор	Rbb1f0c84-YankovGG-11a2e4dc

Г.Г. Яньков

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Герасимов Д.Н.
	Идентификатор	Ra5495398-GerasimovDN-6b58615

Д.Н. Герасимов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основ расчета и анализа параметров динамики многофазных систем в рамках различных моделей для последующего использования в разработке и конструировании энергетического оборудования

Задачи дисциплины

- Ознакомление с различными моделями, применяемыми для расчета движения и взаимодействия двух- и многофазных систем.;
- Изучение основных уравнений и расчетных методик, применяемых для расчета параметров, характеризующих движения и взаимодействия двух- и многофазных систем.;
- Овладение наиболее удачными методиками расчета параметров, характеризующих движение и взаимодействие двух- и многофазных систем в элементах энергетического оборудования..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен анализировать и моделировать физические процессы, используемые в атомной энергетике	ИД-1 _{ПК-1} Имеет навыки математического описания и моделирования процессов в рабочих телах и элементах энергетических установок	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">- результаты экспериментальных и численных исследований процессов гидродинамики при течении многофазных потоков в каналах.;- принцип действия и устройство основных приборов и установок, применяемых для определения параметров многофазных потоков;;- методы расчета и расчетные соотношения для основных параметров, характеризующих течение и теплообмен многофазных потоков в энергетических устройствах;;- методы решения задач динамики многофазных систем;;- области рационального применения и системы уравнений, решаемых для различных моделей двухфазных систем.; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">- участвовать в проведении теплофизических экспериментов по изучению процессов гидродинамики многофазных потоков.;- осуществлять поиск и анализировать научную и научно-техническую информацию в текущей научной периодике и в Интернет;;- использовать стандартные программы для численного моделирования процессов кипения и динамики многофазных потоков.;

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>- – самостоятельно выбирать адекватную задаче методику расчета типовых процессов тепло и массообмена с участием многофазных потоков, определять гидродинамические режимы течения многофазных потоков в элементах теплообменных устройств;;</p> <p>- – составлять математическое описание процессов движения и взаимодействия многофазных сред применительно к типовым конструкциям и режимам работы энергетического и теплообменного оборудования..</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплофизика и молекулярная физика (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Содержание и области рационального применения различных моделей двухфазных систем.	14	2	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу <u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 12-32 [3], 5-17</p>
1.1	1 Метод контрольной ячейки, модель раздельного течения, модель взаимопроникающих континуумов, гомогенная модель. 2 Уравнения сохранения для двухфазных сред. 3 Универсальные условия совместности. Специальные условия совместности в задачах теплообмена.	14		2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	
2	Гидростатика газожидкостных систем	18		4	-	4	-	-	-	-	-	-	10	
2.1	1 Уравнение гидростатического равновесия. Смачиваемость,	18	4	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	

	<p>краевой угол. Формула Лапласа. Высота подъема жидкости в капиллярах. 2 Осесимметричные равновесные поверхности раздела: особенности математического описания задач с положительными и отрицательными перегрузками, качественный анализ типовых прикладных задач. 3 Результаты численного решения уравнения гидростатического равновесия; максимальные участки устойчивости равновесных поверхностей раздела. Условия отрыва капель и пузырьков с плоской поверхности и со среза капилляра в гидростатическом приближении</p>													
3	Волны малой амплитуды на поверхности жидкости	24	6	-	6	-	-	-	-	-	-	12	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 54-75 [2], 78-90 [3], 24-36</p>
3.1	1 Классические задачи о гидродинамической устойчивости плоской границы раздела фаз.	24	6	-	6	-	-	-	-	-	-	12	-	

	2 Неустойчивость Гельмгольца. Неустойчивость Тейлора. 3 Приложения задач об устойчивости в теории теплообмена.													
4	Движение дискретной частицы в сплошной среде	18	4	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 82-94 [3], 42-53	
4.1	1 Классические задачи о движении сферы в идеальной жидкости. Присоединенная масса. 2 Стокса об обтекании сферы вязкой жидкостью. 3 Качественные закономерности движения газовых пузырьков в жидкости, скорость всплытия при характерных режимах обтекания. 4 Движение капель в потоке газа; скорость витания; условия дробления. Капли и пузырьки в турбулентных потоках несущей фазы.	18	4	-	4	-	-	-	-	10	-			
5	Общие закономерности стекания гравитационных пленок.	18	4	-	4	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу <u>Изучение материалов литературных источников:</u>		
5.1	1 Классические задачи о движении сферы в	18	4	-	4	-	-	-	-	10	-		[2], 121-140 [3], 37-41	

	идеальной жидкости. Присоединенная масса. 2 Стокса об обтекании сферы вязкой жидкостью. 3 Качественные закономерности движения газовых пузырьков в жидкости, скорость всплытия при характерных режимах обтекания. 4 Движение капель в потоке газа; скорость витания; условия дробления. Капли и пузырьки в турбулентных потоках несущей фазы.												
6	Динамика неустановившегося движения паровых пузырей в жидкости	18	4	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
6.1	1 Уравнение Рэлея. Поле давлений в жидкости. Кавитационное схлопывание газовой полости. 2 Рост парового пузыря в объеме жидкости: анализ предельных схем, формула Плессета-Цвика, решение Сквивена; аналитическое решение для области низких давлений. 3	18	4	-	4	-	-	-	-	-	10	-	[1], 110-129 [3], 54-71

	Условие отрыва паровых пузырей от твердой стенки.													
7	Количественные характеристики двухфазных потоков в каналах.	16	4	-	2	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 72-76
7.1	Расходные и «истинные» паросодержания, скорости и плотности. Структура (режимы течения) двухфазных потоков; карты режимов течения; методы расчета границ режимов. 2 Одномерные уравнения сохранения для двухфазных потоков в каналах.	16	4	-	2	-	-	-	-	-	10	-		
8	Расчет осредненных истинных параметров в потоках квазигомогенной структуры	18	4	-	4	-	-	-	-	-	10	-		
8.1	1 Гомогенная модель для расчета сопротивления. Модели кольцевых двухфазных течений. 2 Изменение структуры и закономерностей теплообмена по длине парогенерирующего канала. Кризисы кипения жидкостей при течении в трубах.	18	4	-	4	-	-	-	-	-	10	-		

	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0		32	-	32	-	2	-	-	0.5	80	33.5	
	Итого за семестр	180.0		32	-	32	2	-	-	0.5	113.5			

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Содержание и области рационального применения различных моделей двухфазных систем.

1.1. 1 Метод контрольной ячейки, модель раздельного течения, модель взаимопроникающих континуумов, гомогенная модель. 2 Уравнения сохранения для двухфазных сред. 3 Универсальные условия совместности. Специальные условия совместности в задачах тепломассообмена.

2. Гидростатика газожидкостных систем

2.1. 1 Уравнение гидростатического равновесия. Смачиваемость, краевой угол. Формула Лапласа. Высота подъема жидкости в капиллярах. 2 Осесимметричные равновесные поверхности раздела: особенности математического описания задач с положительными и отрицательными перегрузками, качественный анализ типовых прикладных задач. 3 Результаты численного решения уравнения гидростатического равновесия; максимальные участки устойчивости равновесных поверхностей раздела. Условия отрыва капель и пузырьков с плоской поверхности и со среза капилляра в гидростатическом приближении

3. Волны малой амплитуды на поверхности жидкости

3.1. 1 Классические задачи о гидродинамической устойчивости плоской границы раздела фаз. 2 Неустойчивость Гельмгольца. Неустойчивость Тейлора. 3 Приложения задач об устойчивости в теории теплообмена.

4. Движение дискретной частицы в сплошной среде

4.1. 1 Классические задачи о движении сферы в идеальной жидкости. Присоединенная масса. 2 Стокса об обтекании сферы вязкой жидкостью. 3 Качественные закономерности движения газовых пузырьков в жидкости, скорость всплытия при характерных режимах обтекания. 4 Движение капель в потоке газа; скорость витания; условия дробления. Капли и пузырьки в турбулентных потоках несущей фазы.

5. Общие закономерности стекания гравитационных пленок.

5.1. 1 Классические задачи о движении сферы в идеальной жидкости. Присоединенная масса. 2 Стокса об обтекании сферы вязкой жидкостью. 3 Качественные закономерности движения газовых пузырьков в жидкости, скорость всплытия при характерных режимах обтекания. 4 Движение капель в потоке газа; скорость витания; условия дробления. Капли и пузырьки в турбулентных потоках несущей фазы.

6. Динамика неуставившегося движения паровых пузырей в жидкости

6.1. 1 Уравнение Рэлея. Поле давлений в жидкости. Кавитационное схлопывание газовой полости. 2 Рост парового пузыря в объеме жидкости: анализ предельных схем, формула

Плессета-Цвика, решение Скривена; аналитическое решение для области низких давлений. 3
Условие отрыва паровых пузырей от твердой стенки.

7. Количественные характеристики двухфазных потоков в каналах.

7.1. Расходные и «истинные» паросодержания, скорости и плотности. Структура (режимы течения) двухфазных потоков; карты режимов течения; методы расчета границ режимов. 2
Одномерные уравнения сохранения для двухфазных потоков в каналах.

8. Расчет осредненных истинных параметров в потоках квазигомогенной структуры

8.1. 1 Гомогенная модель для расчета сопротивления. Модели кольцевых двухфазных течений. 2 Изменение структуры и закономерностей теплообмена по длине парогенерирующего канала. Кризисы кипения жидкостей при течении в трубах.

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет осредненных и истинных параметров в потоках квазигомогенной структуры.;
2. Задача Рэлея. Расчет параметров газа и жидкости при схлопывании пузырька.;
3. Движение капель в объеме и в потоке газа; скорость витания и условия дробления;
4. Движение пузырьков в потоке жидкости и условия их дробления;
5. Развитие неустойчивости на межфазной поверхности. Неустойчивости Рэлея и Гельмгольца. Применение гидродинамической теории кризисов кипения.;
6. Параметры стекающих жидких пленок. Ламинарные и турбулентные пленки.;
7. Условия квазистатического отрыва капель и пузырьков с плоской поверхности и со среза капилляра.;
8. Форма капель и пузырьков на плоской поверхности и на срезе капилляра.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)								Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Знать:										
– области рационального применения и системы уравнений, решаемых для различных моделей двухфазных систем;	ИД-1ПК-1					+	+			Контрольная работа/Защита расчетного задания № 5, 6: Параметры стекающих ламинарных и турбулентных пленок; Скорость всплытия пузырей во флотаторе.
– методы решения задач динамики многофазных систем;	ИД-1ПК-1			+	+					Контрольная работа/Защита расчетного задания № 3, 4: Форма поверхности жидкости в топливном баке на околоземной орбите; Параметры неустойчивости в эксперименте Льюиса
– методы расчета и расчетные соотношения для основных параметров, характеризующих течение и теплообмен многофазных потоков в энергетических устройствах;	ИД-1ПК-1	+	+							Контрольная работа/Защита расчетного задания № 1, 2: Форма капли на горизонтальной пластине; Частота отрыва и размер пузыря на центре парообразования
– принцип действия и устройство основных приборов и установок, применяемых для определения параметров многофазных потоков;	ИД-1ПК-1							+	+	Контрольная работа/Защита расчетного задания № 7, 8: Изменение параметров в жидкости в окрестности коллапсирующего пузыря; Расчет двухтрубного котла с естественной циркуляцией.
результаты экспериментальных и численных исследований процессов гидродинамики при течении многофазных потоков в каналах.	ИД-1ПК-1					+				Контрольная работа/Защита расчетного задания № 1, 2: Форма капли на горизонтальной пластине; Частота отрыва и размер пузыря на центре парообразования
Уметь:										

– составлять математическое описание процессов движения и взаимодействия многофазных сред применительно к типовым конструкциям и режимам работы энергетического и теплообменного оборудования.	ИД-1ПК-1		+							Контрольная работа/Защита расчетного задания № 1, 2: Форма капли на горизонтальной пластине; Частота отрыва и размер пузыря на центре парообразования
– самостоятельно выбирать адекватную задаче методику расчета типовых процессов тепло и массообмена с участием многофазных потоков, определять гидродинамические режимы течения многофазных потоков в элементах теплообменных устройств;	ИД-1ПК-1								+	Контрольная работа/Защита расчетного задания № 7, 8: Изменение параметров в жидкости в окрестности коллапсирующего пузыря; Расчет двухтрубного котла с естественной циркуляцией.
-использовать стандартные программы для численного моделирования процессов кипения и динамики многофазных потоков.	ИД-1ПК-1		+							Контрольная работа/Защита расчетного задания № 1, 2: Форма капли на горизонтальной пластине; Частота отрыва и размер пузыря на центре парообразования
-осуществлять поиск и анализировать научную и научно-техническую информацию в текущей научной периодике и в Интернет;	ИД-1ПК-1									Контрольная работа/Защита расчетного задания № 3, 4: Форма поверхности жидкости в топливном баке на околоземной орбите; Параметры неустойчивости в эксперименте Льюиса
-участвовать в проведении теплофизических экспериментов по изучению процессов гидродинамики многофазных потоков.	ИД-1ПК-1								+	Контрольная работа/Защита расчетного задания № 5, 6: Параметры стекающих ламинарных и турбулентных пленок; Скорость всплытия пузырей во флотаторе.

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита расчетного задания № 1, 2: Форма капли на горизонтальной пластине; Частота отрыва и размер пузыря на центре парообразования (Контрольная работа)
2. Защита расчетного задания № 3, 4: Форма поверхности жидкости в топливном баке на околоземной орбите; Параметры неустойчивости в эксперименте Льюиса (Контрольная работа)
3. Защита расчетного задания № 5, 6: Параметры стекающих ламинарных и турбулентных пленок; Скорость всплытия пузырей во флотаторе. (Контрольная работа)
4. Защита расчетного задания № 7, 8: Изменение параметров в жидкости в окрестности коллапсирующего пузыря; Расчет двухтрубного котла с естественной циркуляцией. (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

Оценка по курсу получается как среднее от оценки за успеваемость в семестре (вес 0.4) и оценки на экзамене (вес 0.6)

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Лабунцов, Д. А. Механика двухфазных систем : учебное пособие для вузов по направлению 651100 "Техническая физика" / Д. А. Лабунцов, В. В. Ягов . – М. : Изд-во МЭИ, 2000 . – 374 с. - ISBN 5-7046-0758-6 .;
2. Волновые процессы в двухфазных средах / Акад. наук СССР. Сиб. отд-ние. Ин-т теплофизики ; ред. В. Е. Накоряков . – Новосибирск, 1980 . – 129 с.;
3. Глазков В. В.- "Динамика многофазных систем", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2018 - (168 с.)
<https://e.lanbook.com/book/107283>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Python;
3. ANES;
4. Яндекс Браузер.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Т-417, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-417, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Т-417, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	Т-412, Учебная лаборатория вычислительной техники	стол преподавателя, стол учебный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Т-205, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, доска маркерная
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-213, Подсобное помещение	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Динамика многофазных систем

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Защита расчетного задания № 1, 2: Форма капли на горизонтальной пластине; Частота отрыва и размер пузыря на центре парообразования (Контрольная работа)
- КМ-2 Защита расчетного задания № 3, 4: Форма поверхности жидкости в топливном баке на околоземной орбите; Параметры неустойчивости в эксперименте Льюиса (Контрольная работа)
- КМ-3 Защита расчетного задания № 5, 6: Параметры стекающих ламинарных и турбулентных пленок; Скорость всплытия пузырей во флотаторе. (Контрольная работа)
- КМ-4 Защита расчетного задания № 7, 8: Изменение параметров в жидкости в окрестности коллапсирующего пузыря; Расчет двухтрубного котла с естественной циркуляцией. (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	6	12	16
1	Содержание и области рационального применения различных моделей двухфазных систем.					
1.1	1 Метод контрольной ячейки, модель раздельного течения, модель взаимопроникающих континуумов, гомогенная модель. 2 Уравнения сохранения для двухфазных сред. 3 Универсальные условия совместности. Специальные условия совместности в задачах теплообмена.		+			
2	Гидростатика газожидкостных систем					
2.1	1 Уравнение гидростатического равновесия. Смачиваемость, краевой угол. Формула Лапласа. Высота подъема жидкости в капиллярах. 2 Осесимметричные равновесные поверхности раздела: особенности математического описания задач с положительными и отрицательными перегрузками, качественный анализ типовых прикладных задач. 3 Результаты численного решения уравнения гидростатического равновесия; максимальные участки устойчивости равновесных поверхностей раздела. Условия отрыва капель и пузырьков с плоской поверхности и со среза капилляра в гидростатическом приближении		+			
3	Волны малой амплитуды на поверхности жидкости					

3.1	1 Классические задачи о гидродинамической устойчивости плоской границы раздела фаз. 2 Неустойчивость Гельмгольца. Неустойчивость Тейлора. 3 Приложения задач об устойчивости в теории теплообмена.		+		
4	Движение дискретной частицы в сплошной среде				
4.1	1 Классические задачи о движении сферы в идеальной жидкости. Присоединенная масса. 2 Стокса об обтекании сферы вязкой жидкостью. 3 Качественные закономерности движения газовых пузырьков в жидкости, скорость всплытия при характерных режимах обтекания. 4 Движение капель в потоке газа; скорость витания; условия дробления. Капли и пузырьки в турбулентных потоках несущей фазы.		+		
5	Общие закономерности стекания гравитационных пленок.				
5.1	1 Классические задачи о движении сферы в идеальной жидкости. Присоединенная масса. 2 Стокса об обтекании сферы вязкой жидкостью. 3 Качественные закономерности движения газовых пузырьков в жидкости, скорость всплытия при характерных режимах обтекания. 4 Движение капель в потоке газа; скорость витания; условия дробления. Капли и пузырьки в турбулентных потоках несущей фазы.	+		+	
6	Динамика неустановившегося движения паровых пузырей в жидкости				
6.1	1 Уравнение Рэлея. Поле давлений в жидкости. Кавитационное схлопывание газовой полости. 2 Рост парового пузыря в объеме жидкости: анализ предельных схем, формула Плессета-Цвика, решение Сквивена; аналитическое решение для области низких давлений. 3 Условие отрыва паровых пузырей от твердой стенки.			+	
7	Количественные характеристики двухфазных потоков в каналах.				
7.1	Расходные и «истинные» паросодержания, скорости и плотности. Структура (режимы течения) двухфазных потоков; карты режимов течения; методы расчета границ режимов. 2 Одномерные уравнения сохранения для двухфазных потоков в каналах.			+	+
8	Расчет осредненных истинных параметров в потоках квазигомогенной структуры				
8.1	1 Гомогенная модель для расчета сопротивления. Модели кольцевых двухфазных течений. 2 Изменение структуры и закономерностей теплообмена по длине парогенерирующего канала. Кризисы кипения жидкостей при течении в трубах.				+
Вес КМ, %:		15	20	30	35