

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

Направление подготовки/специальность: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Наименование образовательной программы: Информационные технологии проектирования

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

| | |
|--|--|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.01 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 3 семестр - 4; 4 семестр - 4; всего - 8 |
| Часов (всего) по учебному плану: | 288 часа |
| Лекции | 3 семестр - 32 часа; 4 семестр - 32 часа; всего - 64 часа |
| Практические занятия | 3 семестр - 32 часа; |
| Лабораторные работы | 4 семестр - 32 часа; |
| Консультации | 4 семестр - 2 часа; |
| Самостоятельная работа | 3 семестр - 79,7 часа; 4 семестр - 77,5 часа; всего - 157,2 часа |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Контрольная работа Лабораторная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой Экзамен | 3 семестр - 0,3 часа; 4 семестр - 0,5 часа; всего - 0,8 часа |

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

| | | |
|---|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Шевченко И.В. |
| | Идентификатор | RP722806b-ShevchenkoIGV-73cb47 |

И.В. Шевченко


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Соколов В.П. |
| | Идентификатор | R928a03a7-SokolovVPet-4d1c67c |

В.П. Соколов

Заведующий выпускающей
кафедрой

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Рогалев А.Н. |
| | Идентификатор | Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b |

А.Н. Рогалев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение закономерностей переноса теплоты для процессов теплопроводности, конвекции, теплового излучения, теплообмена при фазовых переходах и массообмена.

Задачи дисциплины

- изучение методов исследования процессов теплообмена;
- получение информации о методах расчета количественных характеристик процессов теплообмена для основных видов переноса теплоты (теплопроводность, конвекция, излучение), а также при наличии фазовых переходов и массообмена;
- приобретение навыков применения этих методов для решения различных прикладных задач, возникающих в инженерной практике.

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 использовать информационные технологии при проектировании наукоемких изделий | ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует знание принципов работы наукоемких изделий, способность применять методики их проектирования | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">- способы расчета теплового потока между телами различной формы при теплообмене излучением;- способы расчета температурного поля при теплопроводности в твердых телах и передаваемого теплового потока;- особенности процессов переноса тепла и массы в многокомпонентных системах;- основные механизмы переноса теплоты и их особенности в различных системах. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">- участвовать в экспериментальных исследованиях процессов теплообмена и обработке результатов экспериментов;- вычислять коэффициент теплоотдачи при пленочной конденсации на различных поверхностях;- вычислять коэффициент теплоотдачи при кипении в большом объеме и при движении кипящей жидкости;- вычислять коэффициент теплоотдачи при вынужденной и естественной конвекции. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Информационные технологии проектирования (далее – ОПОП), направления подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 8 зачетных единиц, 288 часа.

| № 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 | Основы теории теплообмена | 126 | 3 | 32 | - | 32 | - | - | - | - | - | 62 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы теории теплообмена" <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы теории теплообмена" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 99-191 [2], 33-256 [3], 56-78 [4], 3-102 [5], 158-498 | |
| 1.1 | Введение. | 32 | | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 16 | - | | |
| 1.2 | Теплопроводность | 28 | | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 12 | - | | |
| 1.3 | Конвективный теплообмен | 34 | | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 18 | - | | |
| 1.4 | Теплообмен излучением | 32 | | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 16 | - | | |
| | Зачет с оценкой | 18.0 | | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | 17.7 | | |
| | Всего за семестр | 144.0 | | 32 | - | 32 | - | - | - | - | 0.3 | 62 | 17.7 | | |
| | Итого за семестр | 144.0 | | 32 | - | 32 | - | | - | | 0.3 | 79.7 | | | |
| 2 | Основы переноса тепла и массы | 108 | 4 | 32 | 32 | - | - | - | - | - | - | 44 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы переноса тепла и массы" <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы переноса тепла и массы" <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы | |
| 2.1 | Массообмен | 28 | | 8 | 8 | - | - | - | - | - | - | 12 | - | | |
| 2.2 | Теплообмен при конденсации | 26 | | 8 | 8 | - | - | - | - | - | - | 10 | - | | |
| 2.3 | Теплообмен при кипении | 26 | | 8 | 8 | - | - | - | - | - | - | 10 | - | | |
| 2.4 | Изучение теплоотдачи при кипении | 28 | | 8 | 8 | - | - | - | - | - | - | 12 | - | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|-------|---|----|----|----|---|---|---|-----|-------|----|------|---|
| | | | | | | | | | | | | | | <u><i>Изучение материалов литературных источников:</i></u> [1], 5-98 [3], 3-55 [5], 13-157 |
| | Экзамен | 36.0 | | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Всего за семестр | 144.0 | | 32 | 32 | - | - | 2 | - | - | 0.5 | 44 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 144.0 | | 32 | 32 | - | 2 | - | - | 0.5 | 77.5 | | | |
| | ИТОГО | 288.0 | - | 64 | 32 | 32 | 2 | - | - | 0.8 | 157.2 | | | |

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. Основы теории теплообмена

1.1. Введение.

Основные способы переноса теплоты..

1.2. Теплопроводность

Основные положения теории теплопроводности. Температурное поле, изотермические поверхности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Закон Фурье. Теплопроводность различных веществ. Условия однозначности.. Стационарная теплопроводность одно- и многослойной стенок простейшей геометрии. Интенсификация теплопередачи. Эффективность оребрения. Теплопроводность ребер. Теплопроводность при наличии внутренних источников теплоты.. Нестационарная теплопроводность. Нестационарный перенос тепла теплопроводностью в полубесконечном теле. Особенности многомерных задач теплопроводности..

1.3. Конвективный теплообмен

Основные понятия и определения. Классификация процессов. Дифференциальное уравнение энергии. Система уравнений конвективного теплообмена. Теплообмен при вынужденном внешнем обтекании тел. Особенности конвективного теплообмена при течении в каналах. Теплообмен при естественной конвекции около вертикальной пластины и горизонтальной трубы при ламинарном и турбулентном пограничном слое..

1.4. Теплообмен излучением

Основные понятия. Законы излучения черного тела. Особенности реальных поверхностей. Лучистый теплообмен в диатермической среде. Общий метод расчета для серых поверхностей и диффузного излучения..

2. Основы переноса тепла и массы

2.1. Массообмен

Совместные процессы тепло- и массообмена. Характеристики переноса массы и энергии в бинарной системе. Диффузия, закон Фика. Система дифференциальных уравнений для тепло- и массообмена. Аналогия процессов тепло- и массообмена при низкой интенсивности массообмена. Тройная аналогия. Особенности тепло- и массообмена при значительном поперечном потоке массы..

2.2. Теплообмен при конденсации

Классификация процессов, возможные режимы конденсации пара. Система уравнений для движения жидкости со свободной поверхностью при фазовом переходе I рода. Решение Нуссельта для пленочной конденсации на вертикальной стенке и его последующие уточнения. Конденсация на горизонтальной трубе. Числа подобия. Турбулентное течение конденсированной пленки. Особенности пленочной конденсации внутри труб. Механизм и теплообмен при капельной конденсации..

2.3. Теплообмен при кипении

Классификация процессов. Модели элементарных процессов. Режимы кипения в большом объеме. Теплоотдача в различных режимах, кризисы кипения. Теоретические модели теплообмена при кипении в большом объеме. Устойчивость процесса с точки зрения

теплового баланса греющей стенки. Кипение при вынужденном течении жидкости. Теплообмен при движении фронта фазового перехода..

2.4. Изучение теплоотдачи при кипении

Определение теплоемкости и температуропроводности твердых материалов методом регулярного режима. Опытное изучение теплоотдачи при свободной и вынужденной конвекции воздуха около тел различной геометрии. Изучение теплоотдачи при кипении азота в большом объеме..

3.3. Темы практических занятий

1. Теплообмен при естественной конвекции около тел различной формы;
2. Теплообмен излучением;
3. Конвективный теплообмен при внешнем обтекании тел;
4. Конвективный теплообмен при ламинарном течении в каналах;
5. Конвективный теплообмен при турбулентном течении в каналах;
6. Стационарные задачи теплопроводности без внутренних источников тепла;
7. Пленочная конденсация движущегося пара;
8. Кризисы кипения, теплообмен при пленочном кипении в большом объеме;
9. Теплообмен при кипении движущейся в канале жидкости;
10. Стационарные задачи теплопроводности при наличии внутренних источников тепла (6 часов).;
11. Теплообмен при пузырьковом кипении в большом объеме;
12. Нестационарные задачи теплопроводности.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Теплоемкости и температуропроводность;
2. Теплоотдача при свободной и вынужденной конвекции;
3. Изучение теплоотдачи при кипении.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы теории теплообмена"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы переноса тепла и массы"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы переноса тепла и массы"

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 | |
| Знать: | | | | |
| основные механизмы переноса теплоты и их особенности в различных системах | ИД-1 _{ПК-1} | + | | Контрольная работа/Классификация процессов теплообмена |
| особенности процессов переноса тепла и массы в многокомпонентных системах | ИД-1 _{ПК-1} | | + | Контрольная работа/Массообмен |
| способы расчета температурного поля при теплопроводности в твердых телах и передаваемого теплового потока | ИД-1 _{ПК-1} | + | | Контрольная работа/Теплопроводность |
| способы расчета теплового потока между телами различной формы при теплообмене излучением | ИД-1 _{ПК-1} | + | | Контрольная работа/Теплообмен излучением |
| Уметь: | | | | |
| вычислять коэффициент теплоотдачи при вынужденной и естественной конвекции | ИД-1 _{ПК-1} | + | | Контрольная работа/Конвективный теплообмен |
| вычислять коэффициент теплоотдачи при кипении в большом объеме и при движении кипящей жидкости | ИД-1 _{ПК-1} | | + | Лабораторная работа/Теплоотдачи при кипении |
| вычислять коэффициент теплоотдачи при пленочной конденсации на различных поверхностях | ИД-1 _{ПК-1} | | + | Контрольная работа/Теплообмен при конденсации |
| участвовать в экспериментальных исследованиях процессов теплообмена и обработке результатов экспериментов | ИД-1 _{ПК-1} | | + | Контрольная работа/Свободная и вынужденная конвекция Контрольная работа/Теплоемкость Контрольная работа/Теплообмен при кипении Лабораторная работа/Теплоотдачи при кипении |

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Классификация процессов теплообмена (Контрольная работа)
2. Конвективный теплообмен (Контрольная работа)
3. Теплообмен излучением (Контрольная работа)
4. Теплопроводность (Контрольная работа)

4 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Массообмен (Контрольная работа)
2. Свободная и вынужденная конвекция (Контрольная работа)
3. Теплємкость (Контрольная работа)
4. Теплообмен при кипении (Контрольная работа)
5. Теплообмен при конденсации (Контрольная работа)
6. Теплоотдачи при кипении (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №3)

Экзамен (Семестр №4)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании зачетной и экзаменационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 4 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен : учебное пособие для вузов по энергетическим специальностям / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во МЭИ, 2005. – 550 с. – ISBN 5-7046-1270-9.;
2. Ягов, В. В. Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях : учебное пособие для вузов по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / В. В. Ягов. – М. : Издательский дом МЭИ, 2014. – 542 с. – ISBN 978-5-383-00854-6.;
3. Ястребов, А. К. Некоторые задачи теплообмена в однофазных и двухфазных системах : учебное пособие по курсу "Тепло- и массообмен" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / А. К. Ястребов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2015. – 80 с. – ISBN 978-5-7046-1564-4.
<http://elibrary.mpei.ru/elibrary/view.php?id=7266>;

4. Цветков, Ф. Ф. Задачник по тепломассообмену : учебное пособие для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика" / Ф. Ф. Цветков, Р. В. Керимов, В. И. Величко. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 196 с. – ISBN 978-5-383-00259-9.;
5. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А.- "Тепломассообмен", Издательство: "МЭИ", Москва, 2011 - (562 с.)
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.html>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux.

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. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
9. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» -
<https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|--------------------------------|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ш-206, Лекционная аудитория | стол преподавателя, стол компьютерный, вешалка для одежды, тумба, мультимедийный проектор, указка лазерная, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, инструменты для практических занятий |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Ш-205, Компьютерный класс | стол преподавателя, стол компьютерный, тумба, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования, инструменты для практических занятий |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий | Ш-205, Компьютерный класс | стол преподавателя, стол компьютерный, тумба, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования, инструменты для практических занятий |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Ш-206, Лекционная аудитория | стол преподавателя, стол компьютерный, вешалка для одежды, тумба, мультимедийный проектор, указка лазерная, доска маркерная передвижная, колонки, |

| | | |
|--|---|---|
| | | кондиционер, инструменты для практических занятий |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-303, Лекционная аудитория | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования | Ш-206, Лекционная аудитория | стол преподавателя, стол компьютерный, вешалка для одежды, тумба, мультимедийный проектор, указка лазерная, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, инструменты для практических занятий |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Ш-107/2, Склад учебного инвентаря Ш-107/2 | |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Термодинамика и теплопередача

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Классификация процессов теплообмена (Контрольная работа)

КМ-2 Теплопроводность (Контрольная работа)

КМ-3 Конвективный теплообмен (Контрольная работа)

КМ-4 Теплообмен излучением (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|---------------------------|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 16 |
| 1 | Основы теории теплообмена | | | | | |
| 1.1 | Введение. | | + | | | |
| 1.2 | Теплопроводность | | | + | | |
| 1.3 | Конвективный теплообмен | | | | + | |
| 1.4 | Теплообмен излучением | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 25 | 25 | 25 | 25 |

4 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-5 Массообмен (Контрольная работа)

КМ-6 Теплообмен при конденсации (Контрольная работа)

КМ-7 Теплообмен при кипении (Контрольная работа)

КМ-8 Теплостойкость (Контрольная работа)

КМ-9 Свободная и вынужденная конвекция (Контрольная работа)

КМ-10 Теплоотдачи при кипении (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 | КМ-8 | КМ-9 | КМ-10 |
|---------------|-------------------------------|------------|------|------|------|------|------|-------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 10 | 12 | 13 | 14 |
| 1 | Основы переноса тепла и массы | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|------------|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|
| 1.1 | Массообмен | + | | | | | |
| 1.2 | Теплообмен при конденсации | | + | | | | |
| 1.3 | Теплообмен при кипении | | | | | | + |
| 1.4 | Изучение теплоотдачи при кипении | | | + | + | + | + |
| Вес КМ, %: | | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 20 |