Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 18.09.2025 13:48:58
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ / А.С. Соколов /
« 27 » февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Тепломассообмен»

Направление подготовки
16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Профиль
Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2025 г.

Разработчик(и):

ассистент каф. «Техника низких температур» им. П.Л. Капицы  /А.А. Мошин/

Согласовано:

Зав. каф. «Техника низких температур» им. П.Л. Капицы
к.т.н.  /Д.А. Некрасов/

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Тепломассообмен» следует отнести:

– формирование знаний о современных методах расчета процессов переноса теплоты применительно к холодильной, криогенной технике и системам жизнеобеспечения;

– подготовка студента к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению;

– освоение основных законов массопереноса, особенностей их применения, а также самостоятельного, обоснованного и аргументированного выбора методов решения прикладных задач;

К основным задачам освоения дисциплины «Тепломассообмен» следует отнести:

– ознакомление с основными физико-химическими закономерностями и методами расчета процессов тепломассообмена.

Обучение по дисциплине «Тепломассообмен» направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1. Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Знает основы математики и физики ИОПК-1.2. Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Тепломассообмен» входит в обязательную часть Блока 1 основной образовательной программы бакалавриата по направлению 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Тепломассообмен» составляет 4 зачетных(е) единиц(ы) (144 часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			4	
1	**Аудиторные занятия**	**36**	36	
	В том числе:			
1.1	Лекции	18	18	
1.2	Семинарские/практические занятия	28	28	
1.3	Лабораторные занятия	8	8	
2	**Самостоятельная работа**	**108**	108	
	В том числе:			
2.1	Тестирование	**108**	108	
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**экзамен**	экзамен	
	Итого	**144**	144	

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1.1	Тема 1. Классификация процессов переноса теплоты в пространстве. Тепловой поток	14	2	2			10
1.2	Тема 2. Теплопроводность при стационарном режиме	14	2	2			10
1.3	Тема 3. Нестационарная теплопроводность	14	2	2			10
1.4	Тема 4. Конвективный теплообмен. Механизм переноса теплоты и количества движения в движущейся среде	14	2	2			10
1.5	Тема 5. Механизм взаимодействия между жидкостью и поверхностью твердого тела. Основы теории пограничного слоя	16	2	4			10
1.6	Тема 6. Теплоотдача при вынужденном движении	20	2	4	4		10
1.7	Тема 7. Теплоотдача при свободном движении. Теплообмен излучением	16	2	4			10
1.8	Тема 8. Теплоотдача при конденсации	18	2	4	2		10

	пара. Теплоотдача при кипении						
1.9	Тема 9. Массообмен. Тепломассообменные аппараты	18	2	4	2		10
	Итого	**144**	**18**	**28**	**8**		**90**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Классификация процессов переноса теплоты в пространстве

Лекция 1. Тепловой поток. Плотность теплового потока. Теплоотдача. Теплопередача. Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи. Термические сопротивления.

Лекция 2. Основное уравнение теплопередачи. Изменение температуры теплоносителей при движении вдоль поверхности теплообмена. Средний температурный напор.

Тема 2. Теплопроводность при стационарном режиме

Лекция 3. Основные физические представления. Температурное поле. Градиент температуры. Закон Фурье. Основное дифференциальное уравнение теплопроводности (уравнение Фурье). Краевые условия.

Лекция 4. Распределение температуры в одно- и многослойных плоских и цилиндрических стенках при граничных условиях 1-го рода. Теплопередача через одно- и многослойные плоские и цилиндрические стенки. Линейная плотность теплового потока. Ложная изоляция. Интенсификация теплопередачи.

Тема 3. Нестационарная теплопроводность

Лекция 5. Решение методом разделения переменных (методом Фурье) нестационарной задачи - теплопроводность в плоской однослойной пластине при граничных условиях III рода.

Лекция 6. Запись решения в обобщенном виде. Критерии Фурье и Био. Анализ решения. задач теплопроводности.

Тема 4. Конвективный теплообмен. Механизм переноса теплоты и количества движения в движущейся среде

Лекция 7. Молекулярный и молярный механизмы переноса. Простейшая модель турбулентного потока по Прандтлю.. Критерий Рейнольдса. Основные уравнения: энергии (Фурье-Кирхгофа), движения (Навье-Стокса), неразрывности (сплошности).

Лекция 8. Виды конвективного теплообмена. Закон Ньютона –Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Критерии кинематического и теплового подобия.

Тема 5. Механизм взаимодействия между жидкостью и поверхностью твердого тела. Основы теории пограничного слоя

Лекция 9. Понятие о динамическом и тепловом пограничных слоях. Представление о структуре турбулентного пограничного слоя.

Лекция 10. Ламинарный динамический пограничный слой на пластине.

Тема 6. Теплоотдача при вынужденном движении

Лекция 11. Гидродинамическая стабилизация. Профиль скорости. Критерий Фруда. Число Эйлера. Тепловая стабилизация. Критерии Пекле и Прандтля. Число Нуссельта. Структура обобщенного уравнения.

Лекция 12. Теплоотдача при продольном омывании плоской поверхности вынужденным потоком жидкости или газа. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах и каналах. Теплоотдача при поперечном обтекании одиночных труб и пучков труб.

Тема 7. Теплоотдача при свободном движении. Теплообмен излучением

Лекция 13. Механизмы процесса. Формы движения в большом объеме. Критерии Галилея, Архимеда, Грасгофа. Структура обобщенного уравнения теплообмена. Конвективный теплообмен в ограниченных пространствах.

Лекция 14. Основные законы: Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Планка, Вина, Ламберта. Лучистый теплообмен между двумя параллельными пластинами. Влияние экранов на лучистый теплообмен. Особенности излучения газов.

Тема 8. Теплоотдача при конденсации пара. Теплоотдача при кипении

Лекция 15. Капельная и плёночная конденсация. Конденсация пара на вертикальной поверхности и вертикальных трубах. Структура обобщенных уравнений.

Лекция 16. Кипение в большом объеме. Структура обобщенного уравнения. Кривые кипения. Кипение в трубах. Особенности процесса. Кризисы кипения. Зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости течения и плотности теплового потока.

Тема 9. Массообмен. Тепломассообменные аппараты

Лекция 17. Основные закономерности тепломассообмена. Причины возникновения и виды диффузии. Диффузионное число Нуссельта и диффузионное число Прандтля. Критериальные уравнения массообмена.

Лекция 18. Классификация тепломассообменных аппаратов. Схемы движения теплоносителей в теплообменных аппаратах. Определение среднего температурного напора. Принцип расчета рекуперативных теплообменных аппаратов.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

Тема 1. Теплопередача через плоскую стенку (граничные условия первого рода)

Семинар 1. Теплопередача через плоскую стенку (граничные условия первого рода)

Тема 2. Теплопроводность через плоскую стенку (граничные условия третьего рода) теплопередача через плоскую стенку

Семинар 2. Теплопроводность через плоскую стенку (граничные условия третьего рода) тепло-передача через плоскую стенку

Тема 3. Теплопроводность через цилиндрическую стенку (граничные условия первого рода)

Семинар 3. Теплопроводность через цилиндрическую стенку (граничные условия первого рода)

Тема 4. Теплопроводность через цилиндрическую стенку (граничные условия третьего рода)

Семинар 4. Теплопроводность через цилиндрическую стенку (граничные условия третьего рода)

Тема 5. Теплопроводность через оребренную поверхность

Семинар 5. Теплопроводность через оребренную поверхность

Тема 6. Теплопроводность при нестационарном режиме

Семинар 6. Теплопроводность при нестационарном режиме

Тема 7. Конвективный теплообмен

Семинар 7. Теория подобия применительно к тепловым процессам. Теплоотдача при движении потока внутри трубы. Теплоотдача при кипении жидкости и конденсации пара

Тема 8. Тепловое излучение

Семинар 8. Тепловое излучение

Тема 9. Тепловой расчет теплообменных аппаратов

Семинар 9. Тепловой расчет теплообменных аппаратов (часть 1)

Семинар 10. Тепловой расчет теплообменных аппаратов (часть 2)

3.4.1 Лабораторные работы:

Тема 1. Определение коэффициента теплопроводности

Тема 2. Исследование теплообмена при пузырьковом кипении жидкости

Тема 3. Определение коэффициента теплопередачи при движении жидкости в трубе

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Выполняется на тему «Расчет и оптимизация теплообменного аппарата»

3.5.1 Выбор варианта, порядок выполнения и оформления курсовой работы

Согласно учебному плану каждый студент направления «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения» должен выполнить курсовую работу по данной дисциплине. Вариант задания, отличающийся значениями исходных данных, берётся в соответствии с учебным шифром студента из приведенной таблицы в Приложении 1.

Курсовая работа выполняется под руководством преподавателя, прежде всего, осуществляющего лекционные и практические занятия. Руководитель проводит необходимые консультации и контролирует выполнение учебного графика.

Курсовая работа должна быть напечатана на компьютерном принтере через 1,5 интервала на стандартных листах бумаги формата А4. На каждой странице должны быть предусмотрены поля: левое 25 мм, верхнее 20 мм, правое 10 мм. В порядке исключения в случае недоступности печатной техники курсовая работа может быть представлена в виде рукописи, выполненной чётким почерком. Страницы должны быть пронумерованы, причём страницы титульного листа и содержания не указываются. Сокращения слов, кроме общепринятых и профессиональных аббревиатур, не допустимы. Объём работы не должен превышать 15 – 20 стр.

Принципиальные положения в тексте работы должны подтверждаться ссылками на литературные источники, перечисленные в порядке упоминания в отдельном списке.

3.4.2 Оформление курсовой работы

– титульный лист по общепринятой форме;

– содержание;

– текст задания и исходных данных по шифру;

– краткое описание схемы установки;

– эскиз теплообменного аппарата);

– формулировка задач и расчётной методики;

– список подразумеваемых исходных данных и их идентификаторов в формулах;

– список балансных уравнений для определения зависимых неизвестных системы, предваряемый кратким поясняющим текстом;

– краткий анализ результатов и инженерные выводы;

– список рекомендуемой литературы.

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 25380-2014 «Термодинамика, прочие аспекты»

4.2 Основная литература

1. Горбачев, М. В. Тепломассообмен : учебное пособие / М. В. Горбачев. — Новосибирск : НГТУ, 2015. — 443 с. — ISBN 978-5-7782-2803-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118074 (дата обращения: 30.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Зейнетдинов, Р. А. Тепломассообмен в элементах теплотехнического Оборудования. Основы тепломассообмена : учебное пособие / Р. А. Зейнетдинов. — Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2020. — 215 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/191390 (дата обращения: 30.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.3 Дополнительная литература

1. Теоретические основы теплотехники : методические указания / составители Е. Е. Корочкина [и др.] ; под редакцией Т. Е. Созиновой. — Иваново : ИГЭУ, 2020. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/183947 (дата обращения: 30.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. ЭОР «Техническая термодинамика»
URL: https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=8115

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Не предусмотрено.

5 Материально-техническое обеспечение

Проведение лекций осуществляется в общеуниверситетских аудиториях, где предусмотрена демонстрация фильмов, слайдов или использование раздаточных материалов. Аудитории АВ2214 и АВ2209.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная, лабораторная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, лабораторные работы консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям по курсу «Тепломассообмен» необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия, определить средства материально-технического обеспечения лекционного занятия и порядок их использования в ходе чтения лекции. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрыть содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по

подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических – обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа.

Преподаватель, принимающий зачёт или экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа студента направлена на:

• изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, лабораторных занятиям и выполнение практических работ и лабораторных работ.

• подготовка и выполнение тестирования с использованием общеобразовательного портала

• написание и защита курсовой работы

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Не следует откладывать работу также из-за нерабочего настроения или отсутствия вдохновения. Настроение нужно создавать самому. Понимание необходимости выполнения работы, знание цели, осмысление перспективы благоприятно влияют на настроение.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы

зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с книгой. Научиться работать с книгой – важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины. Перечень обязательных работ и форма отчетности представлены в таблице.

Перечень обязательных работ, выполняемых в течение семестра по дисциплине «Тепломассообмен»

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля
Тестирование	Оценка преподавателя «зачтено», если результат тестирования по шкале (приложение Б) составляет более 41%.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

7.2.1 Шкала оценивания тестирования

Результат тестирования оценивается по процентной шкале оценки.

Оценка	Количество правильных ответов
отлично	От 81% до 100 %
хорошо	От 61% до 80%
удовлетворительно	От 41% до 60%
неудовлетворительно	40% и менее правильных ответов

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

7.3.1.1 Пример тестовых заданий:

1. Теплообменником называют аппарат, предназначенный…

a. для подвода тепла к теплоносителям

b. для отвода теплоты от теплоносителя

c. для сообщения теплоты одному из теплоносителей в результате его отвода от другого теплоносителя

d. для сообщения теплоты одному из теплоносителей в результате его сообщения к другому теплоносителю

2. Для реализации процесса теплообмена используют…

a. шахматное и распределенное распределение труб

b. шахматное и координированное распределение труб

c. шахматное и коридорное расположение труб

d. шахматное и распределенное расположение труб

3. Какой из процессов отсутствует при теплообмене стенки с капельной жидкостью?

a. конвекция

b. излучение

c. теплопроводность

d. естественная конвекция

Курсовая работа

Задание для расчета. Определить требуемую площадь поверхности теплообмена F кожухотрубного теплообменника и суммарную мощность на прокачивание теплоносителей по его каналам для охлаждения горячего теплоносителя с массовым расходом M_1 от температуры t_1 на входе в теплообменный аппарат до температуры t_2 на выходе из него. Температура холодного теплоносителя (воды) на входе t_2 и выходе - t_2. Горячий теплоноситель движется внутри n труб с внутренним диаметром d_1 14 мм. Толщина стенки трубок, выполненных из нержавеющей стали марки 1Х18Н10Т - 1мм. Вода обтекает трубы теплообменного аппарата продольно, двигаясь в межтрубном канале, образованном наружными поверхностями труб и кожухом с внутренним диаметром D. Длина секции теплообменного аппарата L = 2м.

Таблица№1

	101-132	201-232	301-332	401-432	501-532	601-632	701-732	801-832
Расход горячего теплоносителя M_1 ,кг/с	1.5	2.1	4.2	6	12	21	30	51
Внутренний	0.06	0.08	0.10	0.12	0.15	0.2	0.25	0.3

диаметр кожуха D,м								
Число труб n, шт	4	7	12	19	37	64	109	151

Таблица 2

№	Горячий теплоноситель	t_1' °C	t_1'' °C	t_2' °C	t_2'' °C	№ Варианта*	Схема движения теплоносителей
01	Этанол	160	100	20	80	01	Прямоток
02	Этанол	160	100	40	80	02	Прямоток
03	Этанол	150	120	40	100	03	Прямоток
04	Этанол	140	80	30	90	04	Противоток
05	Этанол	150	90	20	100	05	Противоток
06	Этанол	140	100	40	100	06	Противоток
07	Этанол	120	80	30	90	07	Противоток
08	Этанол	150	100	20	90	08	Противоток
09	Бензол	160	100	20	80	09	Прямоток
10	Бензол	160	100	40	80	10	Прямоток
11	Бензол	150	120	40	100	11	Прямоток
12	Бензол	140	80	30	90	12	Противоток
13	Бензол	150	90	20	100	13	Противоток
14	Бензол	140	100	40	100	14	Противоток
15	Бензол	120	80	30	90	15	Противоток
16	Бензол	150	100	20	90	16	Противоток
17	Ацетон	160	100	20	80	17	Прямоток
18	Ацетон	160	100	40	80	18	Прямоток
19	Ацетон	150	120	40	100	19	Прямоток
20	Ацетон	140	80	30	90	20	Противоток
21	Ацетон	150	90	20	100	21	Противоток
22	Ацетон	140	100	40	100	22	Противоток
23	Ацетон	120	80	30	90	23	Противоток
24	Ацетон	150	100	20	90	24	Противоток
25	Метанол	160	100	20	80	25	Прямоток
26	Метанол	160	100	40	80	26	Прямоток
27	Метанол	150	120	40	100	27	Прямоток
28	Метанол	140	80	30	90	28	Противоток
29	Метанол	150	90	20	100	29	Противоток
30	Метанол	140	100	40	100	30	Противоток
31	Метанол	120	80	30	90	31	Противоток
32	Метанол	150	100	20	90	32	Противоток
33	Масло МС-20	160	100	80	90	33	Прямоток
34	Масло МС-20	160	80	60	70	34	Прямоток
35	Масло МС-20	150	90	70	80	35	Прямоток

7.3.2 Промежуточная аттестация

7.3.2.1 Вопросы к экзамену по модулю «Тепломассообмен»

1. Виды переноса теплоты. Температурное поле и температурный градиент.
2. Теплопроводность. Гипотеза Фурье. Коэффициент теплопроводности. Термическое сопротивление теплопроводности. Плотность теплового потока. Тепловой поток.
3. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Уравнение Фурье. Уравнение Лапласа.
4. Условия однозначности. Граничные условия.
5. Передача теплоты через плоскую стенку при граничных условиях I- рода.
6. Определение плотности теплового потока через многослойную плоскую стенку. Теплопроводность через плоскую стенку при граничных условиях III-рода. Коэффициент теплопередачи.

7. Определение температуры на поверхностях стенки.
8. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях I-рода. Линейная плотность теплового потока для однослойной и многослойной цилиндрических .стенок.
9. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях III-го рода. Линейный коэффициент теплопередачи. Линейная плотность теплового потока.
10. Конвективный теплообмен. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл. Виды конвективного теплообмена.
11. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
12. Критерии подобия конвективного теплообмена и их физический смысл.
13. Обобщенные уравнения теплоотдачи.
14. Динамический пограничный слой.
15. Тепловой пограничный слой.
16. Обобщенные уравнения при обтекании пластины потоком жидкости.
17. Теплообмен при вынужденном течении жидкости в трубах. Обобщенные уравнения.
18. Теплообмен при поперечном обтекании труб. Обобщенные уравнения.
19. Теплообмен при поперечном обтекании пучка труб. Обобщенные уравнения.
20. Теплообмен при свободной конвекции. Обобщенные уравнения.
21. Свободная конвекция в ограниченном объеме.
22. Теплообмен излучением.
23. Теплообмен при конденсации.
24. Теплообмен при кипении в трубах.
25. Теплообмен при кипении в большом объеме.
26. Основные закономерности тепломассообмена.