

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический  
университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель директора по УР  
 Н.И. Никифорова  
« 12 » сч 2021 г.



**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине (модулю)  
**Б1.В.14 «Теоретические основы расчета теплообмена и**  
**теплотехнического оборудования»**  
(код и наименование дисциплины (модуля))  
**15.03.02 «Технологические машины и оборудование»**  
(код и наименование направления подготовки/ специальности)  
**«Оборудование нефтегазопереработки»**  
(наименование профиля/специализации)  
**бакалавр**  
(квалификация)  
Форма обучения очная/ очно-заочная

Нижнекамск, 2021

Составитель ФОС:

Доцент  
(должность)

  
(подпись)

А.А.Сагдеев  
(Ф.И.О.)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры ПАХТ,  
протокол от 16.02 2021 г. № 5

Зав. кафедрой

  
(подпись)

Д.Н.Латыпов  
(Ф.И.О.)

### СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания кафедры МАХП, реализующей  
подготовку основной образовательной программы от 10.03 2021 г. № 4

Зав. кафедрой

  
(подпись)

И.А.Сабанаев  
(Ф.И.О.)

Эксперт:

Руководитель ООП Мадыев И.Н. доц. каф. МАХП  
Ф.И.О., должность, организация, подпись





**Перечень компетенций с указанием уровней их формирования**

**15.03.02 «Технологические машины и оборудование»**

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

**«Оборудование нефтегазопереработки»**

<b>Индекс Компетенции</b>	<b>Содержание компетенции</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b> (указать все темы из РПД)				
		<b>Лекции</b>	<b>Практические занятия, лабораторный практикум</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Курсовая работа</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>
ПК-1	способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки	<i>Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6</i>	<i>Не предусмотрена</i>	<i>Тема 1, Тема 2, Тема 4, Тема 5, Тема 6</i>	<i>Не предусмотрена</i>	Экзамен. Тест.  Лабораторная работа.
ПК-5	способен принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования.	<i>Тема 6</i>	-	<i>Тема 6</i>	-	Экзамен. Тест.  Лабораторная работа.

ПК-6	способен разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	<i>Тема 6</i>	-	<i>Тема 6</i>	-	Экзамен. Тест. Лабораторная работа.
ПК-7	умеет проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений	<i>Тема 6</i>	-	<i>Тема 6</i>	-	Экзамен. Тест. Лабораторная работа.
ПК-23	умеет составлять заявки на оборудование и запасные части, подготавливать техническую документацию на ремонт оборудования	<i>Тема 6</i>	-	<i>Тема 6</i>	-	Экзамен. Тест. Лабораторная работа.

### *Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)*

Форма обучения	Наименование оценочных средств	Количество баллов
Очная, очно-заочная		
	Лабораторные работы.	max 30 - min 21
	Тест	max 30 - min 15
	Экзамен	max 40 - min 24
	Форма контроля	экзамен
	Итого	max 100 - min 60

### *Шкала оценивания*

Цифровое выражение	Выражение в баллах БРС:	Словесное выражение	Описание оценки в требованиях к уровню и объему компетенций
5	от 87 до 100	Отлично (зачтено)	Освоен <b>превосходный</b> уровень всех составляющих компетенций ПК-1, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-23
4	от 73 до 87	Хорошо (зачтено)	Освоен <b>продвинутый</b> уровень всех составляющих компетенций ПК-1, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-23
3	от 60 до 73	Удовлетворительно (зачтено)	Освоен <b>пороговый</b> уровень всех составляющих компетенций ПК-1, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-23
2	до 60	Неудовлетворительно (не зачтено)	<b>Не освоен пороговый</b> уровень всех составляющих компетенций ПК-1, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-23

**Показатели и критерии оценивания компетенций с описанием шкал оценивания**

**15.03.02 «Технологические машины и оборудование»**

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

**«Оборудование нефтегазопереработки»**

<b>Индекс компетенции</b>	<b>Содержание компетенции</b>	<b>Уровни освоения компетенции</b>		
		<b>Пороговый</b>	<b>Продвинутый</b>	<b>Превосходный</b>
ПК-1	способность к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки	<p><b>Знать:</b> передовые достижения науки и техники в областях технологии химических и нефтехимических производств; способы нахождения закономерностей путем обработки научно-технической информации.</p> <p><b>Уметь:</b> с удовлетворительным результатом изучать научно-техническую информацию, анализировать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований.</p> <p><b>Владеть:</b> удовлетворительными способами распространения и сбора результатов исследований, анализа</p>	<p><b>Знать:</b> наиболее значимые достижения науки и техники в областях технологии химических и нефтехимических производств; способы нахождения закономерностей путем обработки научно-технической информации.</p> <p><b>Уметь:</b> на хорошем уровне изучать научно-техническую информацию, анализировать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований.</p> <p><b>Владеть:</b> способами распространения и сбора результатов исследований, анализа отечественного и</p>	<p><b>Знать:</b> передовые достижения науки и техники в областях технологии химических и нефтехимических производств; способы нахождения закономерностей путем обработки научно-технической информации.</p> <p><b>Уметь:</b> эффективно и с высоким конечным результатом изучать научно-техническую информацию, анализировать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований.</p> <p><b>Владеть:</b> наиболее грамотными способами распространения и сбора результатов исследований, эффективного анализа отечественного и зарубежного опыта по тематике исследований.</p>

		отечественного и зарубежного опыта по тематике исследований.	зарубежного опыта по тематике исследований.	
ПК-5	способность принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	<p><b>Знать:</b> основы проектирования структуры материальных потоков, теплообменных и массообменных процессов; выбора аппарата.</p> <p><b>Уметь:</b> на удовлетворительном уровне применять современные технологии для проектирования отдельных стадий производственных процессов с выявлением оптимальных и рациональных режимов работы оборудования.</p> <p><b>Владеть:</b> удовлетворительными навыками проектирования отдельных технологических</p>	<p><b>Знать:</b> приемы эффективного проектирования структуры материальных потоков, механических, гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов; выбора аппарата.</p> <p><b>Уметь:</b> на хорошем уровне применять современные технологии для проектирования отдельных стадий производственных процессов с выявлением оптимальных и рациональных режимов работы оборудования.</p>	<p><b>Знать:</b> технологию проектирования механических, гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов, а также структуры материальных и энергетических потоков; выбора аппарата.</p> <p><b>Уметь:</b> грамотно применять современные технологии для проектирования отдельных стадий производственных процессов с выявлением оптимальных и рациональных режимов работы оборудования.</p> <p><b>Владеть:</b> приемами и методами эффективного и</p>



		стадий производственных процессов с использованием соответствующего программного обеспечения.	<b>Владеть:</b> способами самостоятельного проектирования отдельных технологических стадий производственных процессов с использованием соответствующего программного обеспечения.	рационального проектирования отдельных технологических стадий производственных процессов с использованием соответствующего программного и информационного обеспечения.
ПК-6	способность разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	<p><b>Знать:</b> перечень, номенклатуру и требования к рабочей, проектной и технической документации.</p> <p><b>Уметь:</b> на удовлетворительном уровне оформлять законченные проектно-конструкторские работы на основе использования соответствующих стандартов и норм ЕСКД.</p> <p><b>Владеть:</b> удовлетворительными навыками разработки проектной документации на основе примеров и готовых шаблонов.</p>	<p><b>Знать:</b> структуру, наиболее важные положения и содержание рабочей, проектной и технической документации.</p> <p><b>Уметь:</b> достаточно грамотно оформлять законченные проектно-конструкторские работы на основе использования соответствующих стандартов и норм ЕСКД.</p> <p><b>Владеть:</b> на хорошем уровне навыками разработки проектной документации, в полной мере удовлетворяющей требованиям нормативных документов.</p>	<p><b>Знать:</b> все требования к структуре и содержанию рабочей, проектной и технической документации.</p> <p><b>Уметь:</b> на профессиональном уровне оформлять законченные проектно-конструкторские работы на основе использования соответствующих стандартов и норм ЕСКД.</p> <p><b>Владеть:</b> полноценными навыками самостоятельной разработки проектной документации, в полной мере удовлетворяющей требованиям нормативных документов.</p>
ПК-7	умение проводить	Знать: самые основы	Знать: принципы	Знать: в полной мере

	предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений	<p>формирования себестоимости, цены, выручки, прибыли и заработной платы на предприятии.</p> <p>Уметь: применять готовые схемы для выполнения расчетов основных показателей производственно-хозяйственной деятельности предприятий в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.</p> <p>Владеть: приемами и методами анализа, организации и планирования важнейших показателей организационно-хозяйственной деятельности предприятия.</p>	<p>формирования себестоимости, цены, выручки, прибыли и заработной платы на предприятии.</p> <p>Уметь: применять готовые алгоритмы для исследования производственно-хозяйственной деятельности предприятий в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.</p> <p>Владеть: приемами и методами анализа, организации и планирования важнейших показателей организационно-хозяйственной деятельности предприятия.</p>	<p>технологии формирования себестоимости, цены, выручки, прибыли и заработной платы на предприятии.</p> <p>Уметь: применять экономико-организационные методы для исследования производственно-хозяйственной деятельности предприятий в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.</p> <p>Владеть: приемами и методами анализа, организации и планирования важнейших показателей организационно-хозяйственной деятельности предприятия.</p>
ПК-23	умением составлять заявки на оборудование и запасные части, подготавливать техническую документацию на ремонт оборудования	<p>Знать: правила и формы для составления заявок на оборудование и запасные части</p> <p>Уметь: практически самостоятельно составлять заявки на оборудование и запасные части, подготавливать техническую документацию на ремонт</p>	<p>Знать: на хорошем уровне правила и формы для составления заявок на оборудование и запасные части.</p> <p>Уметь: самостоятельно составлять заявки на оборудование и запасные части, подготавливать техническую</p>	<p>Знать: на высоком уровне правила и формы для составления заявок на оборудование и запасные части.</p> <p>Уметь: в полной мере самостоятельно составлять заявки на оборудование и запасные части, подготавливать техническую</p>

		<p>оборудования. Владеть: базовыми навыками подготовки технической документации на ремонт оборудования.</p>	<p>документацию на ремонт оборудования. Владеть: хорошими навыками подготовки технической документации на ремонт оборудования.</p>	<p>документацию на ремонт оборудования. Владеть: полноценными навыками подготовки технической документации на ремонт оборудования.</p>
--	--	---	--	--

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»**

*Факультет механический*

*Кафедра ПАХТ*

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
Профиль «Оборудование нефтегазопереработки»

**Комплект экзаменационных вопросов  
по дисциплине Б1.В.14 «Теоретические основы расчета теплообмена и  
теплотехнического оборудования»**

1. Три простейших вида переноса тепла.
2. Основные положения теории теплопроводности; стационарные и нестационарные температурные поля.
3. Основной закон теплопроводности (закон Фурье).
4. Дифференциальное уравнение теплопроводности твердого тела.
5. Коэффициент теплопроводности и его физический смысл.
6. Теплопроводность в плоской системе.
7. Теплопроводность в цилиндрической стенке.
8. Критический диаметр изоляции.
9. Передача теплоты через плоскую стенку.
10. Передача теплоты через цилиндрическую стенку.
11. Вопросы интенсификации теплопередачи.
12. Передача теплоты через ребристую стенку.
13. Передача теплоты через шаровую стенку.
14. Основы теории конвективного теплообмена.
15. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
16. Основы теории подобия.
17. Общий вид критерия уравнения и частные случаи.
18. Конвективный теплообмен при турбулентном движении жидкости в трубе.
19. Конвективный теплообмен при поперечном омывании одиночной трубы.
20. Конвективный теплообмен при поперечном омывании пучков труб.
21. Конвективный теплообмен при свободном движении среды.
22. Конвективный теплообмен при ламинарном движении жидкости в трубе.
23. Теплообмен при кипении жидкости.

24. Теплообмен при конденсации пара. Влияние различных факторов на теплообмен при конденсации.
25. Лучистый теплообмен. Тепловое излучение. Классификация излучения по длинам волн.
26. Основы теплообмена излучением. Поглощательная, отражательная и пропускательная способность тел.
27. Спектральная и интегральная излучательная способность АЧТ. Законы Планка и Вина.
28. Излучательная способность серого тела и понятие степени черноты.
29. Закон Стефана-Больцмана для АЧТ. Расчет излучения реальных тел.
30. Закон Кирхгофа. Связь между излучательной и поглощательной способностью тел.
31. Экраны. Излучение газов. Сложный теплообмен.
32. Понятие эффективного излучения. Лучистый теплообмен между двумя параллельными пластинами.
33. Типы теплообменных аппаратов.
34. Основные положения теплового расчета. Средний температурный напор.

### **Критерии оценки знаний студентов на экзамене**

На экзамене студент, ответив **на три** экзаменационных вопроса, может получить максимальное кол-во баллов – 40.

Оценка «**отлично**» за ответ на **1 вопрос** выставляется, если интервал баллов рейтинга студента  $11 \leq R < 13,3$  и студент:

- показал глубокие и всесторонние знания по вопросу билета в соответствии с учебной программой, основной и дополнительной литературой, требований к выполнению соответствующих физических законов ( $6,5 \leq R < 7,7$ );
- самостоятельно, логически стройно и последовательно излагает учебный материал, демонстрируя умение анализировать различные научные взгляды, аргументированно отстаивать собственную позицию ( $1,5 \leq R < 2,0$ );
- творчески связывает теоретические положения с практикой ( $1,5 \leq R < 2,0$ );
- обладает культурой речи ( $1,5 \leq R < 2,0$ ).

Оценка «**хорошо**» за ответ на **2 вопроса** выставляется, если интервал баллов рейтинга студента  $9,6 \leq R < 10,9$  и студент:

- показывает твердые и достаточно полные знания по вопросу билета в соответствии с учебной программой, уверенно ориентируется в основной литературе, знает требования к физическим законам ( $6,6 \leq R < 7,2$ );
- самостоятельно и последовательно излагает учебный материал, предпринимает попытки анализировать различные научные взгляды и обосновать собственную позицию, при этом допускает незначительные ошибки ( $1,0 \leq R < 1,3$ );
- умеет связывать теоретические положения с практической деятельностью ( $1,0 \leq R < 1,2$ );
- отличается развитой речью ( $1,0 \leq R < 1,2$ ).

Оценка «**удовлетворительно**» за ответ на **вопрос** выставляется, если интервал баллов рейтинга студента  $8 \leq R < 9,5$  и студент:

- показывает твердые знания по вопросу билета в соответствии с учебной программой, ориентируется лишь в некоторых литературных источниках, знает отдельные требования к физическим законам ( $4,5 \leq R < 5,3$ );
- учебный материал излагает репродуктивно, допуская некоторые ошибки ( $0,9 \leq R < 1,1$ );
- предпринимает попытки анализировать различные научные взгляды, обосновать собственную позицию по требованию преподавателя ( $0,9 \leq R < 1,0$ );
- с трудом умеет установить связь теоретических положений с практикой ( $0,8 \leq R < 1,1$ );
- речь не всегда логична и последовательна ( $0,9 \leq R < 1,0$ ).

Оценка «**неудовлетворительно**» за ответ на **вопрос** выставляется, если рейтинг студента  $R < 8$  баллов и студент:

- демонстрирует незнание основных положений вопроса билета ( $R < 4$ );
- не ориентируется в основных литературных источниках ( $R < 1,0$ );
- не знает требований к соответствующим физическим законам ( $R < 1,5$ );
- не в состоянии дать самостоятельный ответ на вопросы, обосновать собственную позицию ( $R < 0,5$ );
- не умеет устанавливать связь теоретических положений с практикой ( $R < 0,5$ );
- речь слабо развита и маловыразительна ( $R < 0,5$ ).

Оценка знаний студентов на экзамене выставляется по результатам оценок за ответы на вопросы билета.

*По результатам ответов на три вопроса выставляется:*

- «**отлично**», если интервал рейтинга за экзамен составляет  $33 \leq R < 40$ ;
- «**хорошо**», если интервал рейтинга за экзамен составляет  $28,8 \leq R < 32,7$ ;
- «**удовлетворительно**», если интервал рейтинга за экзамен составляет  $24 \leq R < 28,5$ ;
- «**неудовлетворительно**», если интервал рейтинга  $R < 24$  баллов.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Факультет механический*

*Кафедра ПАХТ*

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
Профиль «Оборудование нефтегазопереработки»

### **Тест**

#### **по дисциплине Б1.В.14 «Теоретические основы расчета теплообмена и теплотехнического оборудования»**

1. Теплопередачей называется:
  - 1) перенос тепла от горячей среды к холодной через разделяющую стенку
  - 2) одновременный перенос теплоты конвекцией и теплопроводностью
  - 3) перенос тепла между непосредственно соприкасающимися телами или частями тел с различной температурой
2. Критическое значение критерия Рейнольдса:
  - 1) 2000
  - 2) 2300
  - 3) 3000
  - 4) 3200
  - 5) 10000
3. Какие критериальные уравнения соответствуют данным случаям:
  - 1) Развитый турбулентный режим газов                      а)  $Nu = f(Gr, Pr)$
  - 2) Свободное движение жидкости                              б)  $Nu = f(Re)$
  - 3) Ламинарное движение жидкости                            в)  $Nu = f(Re, Gr, Pr)$
4. При каких условиях возникают процессы кипения и конденсации жидкости
  - 1) при нагревании
  - 2) при изменении агрегатного состояния
  - 3) при охлаждении
5. С увеличением влажности материала коэффициент теплопередачи
  - 1) не меняется
  - 2) убывает
  - 3) возрастает
6. Какие бывают режимы кипения
  7. Согласно закону Вина:

- 1) с увеличением длины волны энергия лучей возрастает
  - 2) с увеличением температуры длина волны соответствующая максимуму уменьшается
  - 3) с увеличением температуры тела энергия его увеличивается
8. По скольким основным схемам может осуществляться движение жидкости в теплообменном аппарате
- 1) 2
  - 2) 3
  - 3) 4
  - 4) 5
9. Что такое сложный теплообмен
- 1) учитывающий все виды теплообмена
  - 2) учитывающий теплопроводность и излучение
  - 3) учитывающий конвекцию и излучение
  - 4) учитывающий теплопроводность и конвекцию
10. Основной закон теплопроводности:
- 1)  $Q = k \cdot F \cdot \Delta t$
  - 2)  $Q = \alpha \cdot F \cdot \Delta t$
  - 3)  $Q = -\lambda \cdot F \cdot \tau \cdot (\partial t / \partial n)$
11. При одинаковых условиях средний температурный напор больше в аппаратах
- 1) с прямотоком
  - 2) с противотоком
12. Что характеризуют данные критерия:
- 1) Gr а) отношение сил инерции к силам вязкости
  - 2) Ga б) конвективный теплообмен между жидкостью и поверхностью твердого тела
  - 3) Nu в) физические свойства жидкости
  - 4) Pr г) соотношение подъемной силы, возникающей вследствие разности плотностей жидкости и силы молекулярного трения
  - 5) Fo д) связь между скоростью изменения температурного поля, физическими параметрами размерами тел
  - 6) Re е) соотношения силы тяжести и силы молекулярного трения
13. Согласно закону Планка с увеличением длины волны
- 1) интенсивность излучения возрастает на всем диапазоне длин волн
  - 2) интенсивность излучения убывает на всем диапазоне длин волн
  - 3) энергия лучей возрастает при некоторой длине волны достигает максимума затем убывает
14. По принципу работы теплообменных аппаратов бывают:
- 1) регенеративные
  - 2) смесительные
  - 3) рекуперативные
  - 4) змеевиковые
  - 5) с внутренним источником тепла



15. Коэффициент теплопередачи имеет вид:

$$1) k = \frac{1}{\alpha_1 + \delta/\lambda + \alpha_2}$$

$$2) k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$3) k = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$$

16. Во сколько раз уменьшится теплоотдача при установке 2 экранов между параллельными пластинами (если поверхности стенок и экранов одинаковы)

1) 2

2) 3

3) 4

4) 5

5) 6

17. Функцией каких величин является коэффициент теплопередачи:

$$1) \alpha = f(\omega, \lambda, \mu, \rho, c, x, t_{\text{ср}}, t_{\text{н\ddot{o}}}, \hat{O}, L)$$

$$2) \alpha = f(x, y, z, \tau)$$

18. Как называются отдельные места обогреваемой поверхности, где зарождаются пузырьки пара

19. При каких условиях справедливо уравнение теплового баланса

1) при отсутствии тепловых потерь

2) при отсутствии перепада температур

3) при отсутствии смешения обоих теплоносителей

4) при отсутствии фазовых переходов

20. Закон Вина имеет вид:

$$1) I_{0\lambda} = \frac{c_1 \cdot \lambda^{-5}}{e^{c_2/\lambda T} - 1}$$

$$2) \lambda_m = \frac{2,9}{T}$$

$$3) \lambda_m = \frac{I_{0\lambda}}{T}$$

21. Какое существует общее правило для интенсификации теплопередачи

1) уменьшить толщину стенки

2) заменить свободную конвекцию на вынужденную

3) уменьшить наибольшее термическое сопротивление

4) заменить материал на другой более теплопроводный

22. Что называется эффективным излучением

$$1) \dot{A}_{\text{y\ddot{o}}} = \dot{A}_{\text{n\ddot{i}a}} + R \cdot \dot{A}_{\text{i\ddot{a}a}}$$

$$2) \dot{A}_{\dot{y}\dot{o}} = \dot{A}_{\dot{n}\dot{i}\dot{a}} + \dot{A} \cdot \dot{A}_{\dot{i}\dot{a}\dot{a}}$$

$$3) \dot{A}_{\dot{y}\dot{o}} = \dot{A}_{\dot{n}\dot{i}\dot{a}} + (1 - \dot{A})\dot{A}_{\dot{i}\dot{a}\dot{a}}$$

23. Термическое сопротивление плоской и цилиндрической стенки

$$1) 2\lambda \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$2) \frac{\delta}{\lambda}$$

$$3) \frac{1}{2\lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$4) \frac{\lambda}{\delta}$$

24. Что называется конвективным теплообменом

- 1) процесс теплообмена между стенкой и движущейся средой при наличии разности температур
- 2) процесс переноса тепла от одной среды к другой через стенку
- 3) совместный процесс конвекции и теплопроводности

25. Три простейших вида переноса тепла:

- 1) теплопроводность
- 2) теплопередача
- 3) конвекция
- 4) излучение

26. Коэффициент температуропроводности выражается формулой

$$1) a = \frac{c}{\rho \cdot \lambda}$$

$$2) a = \frac{\rho}{c \cdot \lambda}$$

$$3) a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}$$

27. Какие различают виды конвекции?

28. Закон Кирхгофа имеет вид:

$$1) \frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = E_0$$

$$2) \frac{A_1}{E_1} = \frac{A_2}{E_2} = 1$$

$$3) A = \varepsilon$$

29. Коэффициенты теплопроводности чистых металлов, за исключением алюминия, с возрастанием температуры:

- 1) убывают
- 2) увеличиваются
- 3) не меняются

30. Коэффициент теплоотдачи:

- 1) характеризует способность вещества проводить теплоту
- 2) характеризует интенсивность теплообмена между жидкостью и поверхностью канала
- 3) выражает количество теплоты, проходящей через единицу поверхности стенки в единицу времени от горячей к холодной среде при разности температур между ними в  $1^{\circ}$ .

31. Основные уравнения для расчета теплообменных аппаратов:

- 1) уравнение Фурье
- 2) уравнение теплопередачи
- 3) уравнение теплового баланса
- 4) уравнение Ньютона – Рихмана

32. Выберите систему дифференциальных уравнений для конвективного теплообмена:

- 1) уравнение движения идеальной жидкости
- 2) уравнение теплопроводности жидкости (энергии)
- 3) уравнение теплообмена
- 4) уравнение теплопроводности твердых тел
- 5) уравнение движения вязкой жидкости
- 6) уравнение сплошности и неразрывности

#### **Критерии оценки теста:**

Ответ оценивается на **«отлично» от 27 до 30 баллов:** если даны правильные ответы на 28 и более вопросов, т.е. правильно выполнено 88-100% работы.

Ответ оценивается на **«хорошо» от 21 до 26 баллов:** если даны правильные ответы на 23 - 27 вопросов, т.е. правильно выполнено 72-84% работы.

Ответ оценивается на **«удовлетворительно» от 15 до 20 баллов:** если даны правильные ответы на 18 - 22 вопросов, т.е. правильно выполнено 56-68% работы.

Ответ оценивается на **«неудовлетворительно»:** если правильно выполнено менее 55 % работы.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Факультет механический*

*Кафедра ПАХТ*

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
Профиль «Оборудование нефтегазопереработки»

**Лабораторные работы  
по дисциплине Б1.В.14 «Теоретические основы расчета  
теплообмена и теплотехнического оборудования»**

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения: лабораторного оборудования, образцов для исследований, методических пособий. Цель проведения лабораторных работ - практическое освоение теоретических положений лекционного материала, а также выработка студентами определенных умений и навыков самостоятельного экспериментирования.

При изучении дисциплины **Б1.В.14 «Теоретические основы расчета теплообмена и теплотехнического оборудования»** предусматривается выполнение *шести* лабораторных работ:

**Лабораторная работа №1. Определение коэффициента теплопроводности твердого материала.**

1. Что такое теплопроводность?
2. Механизм распространения теплоты теплопроводностью в металлах, газах и жидкостях.
3. Закон Фурье.
4. Что называется коэффициентом теплопроводности?
5. Как влияют температура, давление и влажность на теплопроводность материалов?
6. Как определяется температура между слоями в многослойной плоской стенке?

**Лабораторная работа №2. Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции.**

1. Что называется конвективным теплообменом?
2. Какие различают виды конвекции?
3. Закон Ньютона – Рихмана.
4. Какие факторы влияют на конвективный теплообмен?
5. Функцией каких величин является коэффициент теплоотдачи?
6. Какими критериями подобия характеризуется конвективный теплообмен для газов и жидкостей?

**Лабораторная работа №3. Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденной конвекции.**

1. Что характеризует критерий Рейнольдса ?
2. Что характеризует критерий Грасгофа ?
3. Что характеризует критерий Прандтля ?
4. Что характеризует критерий Фурье ?
5. . Что характеризует критерий Нуссельта?
6. Общий вид критериального уравнения при вынужденном движении жидкости

**Лабораторная работа №4. Лучистый теплообмен.**

1. Как осуществляется лучистый теплообмен?
2. Какая связь между длиной волны и частотой колебаний?
3. Закон Кирхгофа.
4. Что называется коэффициентом поглощения, отражения и пропускания?
5. Закон Планка и его графическое изображение.
6. Закон Вина.

**Лабораторная работа №5. Исследование процесса теплопередачи в кожухотрубчатом теплообменном аппарате.**

1. Что называется теплопередачей?
2. Что называется коэффициентом теплопередачи?
3. Описать передачу теплоты через стенку.
4. Что называется теплообменным аппаратом.?
5. На какие группы делятся теплообменные аппараты?
6. Основные уравнения при расчете теплообменных аппаратов.

**Лабораторная работа 6. Расчетно-экспериментальное определение коэффициента теплопередачи.**

1. Подобие процессов конвективного теплообмена.
2. Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителей в трубах.
3. Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании труб.
4. Общий вид критериального уравнения при турбулентном движении.

5. Общий вид критериального уравнения при ламинарном режиме.
6. Общий вид критериального уравнения при поперечном обтекании труб.

### **Критерии оценки лабораторных работ**

За эти работы студент может получить максимальное кол-во баллов –

**30. Каждая лабораторная работа оценивается по следующим критериям:**

Оценка «отлично» ставится, если интервал баллов рейтинга студента  $4,5 \leq R \leq 5$  и студент выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов с наибольшей точностью; соблюдает требования правил безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно оценивает точность результатов измерений; умеет выполнять анализ погрешностей прямых и косвенных измерений.

Оценка «хорошо» ставится, если интервал баллов рейтинга студента  $4 \leq R < 4,5$  и выполнены требования к оценке 5, но было допущено два - три недочета, или не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если интервал баллов рейтинга студента  $3,5 \leq R < 4$  и работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки: а) опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большой погрешностью; б) в отчете допущено не более двух грубых ошибок; в) не выполнен совсем или выполнен неверно анализ погрешностей.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если балл рейтинга студента составляет  $R < 3,5$  и работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

### **Критерии оценки лабораторной работы**

При подготовке к лабораторной работе по дисциплине **Б1.В.14 «Теоретические основы расчета теплообмена и теплотехнического оборудования»**

студент должен выполнить следующие виды работ:

<b>Виды работ</b>	<b>Минимальный балл</b>	<b>Максимальный балл</b>
Самостоятельная проработка теоретического материала к лабораторной работе	0,7	1
Ознакомление с установкой, прибором, методикой выполнения лабораторной работы	0,7	1
Выполнение необходимого эксперимента	0,7	1
Обработка результатов исследования, построение графиков	0,7	1
Анализ результатов исследования и вывод по работе	0,7	1
<b>ИТОГО :</b>	<b>3,5</b>	<b>5</b>

Материалы лабораторных работ приведены в учебном пособии, разработанном на кафедре :

Сагдеев К.А., Хазипов М.Р., Сагдеев А.А., Гумеров Ф.М. «Термодинамика и основы теплопередачи» : учебное пособие.- Нижнекамск : НХТИ 2016.- 81 с.

