

*МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ*  
**НОВОСИБИРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)**  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н. КОСЫГИНА  
(ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)»**  
(НТИ (филиал) РГУ им. А.Н. Косыгина)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**для самостоятельной работы,**  
**контрольные задания для обучающихся**  
**по дисциплине: «Теория тепло-массообмена»**

для направления: 29.03.05 **«Конструирование изделий легкой  
промышленности»**

**2019**

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой по дисциплине: «Теория тепло-массообмена» для направления 29.03.05 Конструирование изделий легкой промышленности

Составитель

канд.техн.наук, доцент

\_\_\_\_\_

Печурина Г.Г.

Рецензент:

канд.техн.наук, доцент

\_\_\_\_\_

Заушицына Е.В.

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры Безопасность жизнедеятельности и физвоспитания «28»августа 2019 г. протокол №1

Зав. кафедрой

канд.техн.наук, доцент

\_\_\_\_\_

Тихонова О.В.

Методические указания к для самостоятельной работы, контрольные задания для обучающихся по дисциплине: «Теория тепло-массообмена» для студентов НТИ (филиала) РГУ им. А.Н. Косыгина , Напр. 290000, 3-е издание, доп. и переработанное/ Сост. Г.Г. Печурина; НТИ (филиал) РГУ им. А.Н. Косыгина. – Новосибирск, 2019.

## Содержание

	Введение	4
1	Содержание разделов учебной дисциплины по видам занятий	6
2	Содержание дисциплины, контрольные вопросы	9
3	Формы контроля	13
	Рекомендуемая литература	25
	ПРИЛОЖЕНИЯ	26

## ВВЕДЕНИЕ

Рабочая программа учебной дисциплины «Теория тепло-массообмена», разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО к уровню подготовки выпускника по направлению **29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности»**

Учебная дисциплина «Теория тепло-массообмена» является вариативной в Блоке 1, устанавливающей базовые знания для получения профессиональных знаний и умений.

В результате изучения учебной дисциплины **обучающийся должен:**  
(Перечень частных компетенций (в виде знаний, умений и навыков), полученных в ходе освоения разделов и тем дисциплины в рамках общих компетенций)

### **знать:**

ИД-1<sub>ОПК-1</sub> *знать* области естественнонаучных и общетехнических знаний: основные понятия и определения теории теплообмена, теории массообмена;

ИД-1<sub>ПК-5</sub> *знать*: содержание и последовательность выполнения этапов разработки технологических процессов производства изделий легкой промышленности, основы энергосбережения.

### **уметь:**

ИД-2<sub>ОПК-1</sub> *уметь* выделять из естественнонаучных и общетехнических знаний, требуемые в производстве одежды, обуви, кожгалантереи, аксессуаров, изделий из кожи и меха, решать задачи, связанные с теплообменом в любой среде;

ИД-2<sub>ПК-5</sub> *уметь*: оценивать технико-экономические показатели технологических процессов производства изделий легкой промышленности, использовать полученные знания в производственных условиях представлять в общих чертах содержание основных этапов их разработки;

### **владеть:**

ИД-3<sub>ОПК-1</sub> *владеть* навыками совершенствования процессов производства одежды, обуви, кожгалантереи, аксессуаров, изделий из кожи и меха на основе естественнонаучных и общетехнических знаний, способами расчета количества теплоты, массы

ИД-3<sub>ПК-5</sub> *владеть*: навыками организации и управления разработками технологических процессов производства изделий легкой промышленности, обеспечивающих высокие технико-экономическими показателями изделий, методами анализа причин возникновения потерь в тепло-массообменных процессах.

В соответствии с ФГОС ВО выпускник по направлению подготовки 29.03.05 Конструирование изделий легкой промышленности, квалификация «бакалавр» после изучения данной дисциплины должен обладать следующими компетенциями (представлены в таблице 1).

Соответствие результатов освоения дисциплины «Теория тепло-массообмена» формируемым компетенциям ООП представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Компетентностные характеристики обучающегося по дисциплине «Теория тепло-массообмена»

Наименование компетенции	Содержание компетенции
Общепрофессиональные (ОПК -1)	Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в области профессиональной деятельности
Профессиональные (ПК-5)	Организовывает процессы разработки изделий легкой промышленности с высокими технико-экономическими показателями

В дисциплине рассматриваются:

- общие закономерности протекания процессов тепло-массообмена, основные показатели, их влияние на выход готового продукта;
- теплоиспользующие установки, движение материальных и тепловых потоков, аппаратное оформление технологических процессов;
- влияние тепломассообмена на качество непродовольственных товаров и сырья.

Для закрепления теоретических знаний и развития у обучающихся умений и навыков предусмотрены лабораторные работы, тест\* и выполнение контрольной работы, которые призваны побуждать обучающихся к дискуссии и самостоятельному поиску справочной литературы.

Для проверки знаний обучающихся в конце изучения каждой темы проводится рубежный контроль.

Итоговая форма контроля: - зачет.

№ раз дел а	Наименование раздела дисциплины, используемые образовательные технологии, интерактивные методы)	Содержание раздела				
		№ темы	Наименование темы, дидактика	Объем, час		Ссы лки на комп етен ции
				ДО	ЗО	
Семестр 4						
1	Теория теплообмена (ЛК-дискуссия; ИТ-методы и т.д.)	1.1	Основные понятия и законы переноса теплоты. Закономерности переноса теплоты и количественные характеристики процесса. Механизмы передачи теплоты ( <b>теплопроводность, конвекция, излучение</b> )	2	2	ОПК -1 ПК-5
		1.2	Основные законы теплопроводности: закон Био-Фурье; Коэффициент теплопроводности. Теплопроводность плоской однослойной и многослойной стенки; теплопроводность цилиндрической стенки	2		
		1.3	Конвективный теплообмен: закон Ньютона-Рихмана; коэффициент теплоотдачи; теория подобия; законы свободной и вынужденной теплоотдачи	2		
		1.4	Сложный теплообмен. <b>Теплопередача.</b> Методы расчета теплообменных процессов обработки изделий легкой промышленности.	2		
	Самостоятельн ое изучение	СИ-1	Закономерности переноса теплоты и количественные характеристики теплообменных процессов.	2	20	
		СИ-2	Коэффициент теплопроводности, интервалы значений различных материалов (металлы, ткани, кожа, вода, газ и т.д.).	2		
		СИ-3	Критерии подобия Nu (Нуссельта); Re (Рейнольдса); Pr (Прандтля); Gr (Грасгофа). Физический смысл критериев подобия.	1		
		СИ-4	Излучение	1		
		СИ-5	Применение теплоты в отрасли ,Интенсификация теплообмена	2		
		Контактная работа	СРП	Самостоятельная работа под руководством преподавателя		
КАТ			Контроль за текущей аттестацией	1		
КСР			Контроль самостоятельной работы студентов	8	8	
КоР			Часы на контрольные работы		2.0	
ИТОГО				9	8	
Промежуточный контроль		Тестирование				
Итого по разделу 1				8/8/9		2/20/8

2	Основы массообмена (ЛК-дискуссия; IT-методы и т.д.)	2.1	Основные понятия и определения теории массообмена. Молекулярная и конвективная диффузия. Основные уравнения. Массоотдача, массопередача	2	2	ОП К-1 ПК-5	
		2.2	Водяной пар (диаграммы состояния (P-V, T-S). Свойства влажного воздуха. Влагосодержание, относительная влажность, энтальпия влажного воздуха. I-x – диаграмма влажного воздуха.	4			
		2.3	Тепло- массообменные устройства, применяемые в легкой промышленности, основы энергосбережения	3			
	Самостоятельное изучение	СИ-6	Основы теории процессов тепло и массообмена (балансы количества теплоты, массы). Общий вид уравнений скорости процессов	2	18		
		СИ-7	Основные массообменные процессы. Основы теории сушки. Движущая сила процесса. Возможности интенсификации процесса на примере процесса сушки.	1			
		СИ-8	Влагосодержание, относительная влажность, энтальпия влажного воздуха	2			
		СИ-9	Влияние тепломассообменных процессов на свойства и качество материалов на примере процесса сушки				
		СИ-10	Методы расчета тепломассообменных процессов обработки изделий легкой промышленности.	2			
		СИ-11	Оценка несовершенства тепломассообменных технологических процессов, повышение эффективности производства.				
	Контактная работа	СРП	Самостоятельная работа под руководством преподавателя				
		КАТ	Контроль за текущей аттестацией	1			
КСР		Контроль самостоятельной работы студентов	10	10			
КоР		Часы на контрольные работы		2.0			
ИТОГО		11	10				
Промежуточный контроль		Контрольная работа.					
Итого по разделу 2				9/10/11		2/18/10	
Итого по семестру				17/18/37		4/38/22	
Итоговый контроль		Зачет					
Итого по учебной дисциплине				17/18/37		4/38/22	
Итого интерактивные формы обучения*				17		8	

## 1.2 Лабораторные занятия

Для выполнения лабораторных работ используется виртуальная лаборатория «Теплообменные процессы»

Компьютерная программа предназначена для имитационного выполнения лабораторных работ при изучении курса «Теория тепло-массообмена» с целью выработки навыков измерения параметров теплотехнических устройств, обработки получаемых результатов, закрепления

основных теоретических положений дисциплины. Лабораторные работы выполняются в мини-коллективах по 2-3 человека.

Таблица 1.2 – Характеристика лабораторных учебных занятий

Ссылки на компетенции	№ ЛБ	Наименование темы практического занятия	Объем, час		Учебная деятельность студента
			ДО	ЗО	
Семестр 4					
ОПК-1, ПК-5	ЛБ-1	Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов (метод цилиндрического слоя)» (ИТ –методы, командная работа, проблемное и индивидуальное обучение, разбор конкретных ситуаций)	5	4	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Выполняют</b> задания входного контроля: обоснованно отвечают в какой последовательности, с помощью каких приборов какие параметры необходимо измерять</li><li>• <b>формулируют</b> цель эксперимента.</li><li>• <b>описывают</b> ход эксперимента и проводят его.</li><li>• <b>определяют</b> по граничным условиям коэффициент теплопроводности.</li><li>• <b>определяют</b> термическое сопротивление исследуемого материала, ряда материалов</li><li>• <b>сравнивают</b> термические сопротивления различных материалов, <b>приводят</b> примеры изоляционных материалов</li><li>• <b>формулируют</b> вывод по итогам эксперимента.</li></ul>
ОПК-1, ПК-5	ЛБ-2	Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции (метод струны) (ИТ –методы, командная работа, проблемное и индивидуальное обучение; разбор конкретных ситуаций)	6		<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Выполняют</b> задания входного контроля: обоснованно отвечают в какой последовательности, с помощью каких приборов какие параметры необходимо измерять.</li><li>• <b>формулируют</b> цель эксперимента.</li><li>• <b>описывают</b> ход эксперимента и проводят его.</li><li>• <b>выполняют</b> по заданной методике расчет экспериментального коэффициента теплоотдачи.</li><li>• <b>рассчитывают</b> с помощью теории подобия коэффициент теплоотдачи.</li><li>• <b>производят</b> на основе полученных данных расчет погрешностей.</li><li>• <b>формулируют</b> вывод по работе.</li></ul>
ОПК-1, ПК-3	ЛБ-3	Определение параметров влажного воздуха (ИТ –методы, командная работа, проблемное и индивидуальное обучение)	6	4	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Выполняют</b> задания входного контроля :обоснованно отвечают в какой последовательности, с помощью каких приборов какие параметры необходимо измерять.</li><li>• <b>формулируют</b> цель эксперимента.</li><li>• <b>описывают</b> ход эксперимента и проводят его.</li><li>• <b>рассчитывают</b> с помощью уравнений параметры влажного воздуха.</li><li>• <b>проводят построение</b> на диаграмме точек и определяют свойства влажного воздуха графически.</li><li>• <b>производят</b> на основе полученных данных расчет погрешностей.</li><li>• <b>формулируют</b> вывод по работе.</li></ul>
Итого по семестру			17	8	
Итого по дисциплине			17	8	
Итого интерактивные формы обучения			17	8	



## **2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

### **МОДУЛЬ 1 Теория теплообмена**

#### **1.1 Основные понятия и законы переноса теплоты**

Обучающийся должен:

*знать:*

- основные понятия и определения
- сущность теплообменных процессов;
- принципы составления тепловых балансов;
- механизмы (виды, способы,) передачи теплоты (теплопроводность, конвекция, излучение);

*уметь:*

- составлять тепловые балансы;
- использовать количественные характеристики процесса.

*Контрольные вопросы:*

1. Основные понятия и определения: температурное поле; тепловой поток; тепловой баланс.
2. Механизмы передачи тепла.
3. Способы проведения тепловых процессов.
4. Закономерности переноса теплоты

#### **1.2 Основные законы теплопроводности**

Обучающийся должен:

*знать:*

- сущность процессов теплопроводности;
- основной закон теплопроводности (закон Био-Фурье);
- уравнения теплопроводности через однослойные плоские и цилиндрические стенки;
- уравнения теплопроводности через многослойные плоские и цилиндрические стенки

*уметь:*

- выбирать материал с учетом коэффициента теплопроводности;
- подбирать информацию из справочной литературы для расчета процессов теплопроводности;

*владеть:*

- методами расчета тепловой нагрузки для различных случаев теплообмена;
- методами расчета температуры стенок оборудования;
- методами расчета коэффициентов теплопроводности.

ЛБ-3 Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов (метод цилиндрического слоя);

*Контрольные вопросы:*

1. Процесс теплопроводности.
2. Основной закон теплопроводности.
3. Уравнение теплопроводности.
4. Коэффициент теплопроводности твердых материалов, жидкостей, газов.
5. Теплопроводность через плоские и цилиндрические стенки.

#### **1.3 Конвективный теплообмен**

Обучающийся должен:

*знать:*

- сущность процесса теплоотдачи;
- основной закон конвективного теплообмена (закон Ньютона-Рихмана);
- свободную и вынужденную конвекцию;
- элементы теории подобия;

*уметь:*

- подбирать информацию из справочной литературы для расчета процессов теплообмена и критериев теплового подобия;

*владеть:*

- методами расчета тепловой нагрузки для различных случаев теплообмена;
- методами расчета коэффициента теплоотдачи и критериев теплового подобия.

ЛБ-1 Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции (метод струны).

*Контрольные вопросы:*

1. Конвективный перенос тепла.
2. Свободная и вынужденная конвекция.
3. Уравнение теплоотдачи.
4. Коэффициент теплоотдачи.
5. Теория подобия.
6. Основные критерии теплового подобия и их физический смысл (Nu (Нуссельта); Re (Рейнольдса); Pr (Прандтля); Gr (Грасгофа)).
7. Уравнения для различных случаев теплоотдачи.

#### **1.4 Сложный теплообмен. Теплопередача. Излучение**

Обучающийся должен:

*знать:*

- процесс теплопередачи, основное уравнение теплопередачи;
- виды движения теплоносителей;
- влияние гидродинамической структуры потоков на среднюю движущую силу процесса теплопередачи;
- сущность лучистого теплообмена;
- законы Стефана-Больцмана и Кирхгофа;

*уметь:*

- выбирать уравнения для расчета коэффициента теплопередачи;
- использовать типовые методики для расчета процессов теплопередачи и лучистого теплообмена;
- выбирать рациональную схему движения теплоносителей

*владеть:*

- методами расчета тепловой нагрузки для различных случаев теплообмена;
- методами расчета коэффициента теплопередачи;
- методами анализа причин возникновения потерь в тепловых процессах и аппаратах.

ЛБ-2 Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции (метод струны) (в т.ч. Раздел: Мощность теплового потока через поверхность струны в окружающую среду за счет теплового излучения определяется по закону Стефана-Больцмана)

*Контрольные вопросы:*

- 1.Лучеиспускание. Законы Стефана-Больцмана и Кирхгофа.
- 2.Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи.
- 3.Коэффициент теплопередачи.
- 4.Движущая сила процесса теплопередачи.
- 5.Движущая сила процесса - средняя разность температур.

6. Виды движения теплоносителей, их сравнение.
7. Потери тепла в окружающую среду. Теплоизоляция.
8. Применение теплоты в отрасли, Интенсификация теплообмена

## **МОДУЛЬ 2 Основы массообмена**

### **2.1 Основные понятия и определения теории массообмена.**

Обучающийся должен:

*знать:*

- назначение массообменных процессов и их классификацию;
- основные массообменные процессы;
- основы теории массопередачи;
- основные понятия молекулярной и турбулентной диффузии;
- уравнение массоотдачи;
- влияние гидродинамической структуры потоков на среднюю движущую силу процесса массопередачи;
- основы теории сушки, движущую силу процесса;
- принципы создания безотходных, экологически чистых производств;

*уметь:*

- составлять материальный баланс массообменного процесса;
- использовать методики расчета критериев диффузионного подобия;
- интенсифицировать массообменный процесс (на примере процесса сушки).

*Контрольные вопросы:*

1. Процессы массопередачи. Материальный баланс и уравнение рабочей линии процесса. Направление процессов массопередачи.
2. Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Конвективный перенос массы.
3. Уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи.
4. Подобие процессов массообмена.
5. Уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи.
6. Движущая сила процессов массопередачи. Средняя движущая сила.
7. Суть процесса сушки.
8. Интенсификация процессов массообмена.

### **2.1 Водяной пар, свойства влажного воздуха.**

Обучающийся должен:

*знать:*

- общую характеристику процесса парообразования;
- свойства водяного пара;
- диаграммы состояния водяного пара (P-V, T-S);
- свойства влажного воздуха;
- I-x диаграмму влажного воздуха;
- методы расчета тепломассообменных процессов;

*уметь:*

- рассчитывать свойства влажного воздуха;
- выполнять построение процесса сушки на диаграмме I-x, определять параметры воздуха;
- оценить несовершенство тепломассообменных процессов.

*владеть:*

- графически методами построения на диаграмме точек и определения свойств влажного воздуха

ЛБ-3 Определение параметров влажного воздуха

*Контрольные вопросы:*

1. Свойства пара.
- 2.
3. Влагосодержание, относительная влажность, энтальпия влажного воздуха.
4. Влияние тепломассообменных процессов на свойства и качество материалов.
5. Методы расчета тепломассообменных процессов обработки изделий легкой промышленности.
6. Оценка несовершенства тепломассообменных технологических процессов.
7. Повышение эффективности производства.

## **3 ФОРМЫ КОНТРОЛЯ**

### **3.1 ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

#### **3.1.1 Контрольная работа для обучающихся по заочной форме**

Обучающийся – заочник должен получить теоретические знания в соответствии с программой по направлению, уметь применять эти знания в практической деятельности, действовать самостоятельно, эффективно, в соответствии с поставленными задачами.

Согласно рабочему учебному плану, обучающиеся -заочники выполняют домашнюю контрольную работу в сроки, установленные учебным графиком.

Цель выполнения контрольной работы – научить самостоятельно пользоваться учебной и нормативной литературой, приобрести навыки письменно излагать материал по конкретным вопросам, которые могут возникнуть в практической деятельности.

Задание для выполнения контрольной работы разработано в 30 вариантах. В каждом варианте содержатся теоретические вопросы и задачи.

Выбор условий задач и теоретических вопросов производится согласно таблицам вариантов. Вариант определяется двумя **последними цифрами номера зачетной книжки обучающегося**.

Перед выполнением контрольной работы необходимо внимательно изучить методические указания к темам и рекомендуемую литературу, в соответствии с программой.

#### **3.1.2 Оформление контрольной работы**

Контрольная работа выполняется на компьютере шрифтом Times New Roman, размером 14 и напечатана на бумаге формата А4 на лицевой стороне каждого листа. Титульный лист – ПРИЛОЖЕНИЕ А.

Контрольная работа может быть выполнена в ученической тетради (10-12 листов). Работа должна быть выполнена грамотно и аккуратно, четким, разборчивым почерком. Не допускается сокращение слов (кроме общепринятых сокращений).

Контрольная работа может быть выполнена на компьютере шрифтом Times New Roman, размером 14 и напечатана на бумаге формата А4 на лицевой стороне каждого листа.

Текстовая и расчетная часть.

В текстовой и расчетной части, выполненной по ГОСТ 2.105 – 95 «Общие требования к текстовым документам», ответы на поставленные вопросы, описание расчетов и результаты расчетов.

Оформляя работу, необходимо пронумеровать страницы, отвести *поля шириной 2-3 см* для замечаний рецензента, привести четкую формулировку вопроса и план выбранной темы, изложив ответ на него. При необходимости, текст ответа можно дополнить чертежами, схемами и рисунками, выполненными в любой технике, но четко и аккуратно. Между ответами следует оставлять несколько строчек для замечаний преподавателя по работе.

Ответ на контрольные вопросы позволяет методически связать теоретические основы с практическими расчетами. Обучающийся отвечает на теоретические вопросы (по одному из каждого раздела дисциплины). Для получения рейтинговой оценки достаточной для допуска к зачету, необходимо полностью изложить ответы на вопросы согласно таблице вариантов. Дополнительные баллы начисляются за углубленную проработку отдельных вопросов, выполнение презентации (+5 баллов).

Все решения задач начинаются с выполнения рисунка, схемы, диаграммы, на которые наносятся исходные данные задачи, направления материальных и тепловых потоков, определяемые параметры. В тексте решений приводить краткие пояснения перед каждым вычислением с ссылкой на схему и используемую литературу. При вычислении вначале приводится формула, затем записывают цифровые значения в том же порядке, как в формуле, и результат расчета. Отдельно записываются единицы измерения каждого

параметра, входящего в формулу, и выводится единица измерения определяемой величины. При расчете использовать только Международную систему СИ. Все физические параметры берутся из литературы [1, 2, 3, 4], делается ссылка на эту литературу. В конце задания приводится список использованных источников.

В конце работы поставить *дату* выполнения работ и *подпись*.

Выполненная работа сдаётся в НТИ (филиал) РГУ им.А.Н.Косыгина .

При получении отрецензированной работы обучающийся должен выполнить все указания рецензента. Работа над ошибками, дополнения к ответам, согласно рецензии, выполняется в этой же тетради.

*На рецензию не принимаются работы:*

- выполненные по неправильно выбранному варианту;
- переписанные у других обучающихся;
- выполненные небрежно, неразборчивым почерком.

Возвращенные без рецензии (но с обязательным указанием причины возврата) работы обучающийся обязан выполнить повторно, в соответствии со своим вариантом и требованиями, предъявляемыми к контрольным работам, и вновь сдать в НТИ (филиал) РГУ им.А.Н.Косыгина.

Для получения рейтинговой оценки, достаточной для допуска к зачету обучающийся должен выполнить верно и в установленные сроки задачи. Обучающийся может получить дополнительные 1-8 баллов за теоретическое объяснение хода решения задач. При сдаче контрольной работы позже установленного срока баллы снижаются (-1-5 баллов) в зависимости от времени сдачи контрольной работы на проверку.

После выполнения контрольной работы обучающийся допускается к сдаче зачета.

### 3.1.2 Варианты для контрольной работы

Номер варианта контрольной работы соответствует двум последним цифрам зачетной книжки обучающегося. Номера заданий приведены в таблице 3.1.

Критерии оценки:

30 баллов - За полностью выполненную и в срок сданную контрольную работу;

25-29 баллов - За полностью выполненную и сданную после срока контрольную работу;

20-24 балла – за выполненную на 70% и сданную после срока контрольную работу.

15-19 баллов – за выполненную на 50% и сданную после срока контрольную работу

Таблица 3.1- Варианты контрольной работы

Вариант	Номера заданий				
1	2	3	4	5	6
1	1	31	61	91	121
2	2	32	62	92	122
3	3	33	63	93	123
4	4	34	64	94	124
5	5	35	65	95	125
6	6	36	66	96	126
7	7	37	67	97	127
8	8	38	68	98	128
9	9	39	69	99	129
10	10	40	70	100	130
11	11	41	71	101	131
12	12	42	72	102	132

13	13	43	73	103	133
14	14	44	74	104	134
15	15	45	75	105	135
16	16	46	76	106	136
17	17	47	77	107	137
18	18	48	78	108	138
19	19	49	79	109	139
20	20	50	80	110	140
21	21	51	81	111	141
22	22	52	82	112	142
23	23	53	83	113	143
24	24	54	84	114	144
25	25	55	85	115	145
26	26	56	86	116	146
27	27	57	87	117	147
28	28	58	88	118	148
29	29	59	89	119	149
30	30	60	90	200	150

### 3.1.3 Задания для контрольной работы

1. Способы и виды передачи тепла.
2. Основное уравнение теплопередачи.
3. Физический смысл коэффициента теплопередачи и его размерность.
4. Движущая сила процесса теплопередачи. Почему необходим расчет средней движущей силы процесса теплопередачи?
5. Закон Фурье.
6. Физический смысл коэффициента теплопроводности и его размерность.
7. Свойства теплоизоляционных материалов.
8. Передача тепла через однослойную плоскую стенку.
9. Передача тепла через многослойную плоскую стенку.
10. Передача тепла через цилиндрическую многослойную стенку
- 11- 30. Рассчитать плотность теплового потока  $q$  (Вт/м<sup>2</sup>) в пакете одежды. Рассчитать температуру  $t_1$  и  $t_2$  в местах контактов слоев. Исходные данные в таблице 3.2

31- 39. Подобрать материал- утеплитель для пакета обуви и рассчитать достаточную толщину слоя, чтобы температура внутренней поверхности не превышала  $t_{вн}$ , температура наружной поверхности  $t_{нар}$ . Рассчитать температуру  $t_1$  и  $t_2$  в местах контактов слоев. Исходные данные в таблице 3.3

Таблица 3.3

Вариант	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Пакет обуви	1 слой – замша, $\delta_1 = 0,1$ мм, $\lambda_1 = 0,04$ Вт/м град								
	Искусственный мех	Натуральный мех	Текстильная подкладка (шерсть)			Текстильная подкладка (шерсть)			
$t_{вн}, ^\circ\text{C}$	35	32	36	34	29	36	38	33	31

$t_{нар}, ^\circ\text{C}$	-10	-20	-15	-7	-30	-8	0	+5	-40
---------------------------	-----	-----	-----	----	-----	----	---	----	-----

40. Закон Ньютона. Физический смысл коэффициента теплоотдачи и его размерность.
  41. Средний температурный напор при прямотоке и противотоке.
  42. Передача тепла конвекцией, критерии подобия.
  43. Определение коэффициента теплоотдачи в зависимости от режима движения теплоносителя.
  44. Приведите вид критериальных уравнений при различных режимах движения теплоносителей по трубам и вне труб.
  45. Приведите вид критериального уравнения при конденсации пара и кипении жидкости.
  46. Законы свободной и вынужденной теплоотдачи.
  47. Способы интенсификации процесса теплоотдачи.
  48. Основные понятия и определения, механизмы переноса тепла.
  49. Основные критерии теплового подобия и их физический смысл.
  50. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи.
  51. Коэффициент теплопередачи.
  52. Связь между коэффициентом теплопередачи и коэффициентами теплоотдачи.
  53. Лучистый теплообмен. Физические основы.
  54. Передача тепла лучеиспусканием. Закон Стефана-Больцмана.
  55. Физический смысл и размерность коэффициента лучеиспускания.
  56. Закон Кирхгофа. Совместная передача тепла конвекцией и лучеиспусканием.
  57. Расчет тепловых нагрузок теплообменных аппаратов при нагревании, охлаждении, испарении и конденсации.
  58. Источники тепловой энергии в промышленности. Нагревающие и охлаждающие агенты, их характеристика.
  59. Классификация теплообменных аппаратов. Основные требования, предъявляемые к теплообменникам.
  60. Устройство теплообменника с оребренной поверхностью, достоинства и недостатки его.
- Таблица 3.4 61- 70 Определить потери тепла  $Q$ , Вт поверхностью сапог размерами  $D$  (наружный диаметр условного цилиндра) и  $\ell$  – его длина,  $\omega$  – скорость движения воздуха, температура внутренней поверхности  $t_{вн}$  и наружной поверхности сапога  $t_{нар}$ . Расчет провести: 1 – для вынужденного движения воздуха при скорости  $\omega$ ; 2 – для свободного движения воздуха Исходные данные в таблице 3.4.

Вариант	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
$D$ , мм	200	264	210	280	195	160	185	215	237	248
$t_{вн}, ^\circ\text{C}$	35	32	36	30	38	36	38	31	29	33
$t_{нар}, ^\circ\text{C}$	0	-10	+5	-20	+10	-15	0	-7	-29	-12
$\ell$ , м	0,5	0,35	0,7	0,4	0,6	0,45	0,6	0,48	0,31	0,35
$\omega$ м/с	10	5	4	10	8	3	8	5	9	12



Таблица 3.2

Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	1 слой – подкладочный материал, арт. С-455, полиэфир 100%, $\delta_1 = 0,1$ мм, $\lambda_1 = 0,154$ Вт/м град										1 слой – подкладочный материал, арт. 2с2кв (100% вискоза) $\delta_1 = 0,2$ мм, $\lambda_1 = 0,13$ Вт/м град;									
Пакет одежды	2 слой – сентипон (100% ПЭФ) $\delta_2 = 18$ мм, $\lambda_2 = 0,08$ Вт/м град 3 слой – ткань «Орбита» арт. 81402 (25% хлопок, 75% ПЭФ) $\delta_3 = 0,5$ мм, $\lambda_3 = 0,1$ Вт/м град		2 слой – ватин (85% шерсть, 15% регенирированные и химические волокна) $\delta_2 = 6$ мм, $\lambda_2 = 0,033$ Вт/м град 3 слой – ткань «Юпитер» арт. 87408 (67% ПЭФ, 33% вискоза) $\delta_3 = 0,4$ мм, $\lambda_3 = 0,126$ Вт/м град		2 слой – нетканый утеплитель Thinsulate (65% ПП, 35% ПЭФ) $\delta_2 = 10$ мм, $\lambda_2 = 0,038$ Вт/м град 3 слой – ткань «Лидер» арт. 81408 (33% хлопок, 67% ПЭФ) $\delta_3 = 0,4$ мм, $\lambda_3 = 0,11$ Вт/м град		2 слой – нетканый утеплитель холлофайбер тип Дюрафил, $\delta_2 = 20$ мм, $\lambda_2 = 0,062$ Вт/м град 3 слой – креп-велюр арт. С-5563-S (70% шерсть, 30% полиамид) $\delta_3 = 1,73$ мм, $\lambda_3 = 0,094$ Вт/м град		2 слой – нетканый утеплитель холлофайбер тип Бритбонд, $\delta_2 = 20$ мм, $\lambda_2 = 0,081$ Вт/м град 3 слой – графит арт. С-3805 (45% шерсть, 55% вискоза) $\delta_3 = 0,37$ мм, $\lambda_3 = 0,067$ Вт/м град		2 слой – ватин холостопрощивной арт. 927621 (85% шерсть, 15% лавсан) $\delta_2 = 1,32$ мм, $\lambda_2 = 0,061$ Вт/м град 3 слой – драп $\delta_3 = 3,3$ мм, $\lambda_3 = 0,045$ Вт/м град		2 слой – ватин холостопрощивной арт. 937627 (45% шерсть, 55% полиамид) $\delta_2 = 1,14$ мм, $\lambda_2 = 0,048$ Вт/м град 3 слой – мех овчина $\delta_3 = 6,4$ мм, $\lambda_3 = 0,04$ Вт/м град		2 слой – ватин (85% шерсть, 15% регенирированные и химические волокна) $\delta_2 = 6$ мм, $\lambda_2 = 0,033$ Вт/м град 3 слой – ткань «Юпитер» арт. 87408 (67% ПЭФ, 33% вискоза) $\delta_3 = 0,4$ мм, $\lambda_3 = 0,126$ Вт/м град		2 слой – нетканый утеплитель холлофайбер тип Дюрафил, $\delta_2 = 20$ мм, $\lambda_2 = 0,062$ Вт/м град 3 слой – креп-велюр арт. С-5563-S (70% шерсть, 30% полиамид) $\delta_3 = 1,73$ мм, $\lambda_3 = 0,094$ Вт/м град		2 слой – сентипон (100% ПЭФ) $\delta_2 = 18$ мм, $\lambda_2 = 0,08$ Вт/м град 3 слой – ткань «Орбита» арт. 81402 (25% хлопок, 75% ПЭФ) $\delta_3 = 0,5$ мм, $\lambda_3 = 0,1$ Вт/м град	
$t_{сТ1}, ^\circ\text{C}$	29	32	36	31	30	36	38	31	29	32	35	36	33	34	31	36	35	32	36	34
$t_{сТ2}, ^\circ\text{C}$	3	5	2	2	-7	0	-9	2	-1	5	1	-10	-11	-6	-5	-15	0	-8	5	-10

60. Устройство теплообменника с оребренной поверхностью, достоинства и недостатки его.

71-80. Определить тепловую нагрузку  $Q$  в Вт и площадь поверхности теплообмена  $F$  в  $m^2$  для нагрева  $M$  кг/с жидкости от температуры  $t_1$  °С до температуры кипения  $t_{кип}$  °С с помощью горячей жидкости, температура которой изменяется от  $t_{2н}$  °С до  $t_{2к}$  °С. Коэффициент теплопередачи  $K$  в Вт/м<sup>2</sup>\*К. Движение носителей – противоточное, табл.3.5

Таблица 3.5

Вариант	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Среда	бензол		сероуглерод		метанол		хлороформ		этилацетат	
$M$ , кг/с	1,9	1,64	2,1	1,8	1,95	1,6	1,85	2,15	1,37	1,48
$t_1$ , °С	25	32	16	21	20	16	18	21	19	22
$t_{2н}$ , °С	100		90		100		90		100	
$t_{2к}$ , °С	30	35	27	24	27	31	29	32	31	35
$K$ , Вт/м <sup>2</sup> *К	320	375	450	410	340	335	285	315	395	405

81. Схемы, устройство и принцип действия кожухотрубных теплообменников с компенсирующими устройствами.

82. Схема, устройство, область применения, достоинства и недостатки теплообменника «труба в трубе»

83. Схема, устройство, область применения, достоинства и недостатки пластинчатого теплообменника, пластинчатого калорифера.

84. Схема, устройство, область применения, достоинства и недостатки спирального теплообменника.

85. Схема, устройство, область применения, достоинства и недостатки теплообменника смешения.

86. Правила эксплуатации и пути интенсификации работы теплообменной аппаратуры.

87. Какой теплоноситель подают в трубное пространство?

88. Классификация промышленных способов подвода и отвода тепла.

89. Требования, предъявляемые к теплоносителям, их сравнительные характеристики и области применения

90. Теплообменные аппараты, их классификация.

91. Массообменные процессы, их характеристика. Способы выражения состава фаз.

92. Уравнение материального баланса процесса массообмена и уравнение рабочей линии.

93. Основное отличие рабочей концентрации от равновесной в процессе массообмена, линия равновесия.

94. Движущая сила процесса массопередачи. Основное уравнение массопередачи.

95. Коэффициент массопередачи, физический смысл и единицы измерения.

96. Процесс массообмена между фазами. Молекулярная диффузия, закон Фика.

97. Конвективная диффузия. Теория подобия, критерия подобия диффузионных процессов.

98. Средняя движущая сила процесса массопередачи.

99. Определение числа единиц переноса массообменного процесса.

100. Сушка. Способы сушки.

101. Связь влаги с материалом.

102. Состояние равновесия, равновесная влажность материала.

103. Статика сушки.

104. Свойства влажного воздуха.

105.  $I - x$  - диаграмма влажного воздуха.

106. Материальный баланс процесса сушки. Расход воздуха на сушку.

107. Тепловой баланс процесса сушки.

108. Изображение процесса сушки на  $I - x$  - диаграмме.

109. Кинетика сушки. Кривая сушки.

110. Кривая скорости сушки.

111. Классификация основных типов сушилок, их достоинства и недостатки.

112. Сравнение и выбор сушилок.

113. Специальные методы сушки.

- 114.Схема сушки токами высокой частоты, её достоинства.
115. Водяной пар.
116. Влияние процессов тепломассообмена на свойства и качество материала.
- 117.Методы расчета тепломассообменных процессов обработки изделий легкой промышленности.
118. Оценка несовершенства тепломассообменных технологических процессов, повышение эффективности производства.
119. Тепло- массообменные устройства, применяемые в легкой промышленности, основы энергосбережения.
120. Тепловлажностные процессы и оборудование.

121-130. Определить расход воздуха на сушку, если в сушилку подается  $M$  кг/с влажного материала с начальной влажностью  $u_1$  % (масс.). Конечная влажность материала  $u_2$  % (масс.). Сушка проводится в городе. Состояние воздуха характеризуется следующими параметрами: на входе в сушку  $t_1$  °C; на выходе сушилки:  $t_2$  °C,  $\phi_2$  %; табл. 3.6

Таблица 3.6

Вариант	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
$M$ , кг/с	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
$u_1$ , % (масс)	12,8	13,2	15,6	14,1	10,8	8,7	11,9	13,4	10,5	9,6
$u_2$ , % (масс)	3,1	2,4	3,2	1,8	2,4	0,5	2,6	2,5	1,3	0,9
$t_1$ , °C	110	100	90	100	120	110	130	80	120	110
город	Казань	Баку	Воронеж	Курск	Москва	Орел	Омск	Томск	Тамбов	Уфа
$t_2$ , °C	45	50	50	60	45	50	55	45	50	45
$\phi_2$ , %	70	50	30	70	60	50	70	30	50	70

131-140 Определить расход теплоты  $Q_k$  в Вт и расход греющего пара  $D_n$  в кг/с для нагрева  $L$  кг/с воздуха в калорифере. Давление греющего пара  $P$  МПа. Состояние воздуха характеризуется параметрами: на входе в калорифер:  $t_0$  °C,  $x_0$  кг/кг, на выходе из калорифера  $t_1$  °C, данные в табл.3.7.

Таблица 3.7

Вариант	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
$L$ , кг/с	1,9	2,1	1,6	1,8	3,0	3,2	2,8	2,4	2,7	2,1
$t_0$ , °C	25	20	15	20	30	20	25	15	25	30
$x_0$ , кг/кг	0,014	0,016	0,012	0,008	0,010	0,018	0,014	0,009	0,016	0,012
$t_1$ , °C	110	130	120	110	120	130	120	110	120	130
$P$ , МПа	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2

141-150 Составить материальный баланс процесса сушки, рассчитать производительность по высушенному материалу и испарившейся влаге, если в сушилку поступает  $M$  кг/ч влажного материала с начальной абсолютной влажностью  $u_1'$  % (масс.). Конечная абсолютная влажность материала  $u_2'$  % (масс.), табл. 3.7.

Таблица 3.7

Вариант	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
$M \cdot 10^{-3}$ , кг/с	80	120	100	250	130	150	260	350	250	180
$u_1'$ , % (масс)	40,2	113,2	85,6	141	108	87	119	134	105	96
$u_2'$ , % (масс)	10,8	9,5	11,9	11,2	56	40,9	9,3	7,6	11,5	19,4

### 3.1.2Выполнение контрольной работы обучающихся очной формы

Обучающийся должен получить теоретические знания в соответствии с программой дисциплины по направлению, уметь применять эти знания в практической деятельности, действовать самостоятельно, эффективно, в соответствии с поставленными задачами.

Согласно рабочему учебному плану, обучающиеся выполняют контрольную работу в сроки, установленные учебным графиком.

Контрольная работа выполняется обучающимся в присутствии педагогического работника.

Контрольная работа: «Свойства влажного воздуха. Построение процесса регенерации воздуха на I-x-диаграмме. Определение свойств рабочего тела и изображение процессов на диаграмме (на примере влажного воздуха)».

Контрольная работа оценивается: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Текст контрольного задания представлен ниже.

Министерство науки и высшего  
образования РФ

КОНТРОЛЬНЫЙ БИЛЕТ № 01

НТИ (филиал) РГУ  
им.А.Н.Косыгина

По дисциплине Теория тепло-массообмена  
Факультет ТиД, ЗОиЭ

Курс 2

Свойства влажного воздуха. Построение процесса регенерации воздуха на I-x-диаграмме.  
Определение свойств рабочего тела и изображение процессов на диаграмме (на примере влажного воздуха)

Построить процессы нагрева, охлаждения и смешения воздуха на I-x диаграмме, определить в  
параметры

точек А, В,С. Параметры точек:

А  
 $\phi_0=40\%$   
 $t_p=15^{\circ}\text{C}$   
 $n=3$

С  
 $\phi_0=50\%$   
 $P_{2\text{нас}}=7\text{кПа}$

Составил

Печурина Г.Г.

Утверждаю:  
Зав. кафедрой

Тихонова О.В.

### Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если полностью выполнена контрольная работа, построены все заданные процессы и точки, определены свойства воздуха для 3-х точек;
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если выполнена контрольная работа частично, построены не все заданные процессы и точки, определены свойства воздуха для 2-х точек;
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если выполнена контрольная работа частично, построены не все заданные процессы и точки, определены частично свойства воздуха для 2-х точек;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если контрольная работа не выполнена или построены заданные процессы и точки с принципиальными ошибками, не определены или определены с ошибками свойства воздуха для 1-ой точки;

### 3.2 Тестирование

После изучения Модуля 1 обучающийся отвечает на вопросы теста. Тест содержит около 7 вопросов. Тест оценивается: «зачтено» или «не зачтено». Вариант теста представлен ниже.

### Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если из 7 вопросов правильные ответы составляют 75% (если количество правильных ответов составляет 55-74% - собеседование);
- оценка «не зачтено» если количество правильных ответов составляет менее 54%

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
**НОВОСИБИРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)**  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н. КОСЫГИНА  
(ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)»**  
(НТИ (филиал) РГУ им. А.Н. Косыгина)

**ТЕСТ**

По дисциплине (циклу дисциплин) **Теория тепло-массообмена**  
Направление **29.03.05 Конструирование изделий легкой промышленности**  
Факультет **Технологии и дизайна, Заочного обучения и экстерната**

1. Закончите фразу:

1. Перенос тепла, происходящий между телами с различной температурой, наз.

\_\_\_\_\_  
2. Различают следующие процессы распространения тепла:

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_.

3. Механизм теплопроводности характерен для \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_.

4. Выберите правильный вариант продолжения фразы в вопросах 1-8.

- А) увеличивается;  
Б) составление теплового баланса;  
В) уравнение теплообмена;  
Г) падение температуры;  
Д) постоянна; Е) средняя движущая сила;  
Ж) серые;                      З) прозрачные.  
И) средняя;

1. Расчет количества тепла невозможен без \_\_\_\_\_.  
2. При расчете процесса теплопередачи необходимо использовать \_\_\_\_\_.  
3. Перенос тепла самопроизвольно проходит в направлении \_\_\_\_\_.  
4. При увеличении температуры коэффициент теплопроводности газов \_\_\_\_\_.  
5. При установившемся процессе коэффициент теплоотдачи величина \_\_\_\_\_.  
6. С точки зрения теплового излучения все реальные тела \_\_\_\_\_.  
7. С точки зрения теплового излучения большая часть газов \_\_\_\_\_.  
8. При расчете теплового баланса используют \_\_\_\_\_ теплоемкость.

5. Из предложенных уравнений выберите и запишите уравнения теплопроводности и теплопередачи:

1.  $dQ = \lambda \Delta t dF dt$

2.  $dQ = \alpha \Delta t dF dt$

3.  $dQ = \delta / \lambda (\Delta t dF d\tau)$

4.  $dQ = [\Delta t dF d\tau] / (\delta / \lambda)$

5.  $dQ = K \Delta t dF d\tau$

6.  $dQ = K / \delta (\Delta t dF d\tau)$

6. Выберите факторы, уменьшающие скорость тепловых процессов:

1. Абсорбция;                      4. Использование насосов;  
2. Перемешивание;              5. Увеличение температуры  
3. Увеличение вязкости;        6. Замена жидкого теплоносителя на газ.

7. Из предложенных уравнений выберите и запишите уравнения критериев Фурье, Нуссельта и Пекле:

$$1. Pe = \omega d / a$$

$$2. Nu = \alpha l / \lambda$$

$$3. Re = d \omega \rho / \mu$$

$$4. Fo = a \tau / l^2$$

$$5. Ga = g l^3 / \nu^2$$

$$6. Pr = \nu / a$$

Составил: Печурина Г.Г.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная литература

Техническая термодинамика и теплопередача : учеб. для бакалавров / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во Юрайт, 2013. - 566 с.  
<http://www.znaniyum.com/>

**Дополнительная литература:**-2. Теплотехника : учеб. пособие для студ. очной и заочной формы обучения / А.Ф.Апальков. - Ростов н/Д : Феникс, 2008. - 186 с. - (Высшее образование).

3. Техническая термодинамика и теплотехника : учеб. пособие для вузов / под ред. А.А.Захаровой. - 2-е изд., испр. - М. : Академия, 2008. - 272 с.

### **Учебно-методическая литература:**

4 Печурина Г.Г., Кривошапов П.Г. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине Теория тепломассообмена. –Новосибирск, НТИ (филиал) РГУ им.А.Н.Косыгина, 2019г.50с

5 Печурина Г.Г. Методические указания к для самостоятельной работы, контрольные задания для обучающихся по дисциплине: «Теория тепло-массообмена» для студентов НТИ (филиала) МГУДТ, Напр. 380000, 3-е издание, доп. и переработанное. – Новосибирск: НТИ (филиал) РГУ , 2019г. -30с..

**Базы данных, Интернет-ресурсы, информационно-справочные и поисковые системы**  
<http://www.znaniyum.com/>.

Электронный ресурс удаленного доступа

6.Тепломассообмен: Учебное пособие [Электронный ресурс] / А.А. Кудинов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 375 с. – Режим доступа: <http://www.znaniyum.com>

7.Теоретические основы теплотехники[Электронный ресурс] /Ляшков В. И. - М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 328 с. – Режим доступа: <http://www.znaniyum.com>

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Пример оформления титульного листа

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
**НОВОСИБИРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)**  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н. КОСЫГИНА  
(ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)»**  
(НТИ (филиал) РГУ им. А.Н. Косыгина)

Факультет : ТиД (ЗОиЭ)

Кафедра “Безопасность жизнедеятельности и физвоспитания”

Направление подготовки:

29.03.05 Конструирование изделий легкой промышленности

Работа зачтена

Руководитель работы

Доцент, канд.техн. наук

\_\_\_\_\_ Г.Г. Печурина

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 г.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Дисциплина: ТЕОРИЯ ТЕПЛО-МАССООБМЕНА

Вариант № \_\_\_\_\_

Выполнил: ст. гр. КИ-91

А.А. Иванов

Новосибирск 2019

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Теплопроводность материалов при 20 °С

Материал	$\lambda$ , Вт/м · К
Выросток	0,1
кожа для верха обуви хромового дубления	0,10
кожа подкладочная	0,16
кожа подошвенная	0,28
толстая резина	0,04
кларино	0,05
СК мягкая	0,14
кирза	0,07
кожа лакированная	0,14
меховая овчина	0,04
искусственный мех	0,04
войлок шерстяной	0,04
замша	0,04
байка п/ш	0,03
сукно	0,04
драп	0,04
плащевая ткань	0,03
подкладка	0,03
сентефон	0,04
ватин	0,05
шелк	0,05
шлаковата	0,06
стекловолокно	0,05
минеральная вата	0,04
фанера клееная	0,15
жесть	58
сталь	46
стекло	0,74
сосна	0,14-0,7
термоэластопласт	0,2
кожа стелечная	0,09
войлок (нетканое полотно)	0,15
резина пористая	0,20
картон	0,12
полиуретан	0,25
кожволон	0,2



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Физические свойства воды на линии насыщения [1]

t, °C	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	i, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	c, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$\lambda \cdot 10^2$ , $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$\mu \cdot 10^6$ , Па·с	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	Pr
0	1000	0	4,23	55,1	1790	1,79	13,7
10	1000	41,9	4,19	57,5	1310	1,31	9,52
20	998	83,8	4,19	59,9	1000	1,01	7,02
30	996	126	4,18	61,8	804	0,81	5,42
40	992	168	4,18	63,4	657	0,66	4,31
50	988	210	4,18	64,8	549	0,556	3,54
60	983	251	4,18	65,9	470	0,478	2,98
70	978	293	4,19	66,8	406	0,415	2,55
80	972	335	4,19	67,5	355	0,365	2,21
90	965	377	4,19	68,0	315	0,326	1,95
100	958	419	4,23	68,3	282	0,295	1,75
110	951	461	4,23	68,5	256	0,268	1,58
120	943	503	4,23	68,6	231	0,244	1,43
130	935	545	4,27	68,6	212	0,226	1,32
140	926	587	4,27	68,5	196	0,212	1,23
150	917	629	4,32	68,4	185	0,202	1,17

# ПРИЛОЖЕНИЕ Г

## Физические свойства воздуха [1]

t, °C	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$C_{pm}$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$\lambda \cdot 10^2$ , $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$\mu \cdot 10^6$ , Па·с	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	Pr
-10	1,342	1,009	2,36	16,7	12,43	0,712
0	1,293	1,005	2,44	17,2	13,28	0,707
10	1,247	1,005	2,51	17,6	14,16	0,705
20	1,205	1,005	2,59	18,1	15,06	0,703
30	1,165	1,005	2,67	18,6	16,00	0,701
40	1,128	1,005	2,75	19,1	16,96	0,699
50	1,093	1,005	2,82	19,6	17,95	0,698
60	1,060	1,005	2,90	20,1	18,97	0,696
70	1,029	1,009	2,96	20,6	20,02	0,694
80	1,000	1,009	3,05	21,1	21,09	0,692
90	0,972	1,009	3,13	21,5	22,10	0,690
100	0,946	1,009	3,20	21,9	23,13	0,688
120	0,898	1,009	3,33	22,8	25,45	0,686
140	0,854	1,013	3,48	23,7	27,80	0,684
160	0,815	1,017	3,64	24,5	30,09	0,682
180	0,779	1,022	3,78	25,3	32,49	0,681
200	0,749	1,026	3,93	26,0	34,85	0,680
250	0,674	1,038	4,27	27,4	40,61	0,677
300	0,615	1,047	4,61	29,7	48,33	0,674

# ПРИЛОЖЕНИЕ Д

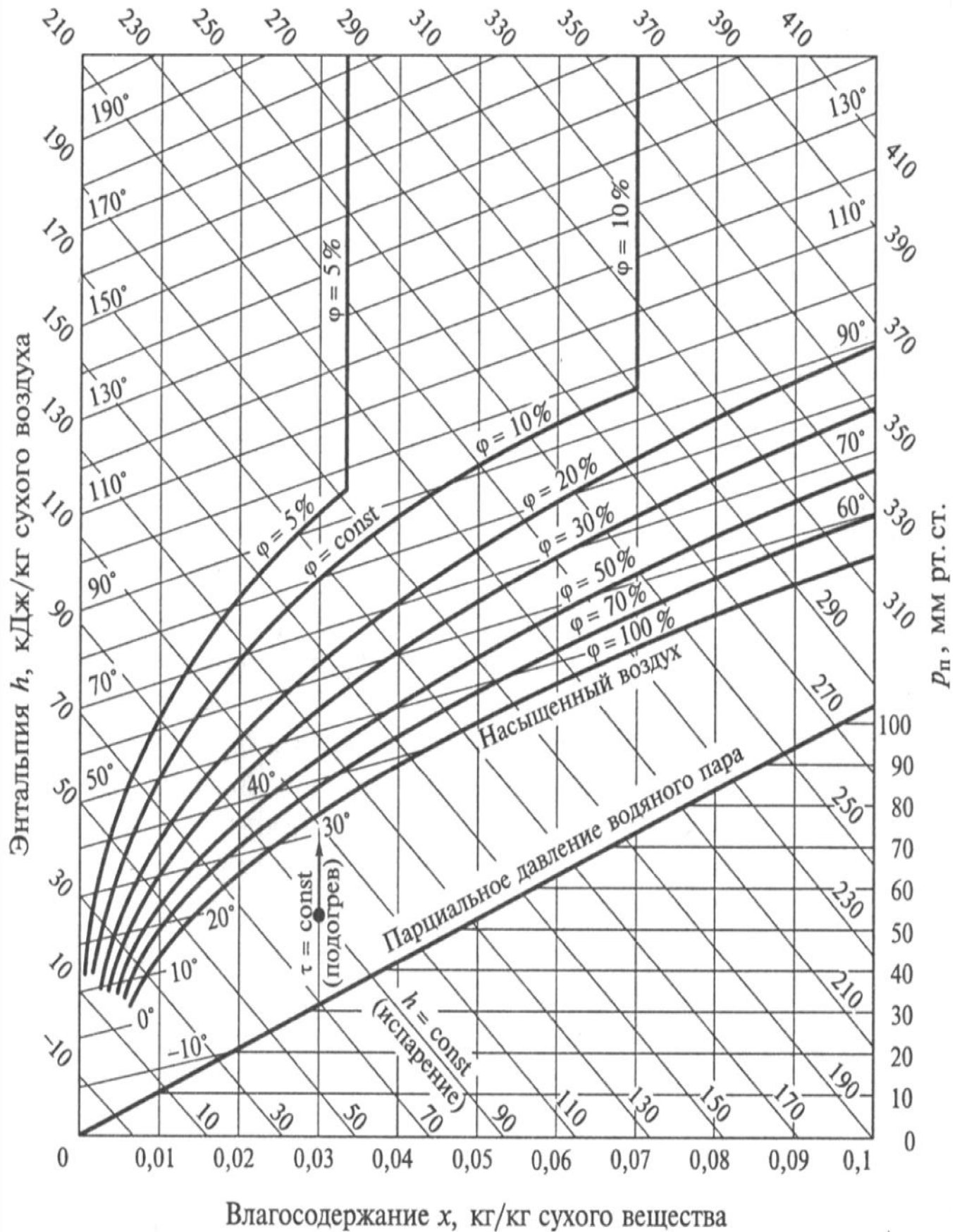


Рисунок П.Д.1 – Диаграмма Рамзина