

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Кафедра теоретических
тепло- и хладотехники

ОСНОВ

ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОМАССОБМЕН

Рабочая программа и контрольная работа
для студентов специальностей
260601, 260602, 220301
факультета заочного обучения
и экстерната

Санкт-Петербург 2006

УДК 621.565

Ширяев Ю.Н. Термодинамика и тепломассообмен: Раб. про-грамма и контрольная работа для студентов спец. 260601, 260602, 220301 факультета заочного обучения и экстерната / Под ред. О.Б. Цветкова. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2006. – 17 с.

Приведены рабочая программа, задачи контрольной работы по термодинамике и тепломассообмену, список рекомендуемой учебной литературы.

Рецензент

Канд. техн. наук, доц. Е.В. Мовчанюк

Рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

© Санкт-Петербургский государственный
университет низкотемпературных
и пищевых технологий, 2006

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ КУРСОВ

Курсы «Термодинамика» и «Тепломассообмен» изучаются студентами заочной формы обучения самостоятельно по рекомендованным в списке учебной литературы учебникам, учебным пособиям, методическим указаниям и закрепляются выполнением контрольной работы. В период лабораторно-экзаменационной сессии для студентов проводятся обзорные лекции по основным вопросам курсов и лабораторные работы. В процессе освоения дисциплины студенты получают консультации на кафедре ТОТХТ.

Изучать курсы рекомендуется в следующем порядке: внимательно ознакомиться с содержанием соответствующего раздела рабочей программы и методическими указаниями; прочитать по учебнику материал, рекомендуемый в программе для изучения данной темы. Изучение курса полезно начинать с уяснения принципиальных положений, затем переходить к разбору его конкретных особенностей. Усвоив смысл изучаемого раздела и разобравшись в ходе математических выкладок, важно самостоятельно повторить вывод той или иной зависимости. Такой метод способствует лучшему усвоению идей и методов, положенных в основу математических выводов. При изучении материала полезно составлять конспекты по каждой теме изучаемых курсов.

В процессе изучения дисциплины студент выполняет одну контрольную работу по вышеуказанным курсам и две лабораторные работы. Цель контрольной работы – закрепление пройденного материала.

Для положительной аттестации по дисциплине от студента требуется знание теоретических положений курсов, понимание физической сущности изучаемых явлений и процессов, умение применять теоретические положения к решению практических задач и выполнению лабораторных работ.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Курс I. Термодинамика

Темы курса

1. Параметры состояния рабочих тел. Первый и второй законы термодинамики. Пары, параметры паров, процессы, таблицы и диаграммы.
2. Циклы паровых холодильных машин.
3. Циклы паросиловых установок.
4. Основы термодинамики влажного воздуха.

Содержание программы и методические указания к темам

Введение.

Предмет технической термодинамики, ее основные задачи. Основные этапы развития и современное состояние термодинамики. Роль русских и советских ученых в развитии термодинамики. Фундаментальное значение термодинамики в развитии теплоэнергетики и холодильной техники.

Тема 1. Параметры состояния рабочих тел. Первый и второй законы термодинамики. Пары, параметры паров, процессы, таблицы и диаграммы.

Рабочее вещество, его свойства. Параметры состояния рабочего вещества: абсолютное давление, температура, удельный объем. Первый закон термодинамики. Работа и теплота как различные формы передачи энергии. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Рабочая диаграмма $p-v$ и ее свойства. Сложные параметры: энтальпия и энтропия. Диаграмма $T-s$ и ее свойства. Содержание и формулировки второго закона термодинамики. Условия получения работы в тепловом двигателе и условия переноса теплоты от источника низкой температуры к источнику с более высокой температурой.

Пары: основные понятия и определения. Диаграмма $p-v$ для пара. Процессы подогрева жидкости, парообразования и перегрева пара. Параметры ненасыщенной и насыщенной жидкости, влажного, сухого и перегретого пара. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара, холодильных агентов. Диаграммы $T-s$, $h-s$, $\lg p-h$.

Изохорный, изобарный, адиабатный и изотермический процессы. Определение теплоты, работы и изменения внутренней энергии процессов. Изображение процессов в диаграммах.

Тема 2. Циклы паровых холодильных машин.

Холодильная машина, осуществляющая обратный цикл Карно: схема машины, изображение цикла в диаграммах $p-v$, $T-s$, $\lg p-h$, холодильный коэффициент. Практические недостатки обратного цикла Карно. Замена расширительного цилиндра регулирующим вентилем. Всасывание компрессором сухого насыщенного пара. Переохлаждение холодильного агента после конденсации, эффект переохлаждения. Паровая компрессорная холодильная машина с регулирующим вентилем и переохлаждением: схема, изображение цикла в диаграммах $p-v$, $T-s$, $\lg p-h$. Тепловой баланс обратного цикла. Холодильный коэффициент.

Тема 3. Циклы паросиловых установок.

Цикл Ренкина для паросиловой установки с насыщенным и перегретым паром. Схема установки. Изображение цикла в диаграммах $p-v$, $T-s$, $\lg p-h$. Термический КПД цикла. Влияние параметров пара на термический КПД. Теплофикация, ее термодинамические основы.

Тема 4. Основы термодинамики влажного воздуха.

Основные понятия. Абсолютная и относительная влажность, влагосодержание, энтальпия влажного воздуха. Точка росы. Температура мокрого термометра. Диаграмма $h-d$. Процессы нагревания и охлаждения влажного воздуха. Процессы в воздушной сушилке. Процесс смешения влажного воздуха.

Курс II. Тепломассообмен

Темы курса

1. Основные положения теории теплопроводности. Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме.
2. Теплопроводность при нестационарном режиме.
3. Основы теории подобия.
4. Конвективный теплообмен.
5. Основы расчета теплообменных аппаратов.

Содержание программы и методические указания к темам

Введение.

Дисциплина «Тепломассообмен» – область применения. Актуальность процессов теплопередачи в технике, роль этой дисциплины в подготовке современного инженера-технолога. Этапы развития учения о теплообмене. Основные способы переноса теплоты: теплопроводность, конвективная теплоотдача, тепловое излучение. Сложные процессы теплообмена и теплопередачи.

Тема 1. Основные положения теории теплопроводности. Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме.

Теплопроводность с позиций молекулярно-кинетической теории. Температурное поле, температурный градиент, тепловой поток. Стационарный и нестационарный тепловые процессы. Закон Фурье, коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности в твердом теле. Коэффициент температуропроводности, его физический смысл. Условия однозначности для процессов теплопроводности. Закон Ньютона–Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Граничные условия первого, второго и третьего рода.

Передача теплоты через плоскую безграничную стенку. Распределение температур. Расчет теплового потока при граничных условиях первого и третьего рода. Коэффициент теплопередачи и термическое сопротивление. Многослойная плоская стенка.

Передача теплоты через стенку бесконечно длинного цилиндра. Распределение температур. Тепловой поток при граничных условиях первого и третьего рода. Коэффициент теплопередачи и термическое сопротивление, их анализ. Многослойная цилиндрическая стенка.

Тема 2. Теплопроводность при нестационарном режиме.

Сущность процесса нестационарной теплопроводности и причины, его вызывающие. Изменение температурного поля и количества передаваемой теплоты во времени. Стадии (режимы) развития нестационарного процесса.

Нагревание (охлаждение) неограниченной пластины в среде с постоянной температурой: формулировка задачи, результаты аналитического решения для температурного поля и количества теплоты. Критерии Био и Фурье, их физический смысл. Формулы и графики для расчета.

Нагревание (охлаждение) бесконечно длинного цилиндра в среде постоянной температуры, формулировка задачи. Формулы и графики для нахождения безразмерной температуры и безразмерной теплоты.

Нагревание (охлаждение) тел конечных размеров (параллелепипед, короткий цилиндр) в среде с постоянной температурой. Расчет температурного поля в виде произведения безразмерных температур.

Тема 3. Основы теории подобия.

Физическое описание конвективного теплообмена как совокупности нескольких процессов переноса теплоты. Факторы, влияющие на интенсивность процесса.

Математическое описание конвективного теплообмена: дифференциальное уравнение теплопроводности (уравнение энергии), уравнение конвективного теплообмена. Дифференциальные уравнения движения и сплошности (без выводов). Условия однозначности для стационарных процессов конвективного теплообмена.

Основы теории подобия. Подобные явления. Теоремы подобия. Критерии (числа) подобия как характеристики подобных явлений. Критерии определяющие и определяемые. Методы получения критериев подобия из дифференциальных уравнений. Критерии гидромеханического и теплового подобия. Критериальные уравнения (уравнения подобия) – основа обобщения данных единичного опыта. Определяющая температура и определяющий размер. Примеры уравнений подобия. Границы применения обобщений.

Тема 4. Конвективный теплообмен.

4.1. Конвективный теплообмен в однофазной среде.

4.1.1. Теплоотдача при свободном движении жидкости.

Основные факторы, обуславливающие естественную конвекцию. Характер движения жидкости вблизи вертикальной пластины (ламинарная, турбулентная и переходная области), изменение коэффициента теплоотдачи по высоте пластины. Характер движения жидкости вблизи горизонтальных труб и горизонтальных пластин. Уравнение подобия для свободного движения в неограниченном объеме.

4.1.2. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости.

Теплоотдача при движении жидкости в трубах. Ламинарный и турбулентный режимы движения. Особенности гидродинамики и теплообмена при движении в трубах. Механизм теплообмена и об-

щий вид уравнений подобия при ламинарном и турбулентном стабилизированном течении жидкости.

Теплоотдача при внешнем обтекании одиночных труб и трубных пучков. Критериальные зависимости для внешнего обтекания труб газом или жидкостями. Типы пучков труб. Характер движения газа и теплоотдача для коридорных и шахматных пучков.

4.2. Конвективный теплообмен при изменении агрегатного состояния.

4.2.1. Теплообмен при кипении жидкости.

Механизм кипения жидкости: перегрев жидкости и наличие центров парообразования как условия возникновения паровой фазы. Механизм отрыва и движения пузырей, пузырьковый и пленочный режимы кипения. Зависимость коэффициента теплоотдачи и плотности теплового потока от температурного напора при кипении в большом объеме. Формулы для расчета коэффициента теплоотдачи при развитом пузырьковом кипении в большом объеме.

4.2.2. Теплообмен при конденсации пара.

Пленочная и капельная конденсация. Основы теории пленочной конденсации пара на вертикальной поверхности при ламинарном движении пленки. Расчет среднего коэффициента теплоотдачи. Теплоотдача при пленочной конденсации пара на одиночной горизонтальной трубе.

Тема 5. Основы расчета теплообменных аппаратов.

Назначение теплообменников, их классификация по принципам действия: рекуперативные, регенеративные и смешительные. Характерные конструктивные схемы рекуперативных теплообменников. Основные схемы движения теплоносителей в рекуперативных теплообменниках: прямоток, противоток, перекрестный ток. Цели расчета теплообменников: расчет при проектировании и поверочный расчет.

Уравнение теплового баланса и уравнение теплопередачи в теплообменном аппарате. Вычисление коэффициента теплопередачи. Определение среднего температурного напора для основных схем движения теплоносителей. Сравнение прямотока и противотока.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Требования к выполнению контрольной работы

При выполнении контрольной работы необходимо придерживаться следующих правил:

- номер варианта (от 0 до 9) выбирать по последней цифре номера зачетной книжки;
- условия задач переписывать полностью;
- в процессе решения сначала приводить формулы, затем подставлять в них соответствующие численные значения, размерность приводить только для результата вычисления;
- вычисления проводить **только** в международной системе СИ;
- решения иллюстрировать схемами и графиками (если требуется по условию);
- в тексте работы приводить ссылки на использованную литературу, а в конце контрольной работы – список использованной литературы.

Таблицы и диаграммы свойств рабочих веществ, указанных в задачах, приведены в [1–4].

Контрольная работа подписывается студентом. Прием контрольных работ на рецензию прекращается за 10 дней до начала лабораторно-экзаменационной сессии.

Задача 1

В компрессоре сжимают воздух. Процесс сжатия осуществляют: по изотерме, адиабате и политропе с показателем n . В начальном состоянии давление воздуха p_1 , температура t_1 , после сжатия – давление p_2 .

Определить для трех названных процессов: объем газа в начальном и конечном состояниях, температуру в конечном состоянии, работу процесса сжатия, количество теплоты, изменения внутренней энергии и энтропии. Сравнить работу каждого процесса сжатия и работу компрессора, в котором этот процесс происходит.

Принять: показатель адиабаты $k = 1,4$; среднюю массовую изохорную теплоемкость $C_{vm} = 0,723$ кДж/(кг·К). Для определения удельной газовой постоянной использовать уравнение Майера. Масса воздуха $M = 10$ кг.

Дать совмещенное изображение всех процессов в координатах $p-v$ и $T-s$ (без масштаба). В координатах $p-v$ показать работу компрессора для рассмотренных процессов сжатия.

Номер варианта и исходные данные для расчета определяют по последней цифре шифра:

Параметры	№ варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
p_1 , бар	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
t_1 , °C	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40
p_2 , МПа	0,15	0,18	0,19	0,20	0,21	0,24	0,28	0,29	0,31	0,32

Задача 2

Паровая компрессионная холодильная машина работает по циклу с дросселированием. Температура кипения хладагента в испарителе t_0 . В компрессор поступает холодильный агент в состоянии перегретого пара с температурой t_1 . Температура конденсации хладагента в конденсаторе t_k . Хладагент перед дросселированием (регулирующим вентилем) охлаждается до температуры t_5 .

Определить параметры (p, v, t, h, s, x) узловых точек цикла, подведенную и отведенную теплоту, работу, теоретическую мощность привода компрессора, полную холодопроизводительность и холодильный коэффициент, если массовый расход циркулирующего хладагента $M = 5$ кг/с.

Изобразить схему установки, представить цикл в координатах $p-v$, $T-s$ и $\ln p-h$. Параметры узловых точек определить двумя способами: 1) с помощью диаграммы; 2) по таблицам термодинамических свойств холодильного агента (или путем расчета, когда это необходимо). Параметры ненасыщенной переохлажденной жидкости после конденсатора (кроме давления) определить условно по таблицам для насыщенной жидкости по температуре переохлаждения t_5 [5–7].

Параметры точек цикла свести в таблицу:

№ точки	t , °С	p , МПа	ν , м ³ /кг	h , кДж/кг	s , кДж/(кг·К)	x
1	*	*	*	*	*	*
	**	**	**	**	**	**
2 и т. д.	*	*	*	*	*	*
	**	**	**	**	**	**

* Параметры, определенные по диаграмме.

** Параметры, определенные по таблицам или полученные расчетом.

Номер варианта и исходные данные для расчета определяют по последней цифре шифра:

№ варианта	Агент	Параметры, °С			
		t_0	t_k	t_1	t_5
0	Аммиак	-30	10	-20	5
1	- " -	-20	20	-10	15
2	- " -	-10	30	0	25
3	- " -	0	40	10	35
4	- " -	-10	20	-5	15
5	Хладагент R22	-40	10	-30	5
6	- " -	-30	20	-20	15
7	- " -	-20	30	-10	25
8	- " -	-10	40	0	35
9	- " -	0	50	10	45

Задача 3

Внутри стальной трубы длиной $l = 5$ м, наружный диаметр которой $d_{\text{нар}}$ и толщина стенки $\delta_{\text{ст}}$, движется трансформаторное масло с температурой $t_{\text{ж1}}$. Труба расположена в помещении с температурой $t_{\text{ж2}}$. Коэффициент теплоотдачи от масла к внутренней поверхности трубы α_1 , от поверхности трубы к воздуху, находящемуся в помещении, α_2 .

Обосновать целесообразность применения тепловой изоляции из бетона толщиной δ_6 для уменьшения теплотерь от трубы, используя понятие о критическом диаметре изоляции.

Определить тепловой поток, линейную плотность теплового потока и линейный коэффициент теплопередачи через трубу без бетона и при его наличии. Найти для заданных условий максимальное

значение коэффициента теплопроводности изоляции, накладываемой на трубу в целях уменьшения тепловых потерь от трубопровода.

Коэффициенты теплопроводности стали $\lambda_{ст} = 45$ Вт/(м·К), бетона $\lambda_б = 1,3$ Вт/(м·К).

Номер варианта и исходные данные для расчета определяют по последней цифре номера зачетной книжки:

№ варианта	$d_{нар}$, мм	$\delta_{ст}$, мм	$\delta_б$, мм	$t_{ж1}$, °С	$t_{ж2}$, °С	α_1 , Вт/(м ² ·К)	α_2 , Вт/(м ² ·К)
0	30	1,5	30	60	10	500	5
1	36	1,5	40	80	15	600	6
2	42	2,0	50	100	20	700	7
3	52	2,0	60	120	25	800	8
4	56	2,5	40	100	10	900	10
5	30	1,5	50	60	10	1000	5
6	36	1,5	60	80	15	1100	6
7	42	2,0	60	100	20	1200	7
8	52	2,0	80	120	25	1300	8
9	56	2,5	80	100	10	1400	10

Задача 4

В пастеризаторе молоко со скоростью W движется внутри труб, диаметр которых $d_{нар} \times \delta$. Средняя температура молока $t_{ж}$, температура поверхности труб теплообменника $t_{ст}$, внутренняя поверхность труб аппарата F .

Рассчитать коэффициент теплоотдачи при движении молока внутри труб теплообменного аппарата.

Определить количество теплоты, которое передается от внутренней поверхности трубы к молоку в единицу времени. Теплофизические свойства молока:

t , °С	ρ , кг/м ³	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	λ , Вт/(м·К)	$a \cdot 10^6$, м ² /с	C_p , кДж/(кг·К)
5	1032	2,87	0,485	0,122	3,850
10	1031	2,39	0,487	0,122	3,876
15	1030	2,04	0,491	0,122	3,900
20	1028	1,74	0,494	0,123	3,918
30	1024	1,30	0,501	0,124	3,942

Окончание табл.

t , °C	ρ , кг/м ³	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	λ , Вт/(м·К)	$\alpha \cdot 10^6$, м ² /с	C_p , кДж/(кг·К)
40	1020	1,02	0,508	0,126	3,958
50	1015	0,84	0,515	0,127	3,970
60	1011	0,70	0,524	0,130	3,980
70	1005	0,62	0,532	0,132	3,988
80	1000	0,57	0,541	0,135	3,995

Номер варианта и исходные данные для расчета определяют по последней цифре номера зачетной книжки:

№ варианта	$d_{\text{нар}} \times \delta$, мм	W , м/с	$t_{\text{ж}}$, °C	$t_{\text{ст}}$, °C	F , м ²
0	18×1,5	0,7	30	70	1,5
1	20×3,0	0,9	40	75	2,0
2	25×2,5	1,1	50	80	2,5
3	35×4,0	1,3	60	85	3,0
4	45×4,0	1,5	70	90	3,5
5	18×1,5	1,7	30	70	4,0
6	20×3,0	1,9	40	75	4,5
7	25×2,5	2,1	50	80	5,0
8	35×4,0	2,3	60	85	5,5
9	45×4,0	2,5	70	90	6,0

Задача 5

Теплообменный аппарат – водоохладитель представляет собой n -рядный пучок с шагами S_1 и S_2 гладких стальных труб диаметром $d_{\text{нар}} \times \delta_{\text{ст}}$. Коэффициент теплопроводности стали $\lambda_{\text{ст}} = 45$ Вт/(м·К).

Воздух поперечным потоком омывает пучок труб со скоростью W . Температура воздуха на входе в теплообменник t'_1 , на выходе t''_1 . Вода движется внутри труб, температура ее на входе составляет t'_2 , на выходе t''_2 . Коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности труб к воде α_2 , расход воды M .

Рассчитать средний коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности труб к воздуху, коэффициент теплопередачи и поверхность теплообмена водоохладителя. Схему движения воздуха и воды считать противоточной.

Номер варианта и исходные данные для расчета определяют по последней цифре номера зачетной книжки:

Параметры	№ варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_{\text{нар}} \times \delta_{\text{ст}}$, мм	45× ×4,0	38× ×4,0	25× ×2,5	20× ×3,0	18× ×1,5	18× ×1,5	20× ×3,0	25× ×2,5	38× ×4,0	45× ×4,0
S_1 , мм	60	45	32	30	28	30	25	35	44	55
S_2 , мм	55	50	40	25	32	25	32	30	40	50
n	8	10	12	14	16	7	9	11	13	15
W , м/с	3	4	5	6	7	8	7	6	5	4
t'_1 , °С	60	50	40	30	20	20	30	40	50	60
t''_1 , °С	80	70	60	50	40	40	50	60	70	80
t'_2 , °С	100	90	80	70	60	60	70	80	90	100
t''_2 , °С	90	80	70	60	50	50	60	70	80	90
M , кг/с	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
α_2 , Вт/(м ² ·К)	900	1000	1100	1200	1300	1300	1200	1100	1000	900
Располо- жение	Коридорное					Шахматное				

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ: Справ. / С.Н. Богданов, С.И. Бурцев, О.П. Иванов, А.В. Куприянова; Под ред. С.Н. Богданова – СПб.: СПбГУНиПТ, 1999. – 308 с.

2. **Цветков О.Б.** Термодинамика. Теплопередача: Справ. материал к контрольным работам для студентов заочного факультета. – Л.: ЛТИХП, 1987. – 45 с.

3. **Цветков О.Б., Клецкий А.В., Лаптев Ю.А.** Практикум по термодинамике и теплопередаче. Часть I. Свойства рабочих веществ и материалов холодильной и криогенной техники и систем кондиционирования воздуха: Метод. указания для самостоятельной работы студентов всех спец. – СПб.: СПбТИХП, 1993. – 98 с.

4. **Цветков О.Б., Клецкий А.В., Лаптев Ю.А.** Теплофизические свойства и диаграммы альтернативных холодильных агентов: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГАХПТ, 1997. – 96 с.

5. Теоретические основы хладотехники. Часть I. Термодинамика / С.Н. Богданов, Э.И. Гуйго, Г.Н. Данилова, О.П. Иванов, А.В. Клецкий, В.Т. Плотников, В.Н. Филаткин, О.Б. Цветков; Под ред. Э.И. Гуйго. – М.: Колос, 1994. – 288 с.

6. **Богданов С.Н., Клецкий А.В., Куприянова А.В.** Сборник задач по технической термодинамике. – СПб.: СПбГАХиПТ, 1996. – 189 с.

7. **Цветков О.Б.** Термодинамика. Теплопередача: Метод. указания к контрольным работам для студентов заочного факультета. – Л.: ЛТИХП, 1987. – 23 с.

Дополнительная

Теоретические основы хладотехники. Часть II. Тепломассообмен / С.Н. Богданов, Н.А. Бучко, Э.И. Гуйго, Г.Н. Данилова, В.Т. Плотников, В.Н. Филаткин, О.Б. Цветков; Под ред. Э.И. Гуйго. – М.: Колос, 1994. – 368 с.

Сборник задач по процессам теплообмена в пищевой и холодильной промышленности / Г.Н. Данилова, В.Н. Филаткин, М.Г. Щербов, Н.А. Бучко. – М.: Колос, 1995.

Теплотехника: Учеб. для втузов / А.М. Архаров, И.А. Архаров, В.Н. Афанасьев и др.; Под ред. А.М. Архарова, В.Н. Афанасьева. – М.: Изд-во МГУ им. Баумана, 2004. – 712 с.

Лабораторный практикум по теплопередаче / Г.Н. Данилова, С.Н. Богданов, О.Б. Цветков и др.; Под общ. ред. Э.И. Гуйго, Ю.Н. Ширяева. – СПб.: СПбТИХП, 1992. – 26 с.

Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. Термодинамика. Теплопередача: Метод. указания. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2002. – 43 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ КУРСОВ	3
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА	6
Курс I. Термодинамика	6
Курс II. Тепломассообмен	7
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА.....	11
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	16

Ширяев Юрий Николаевич

ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОМАССОБМЕН

Рабочая программа и контрольная работа
для студентов специальностей
260601, 260602, 220301
факультета заочного обучения
и экстерната

Редактор
Е.О. Трусова

Корректор
Н.И. Михайлова

Компьютерная верстка
Н.В. Гуральник

Подписано в печать 27.12.2006. Формат 60×84 1/16
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,16 Печ. л. 1,25. Уч.-изд. л. 1,06
Тираж 300 экз. Заказ № С 98

СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9
ИПЦ СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9