

Негосударственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Центросоюза Российской Федерации

СИБИРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КООПЕРАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ Н. Н. Березка

«_____» _____ 2012 г.

ТЕПЛОТЕХНИКА

Программа, методические указания и задания
контрольной и самостоятельной работы
студентов заочной формы обучения направления
260800.62 *«Технология продукции и организации
общественного питания»*

Новосибирск 2012

Кафедра технологии пищевых производств и оборудования

Теплотехника: программа, методические указания и задания контрольной и самостоятельной работы студентов заочной формы обучения / сост. С. П. Глушков, д-р техн. наук, профессор; С. С. Глушков, канд. техн. наук, доцент; НОУ ВПО Центросоюза РФ «СибУПК». -Новосибирск, 2012-24 с.

Рецензент Б. К. Тюнюков, канд. техн. наук, доцент

Программа, методические указания и задания контрольной и самостоятельной работы рекомендована к изданию кафедрой технологии пищевых производств и оборудования, протокол от 28 ноября 2012 г. № 5.

© Сибирский университет
потребительской кооперации, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Общие положения	4
2. Программа дисциплины	5
2.1. Объём дисциплины и виды учебной работы по срокам обучения (ч)	5
2.2. Тематический план	6
2.3. Темы и их краткое содержание	7
3. Методические указания к выполнению контрольной работы	9
4. Задания к контрольной работе	11
4.1. Вопросы к контрольной работе	11
4.2. Задачи к контрольной работе	12
4.3. Методические указания к решению задач	19
5. Задания для самостоятельной работы	22
6. Список рекомендуемой литературы	23
6.1. Основная литература	23
6.2. Дополнительная литература	23

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Методические указания предназначены для студентов заочной формы обучения с целью оказания помощи освоения дисциплины «Теплотехника», большая доля материала которой предполагает самостоятельное изучение и выполнение контрольной работы.

Цель дисциплины «Теплотехника» – формирование у студентов знания, позволяющие грамотно и рационально эксплуатировать тепловое оборудование, включая технологическое, отопительное и другое техническое оборудование, потребляющее или производящее тепловую энергию.

Задачи дисциплины:

- 1) изучить вопросы интенсификации тепловых процессов, позволяющих снижать расход энергоносителей;
- 2) обеспечить рациональное использование тепловой энергии;
- 3) знать теоретические закономерности для проведения тепловых расчетов при выборе технологического оборудования и других тепловых устройств.

В случае возникновения у студента вопросов по отдельным темам дисциплины, студент может обратиться за консультацией на кафедру технологии пищевых производств и оборудования.

После изучения материала дисциплины студентом выполняется и высылается в университет на рецензию контрольная работа.

В период сессии в университете или в учебно-консультационном пункте читаются обзорные лекции по основным разделам дисциплины и проводятся практические и лабораторные занятия.

К зачету по дисциплине допускаются студенты, получившие положительную оценку за выполненную контрольную работу и успешно выполнившие запланированные задания практических занятий, и лабораторные работы.

2. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Объём дисциплины и виды учебной работы по срокам обучения (ч)

Заочная форма обучения – 4 года 6 месяцев

Вид занятия	2 курс
Аудиторные занятия:	14
лекции	6
лабораторные	8
Контрольная работа	+
Самостоятельная работа	58
Зачетные единицы: всего, <i>в том числе без экзамена</i>	2
	2
<i>Общая трудоемкость</i>	72
Вид итогового контроля	Зачет

Заочная форма обучения – 3 года 6 месяцев

Вид занятия	2 курс
Аудиторные занятия:	12
лекции	4
лабораторные	8

Контрольная работа	+
Самостоятельная работа	60
Зачетные единицы: всего, <i>в том числе без экзамена</i>	2
	2
<i>Общая трудоемкость</i>	72
Вид итогового контроля	Зачет

2.2. Тематический план

Заочная форма обучения – 4 года 6 месяцев

№ п/ п	Тема дисциплины	Количество часов на изучение			
		всего	в том числе		
			лекции	лабораторные занятия	СРС
Раздел 1. Техническая термодинамика					
1	Введение. Основные понятия термодинамики	4	2	-	2
2	Первый закон термодинамики	8	-	2	6
3	Второй закон термодинамики	4	2	-	2
4	Термодинамические процессы	6	-	-	6
5	Влажный воздух	10	-	2	8
Раздел 2. Основы теории теплообмена					
6	Теплопроводность	8	-	-	8
7	Конвективный теплообмен	8	-	2	6
8	Лучистый теплообмен	6	-	-	6
9	Теплопередача	8	2	-	6
10	Теплообменные аппараты и их расчеты	10	-	2	8

Итого	72	6	8	58
-------	----	---	---	----

Заочная форма обучения – 3 года 6 месяцев

№ п/ п	Тема дисциплины	Количество часов на изучение			
		всего	в том числе		
			лекции	лабораторные занятия	СРС
Раздел 1. Техническая термодинамика					
1	Введение. Основные понятия термодинамики	4	2	-	2
2	Первый закон термодинамики	8	-	2	6
3	Второй закон термодинамики	4	2	-	2
4	Термодинамические процессы	6	-	-	6
5	Влажный воздух	10	-	-	10
Раздел 2. Основы теории теплообмена					
6	Теплопроводность	8	-	-	8
7	Конвективный теплообмен	8	-	-	8
8	Лучистый теплообмен	6	-	-	6
9	Теплопередача	8	-	-	8
10	Теплообменные аппараты и их расчеты	10	-	6	4
Итого		72	4	8	60

2.3. Темы и краткое содержание

Раздел I. Техническая термодинамика

Тема 1. Введение. Основные понятия и определения термодинамики

Основные понятия и исходные положения технической термодинамики. Термодинамическая система (открытая, закрытая), термодинамический процесс (равновесный, неравновесный).

Параметры состояния, понятия: температура, давление, удельный объем. Уравнение состояния идеальных газов, универсальная газовая постоянная.

Тема 2. Первый закон термодинамики

Роль тепла в различных отраслях хозяйственной деятельности человека, а также в быту. Краткая историческая справка развития теплотехники, заслуги русских ученых, инженеров. Теплоэнергетика-основа производства электроэнергии.

Теплота и работа как формы передачи энергии. Эквивалентность теплоты и работы. Понятие о внутренней энергии газа. Удельная внутренняя энергия. Работа расширения газа. Графическое изображение работы расширения газа в координатах v - P .

Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Теплоемкость газов. Удельная массовая теплоемкость, удельная объемная, удельная мольная. Теплоемкость при постоянном давлении, при постоянном объеме, средняя теплоемкость. Энтальпия.

Тема 3. Второй закон термодинамики

Энтропия. Диаграмма S - T , изображение термодинамических процессов в координатах S - T . Общая формулировка второго закона термодинамики. Прямой цикл Карно. Термодинамический коэффициент полезного действия прямого цикла Карно. Регеративный цикл, термодинамический КПД цикла. Изменение энтропии в неравновесных процессах, понятие об эксергии.

Тема 4. Термодинамические процессы рабочих тел

Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах. Изотермический, изохорный, изобарный, адиабатный, политропный процессы. Изображение процессов в координатах v - P и S - T . Термодинамические процессы реальных газов. Водяной пар. Процесс парообразования, основные понятия и определения:

влажный, сухой насыщенный, перегретый пар, степень сухости пара. Диаграммы v - P и S - T для водяного пара.

Тема 5. Влажный воздух

Основные характеристики влажного воздуха: насыщенный влажный воздух. Понятие точки росы, температура точки росы. Влагосодержание, влажность абсолютная, максимальная, относительная. Теплоемкость и энтальпия влажного воздуха. Id -диаграмма для влажного воздуха. Применение Id - диаграммы для влажного воздуха при расчете процессов сушки и кондиционирования воздуха.

Раздел II. Основы теории теплообмена

Тема 6. Теплопроводность

Виды теплообмена. Количественные характеристики переноса теплоты. Тепловой поток, плотность теплового потока. Понятие теплопроводности, температурное поле, изотермическая поверхность, градиент температуры. Закон Фурье, коэффициент теплопроводности. Перенос теплоты теплопроводностью при стационарном режиме. Теплопроводность в однородной плоской стенке, в многослойной плоской стенке.

Тема 7. Конвективный теплообмен

Понятие конвективного теплообмена (теплоотдачи). Основной закон конвективного теплообмена, коэффициент теплоотдачи. Естественная и вынужденная конвекция. Понятие пограничного слоя, гидродинамический пограничный слой, ламинарный вязкий подслой. Понятие теплового слоя, понятие теории подобия.

Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя, теплоотдача при продольном обтекании пластин, трубы, пучка труб, при течении теплоносителя внутри труб. Теплоотдача при естественной конвекции, при изменении агрегатного состояния

вещества.

Тема 8. Лучистый теплообмен

Понятие теплового излучения, распределение энергии излучения, падающей на тело. Абсолютно черное тело, абсолютно белое и абсолютно прозрачное тело. Закон Стефана-Больцмана, коэффициент излучения абсолютно черного тела, степень черноты тела. Закон Кирхгофа. Теплообмен излучением системы тел в прозрачной среде. Понятие приведенной степени черноты системы тел, коэффициент облученности тела.

Тема 9. Теплопередача

Сложный теплообмен. Понятие теплопередачи. Теплопередача между двумя жидкостями через разделяющую их стенку. Термическое сопротивление теплопередачи, коэффициент теплопередачи. Интенсификация теплопередачи, оребрение теплопередающей поверхности. Тепловая изоляция.

Тема 10. Теплообменные аппараты и их расчеты

Типы теплообменных аппаратов: смесительные, рекуперативные, регенеративные, с промежуточным теплоносителем. Конструктивные различия в теплообменниках. Прямоточные и противоточные теплообменники. Расчет теплообменников. Уравнение теплового баланса теплообменника. Распределение температур сред по длине теплообменников. Определение средней разности температур при расчете теплообменников.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В соответствии с РУП (ИУП) студент заочной формы обучения, изучая дисциплину «Теплотехника» должен, выполнить одну контрольную расчетно-графическую работу, являющуюся основным

видом контроля учебной работы в межсессионный период. К выполнению контрольной работы студент приступает после прослушивания лекций и изучения необходимого материала по учебникам, рекомендованным для данной специальности. Для более глубокого изучения отдельных тем или вопросов программы рекомендуется дополнительная литература.

При знакомстве с материалом дисциплины необходимо уяснить сущность разбираемого вопроса и лишь затем переходить к изучению отдельных деталей. Следует отчетливо представлять основное содержание явлений и процессов. Математическое описание явлений должно способствовать уяснению их физической сущности.

Если при изучении дисциплины у студента возникнут какие-либо вопросы, он может получить консультацию в письменной или устной форме у преподавателей университета.

При выполнении контрольной работы необходимо:

- выписать условие задачи;
- сопроводить решение кратким пояснительным текстом, в котором указать, какая величина определяется и по какой формуле;
- дать вычисления в развернутом виде в системе СИ;
- проставить размерность величин;
- сделать краткий анализ полученных результатов и соответствующие выводы.

Выполнив контрольную работу, студент передает ее на рецензирование преподавателю, или привозит с собой на сессию в университет.

Студент заочной формы обучения, по направления 260800.62 *Технология продукции и организации общественного питания*, в соответствии с РУП (ИУП) выполняет контрольную работу, в которую входят шесть задач. Каждая задача имеет различные варианты. Выбор нужного варианта определяется студентом по предпоследней и последней цифрам личного дела (шифра).

На последней странице контрольной работы ставится дата выполнения работы и подпись автора. Выполненная работа направляется на проверку и рецензирование. При положительной

рецензии студент допускается к собеседованию, в ходе которого проверяются знания по излагаемым ответам или решениям. В случае отрицательной рецензии работа возвращается студенту для доработки. При повторном представлении работы на проверку прилагается и первоначальный вариант с рецензией.

Контрольная работа, выполненная по неверно определенным номерам заданий, не рецензируется, и студент не допускается к собеседованию, а без зачетной контрольной зачетной работы – к итоговому контролю по дисциплине.

Собеседование по контрольной работе производится в первые дни экзаменационной сессии в свободное или предусмотренное расписанием время. Студент может приходить на собеседование в дни консультаций преподавателя в течение межсессионного периода, по мере готовности работы. Все вопросы и просьбы по контрольным заданиям студенты могут направлять на кафедру «Технологии пищевых производств и оборудования».

4. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

4.1. Вопросы к контрольной работе

1. Роль тепла в различных отраслях деятельности человека, а также в быту. Теплоэнергетика – основа производства электроэнергии.
2. Основные понятия и исходные положения термодинамики. Термодинамическая система: открытая, адиабатная, замкнутая, однородная.
3. Термодинамические параметры. Температура. Понятие температуры с точки зрения молекулярно-кинетических представлений. Шкала Цельсия, Кельвина.
4. Давление. Понятие данного параметра с точки зрения молекулярно-кинетической теории. Абсолютное и избыточное давление.
5. Удельный объем термодинамической системы. Связь удельного объема с плотностью. Нормальные физические условия.

6. Термодинамическое равновесие. Тепловое и механическое равновесие. Условия термодинамического равновесия.
7. Уравнение состояния термодинамической системы. Уравнение Клапейрона- Менделеева. Универсальная газовая постоянная.
8. Первое начало термодинамики. Аналитическое выражение первого начала термодинамики.
9. Термодинамический процесс. Процесс выравнивания энергий, явление релаксации. Понятие о квазиравновесном процессе.
10. Простейшие термодинамические процессы. Изображение данных процессов в p - V координатах.
11. Термодинамические процессы. Обратимые и необратимые термодинамические процессы. Равновесные и неравновесные процессы.
12. Первое начало термодинамики. Понятие энтальпии системы. Физический смысл энтальпии.
13. Энтальпия системы. Свойства энтальпии.
14. Внутренняя энергия системы. Понятие внутренней энергии с точки зрения молекулярно-кинетических представлений. Свойства внутренней энергии.
15. Второе начало термодинамики. Понятие, формулировка. Понятие о промежуточном рабочем теле.
16. Цикл теплового двигателя. Баланс энергии при работе теплового двигателя.
17. Понятие энтропии термодинамической системы. Свойства энтропии.
18. Диаграмма S - T . Изображение термодинамических процессов в координатах S - T .
19. Термодинамические процессы идеальных газов. Анализ изохорного процесса (уравнение процесса, устанавливающее связь между начальными и конечными параметрами системы, работа, количество теплоты процесса, изменение внутренней энергии, изменение энтропии).
20. Термодинамические процессы идеальных газов. Анализ изобарного процесса (уравнение процесса, работа, теплота процесса, изменение внутренней энергии и энтропии процесса).
21. Термодинамические процессы идеальных газов. Анализ изотермического процесса (уравнение процесса, работа, теплота, изменение внутренней энергии и энтропии процесса).
22. Смеси идеальных газов. Определение числа молей каждого компонента. Определение газовой постоянной смеси.

23. Термодинамические процессы идеальных газов. Анализ адиабатного процесса (уравнение процесса, работа, теплота, изменение внутренней энергии и энтропии процесса).
24. Смеси идеальных газов. Задание смеси в массовых и объемных долях (процентах). Пересчет с одних на другие.
25. Термодинамические процессы идеальных газов. Анализ политропного процесса (уравнение процесса, работа, теплота, изменение внутренней энергии и энтропии процесса).
26. Теплоемкость газов. Понятие. Удельная массовая, удельная объемная, удельная мольная теплоемкость. Связь между ними. Теплоемкость при постоянном давлении и постоянном объеме. Понятие об истинной и средней теплоемкостях.
27. Водяной пар. Процесс парообразования. Основные понятия и определения.
28. Водяной пар. Паросодержание (степень сухости). Таблицы водяного пара. Диаграммы S-T, i-S водяного пара.
29. Расчет процесса сушки материалов воздухом с помощью диаграммы J-d для влажного воздуха.
30. J-d диаграмма влажного воздуха. Характер расположения постоянных значений основных параметров. Понятия: влажность воздуха (абсолютная, максимальная, относительная).
31. Основы теории теплообмена. Способы передачи теплоты. Плотность теплового потока. Мощность теплового потока. Связь между ними.
32. Основы теории теплообмена. Теплопроводность. Понятие теплопроводности. Основной закон теплопроводности.
33. Понятие теплопроводности тел. Теплопроводящие и теплоизоляционные материалы.
34. Теплопроводность. Перенос теплоты теплопроводностью при стационарном режиме.
35. Основы теории теплообмена. Конвективный теплообмен (теплоотдача). Понятие, основной закон конвективного теплообмена. Понятие коэффициента теплоотдачи
36. Понятие о среднем по поверхности коэффициенте теплоотдачи.
37. Зависимость теплоотдачи от характера движения жидкости.
38. Понятие о пограничном слое (гидродинамическом и тепловом). Влияние пограничного слоя на теплоотдачу.
39. Теория подобия. Расчетные зависимости для определения коэффициента теплоотдачи при различных условиях.

40. Лучистый теплообмен. Понятие абсолютно черного, абсолютно белого, абсолютно прозрачного тела.
41. Лучистый теплообмен. Закон Стефана-Больцмана. Степень черноты тела.
42. Лучистый теплообмен. Теплообмен излучением системы тел в прозрачной среде. Приведенная степень черноты системы тел.
43. Теплоотдача. Понятие теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи. Реальные случаи теплообмена.
44. Теплопередача между двумя жидкостями через разделяющую их стенку. Понятие коэффициента теплопередачи.
45. Интенсификация процесса теплопередачи. Тепловая изоляция.
46. Методика определения коэффициента теплопроводности материалов.
47. Методика определения коэффициента теплоотдачи в стационарных условиях.
48. Теплообменники. Расчет теплообменников. Средняя разность температур сред, обменивающихся теплом.
49. Особенность рекуперативных теплообменников, в котором один из теплоносителей изменяет свое агрегатное состояние.
50. Формула, применяемая для определения среднелогарифмического температурного напора, независимая от схемы «прямоток» или «противоток».

4.2. Задачи к контрольной работе

Задача 1

Газовая смесь охлаждается от температуры t_1 до температуры t_2 (давление $P=1,05 \cdot 10^5$ Па). Объемный расход смеси при начальных условиях - V .

Определить массовый состав и расход смеси, ее среднюю молекулярную массу и газовую постоянную, плотность и удельный объем при постоянном давлении в интервале температур $t_1 \dots t_2$ и количество теплоты, отданное смесью при охлаждении от t_1 до t_2 . Состав смеси и другие данные, необходимые для решения задания, выбрать из таблицы 1.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	Объемные доли газовой смеси, %				Предпоследняя цифра шифра	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$V, \text{м}^3/\text{с}$
	CO_2	O_2	N_2	CO				
0	13	7	70	10	0	800	250	15
1	12	20	60	8	1	500	200	12
2	10	5	70	15	2	350	225	9,0
3	10	30	40	20	3	600	75	8,0
4	8	22	60	10	4	625	50	10,0
5	15	-	60	25	5	650	40	6,5
6	18	25	10	47	6	700	300	8,0
7	20	15	60	5	7	750	225	3,5
8	14	15	58	13	8	650	250	6,8
9	18	22	50	10	9	700	50	7,7

Задача 2

Газ с массой M имеет начальные параметры – давление P_1 и температуру t_1 .

Определить характер процесса (сжатие или расширение), конечную температуру газа t_2 , конечное давление P_2 , показатель политропы n , теплоемкость процесса C_n , полную работу, удельную теплоту, изменение внутренней энергии и энтропии, при:

-изотермическом процессе;

-адиабатном процессе;

-политропном процессе (конечное давление P_2 принять равным конечному давлению при изотермическом процессе).

Изобразить все процессы в v - P и S - T -диаграммах. Составить сводную таблицу результатов расчета и сделать выводы по полученным данным. Массу M и род газа, а также другие данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 2.

Таблица 2

Последняя цифра шифра	Род газа	$t_1, ^\circ\text{C}$	$P_1 \cdot 10^5 \text{ Па}$	Предпоследняя цифра шифра	M, кг	$V_2, \text{ м}^3$
0	воздух	350	7,2	0	9,5	3,2
1	C_2H_2	325	6,4	1	11,5	1,5
2	CH_4	150	8,3	2	10,5	0,85
3	C_2H_2	425	4,0	3	8,0	0,8
4	воздух	400	6,5	4	7,5	0,9
5	N_2	450	8,0	5	10	0,8
6	CO	250	6,0	6	11	1,5
7	CO_2	325	7,0	7	9	3,5
8	O_2	200	5,5	8	12	4,5
9	H_2	150	5,0	9	10	3,0

Задача 3

Для сушки используется воздух при температуре t_1 и относительной влажности ϕ . Воздух подогревается до t_2 и затем подается в сушилку, откуда выходит с температурой t_3 .

Определить конечное влагосодержание воздуха, расход воздуха и теплоты в сушилке на 1 кг испаренной влаги. Данные для расчета взять из таблицы 3.

Таблица 3

Последняя цифра шифра	$t_1, ^\circ\text{C}$	$\phi, \%$	Предпоследняя цифра шифра	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t_3, ^\circ\text{C}$
0	50	50	0	150	35
1	25	45	1	120	30
2	35	40	2	110	40
3	40	35	3	90	50
4	45	30	4	100	60
5	40	50	5	110	65
6	35	45	6	120	60

7	30	40	7	130	50
8	25	35	8	140	40
9	20	30	9	150	30

Задача 4

Определить средний коэффициент теплоотдачи и тепловой поток к стенке трубы, в которой при давлении $P=1 \cdot 10^{-5}$ Па протекает воздух, если известны диаметр трубы d , длина трубы l , массовый расход воздуха G , средняя температура воздуха $t_{\text{воз.}}$ и средняя температура стенки трубы t_c . Определить, во сколько раз изменяется коэффициент теплоотдачи:

- а) при увеличении скорости протекания воздуха в трубе в два раза;
- б) при уменьшении диаметра трубы в два раза.

Данные взять из таблицы 4.

Таблица 4

Последняя цифра шифра	d , мм	l , м	Предпоследняя цифра шифра	G , кг/с	t_c , °C	$t_{\text{воз.}}$, °C
0	120	8,3	0	0,14	150	340
1	100	8,5	1	0,16	210	450
2	90	9,5	2	0,20	180	420
3	80	8	3	0,17	170	350
4	75	7,5	4	0,20	230	500
5	70	5,5	5	0,19	205	480
6	60	7	6	0,13	220	470
7	60	5	7	0,12	150	300
8	50	10	8	0,15	200	400
9	50	15	9	0,14	250	450

Задача 5

Определить поверхность нагрева газовойводяного рекуперативного теплообменника, работающего по противоточной схеме.

Греющий теплоноситель- дымовые газы с начальной температурой $t^I_{\text{г}}$ и конечной $t^{II}_{\text{г}}$. Расход воды через теплообменник –

G_B . Коэффициент теплоотдачи газов к стенке трубы- α_T , от стенки трубы к воде- α_B . Теплообменник выполнен из стальных труб (коэффициент теплопроводности $\lambda=50$ Вт/м·К) с наружным диаметром $d=50$ мм и толщиной стенки $\delta=4$ мм (стенку считать чистой с обеих сторон).

Определить также поверхность теплообмена при выполнении теплообменника по прямоточной схеме и сохранении остальных параметров неизменными.

Для обеих схем движения (прямоточной и противоточной) показать (без расчета) графики изменения температур теплоносителей вдоль поверхности теплообмена. Указать преимущества противоточной схемы.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 5.

Таблица 5

Последняя цифра шифра	G , кг/с	$t_{в}^I$, °С	$t_{в}^{II}$, °С	$t_{г}^I$, °С	$t_{г}^{II}$, °С	Предпоследняя цифра шифра	α_T ,	α_B ,
							Вт/(м ² К)	
0	3,6	20	165	400	200	0	30	5200
1	3,4	25	180	370	225	1	43	5600
2	3,2	28	195	500	270	2	38	5800
3	3,0	32	175	415	230	3	35	4800
4	2,8	20	190	360	280	4	40	4900
5	2,6	26	205	460	255	5	58	5300
6	2,4	18	182	510	250	6	42	3800
7	2,2	15	155	450	215	7	46	4500
8	2,0	10	145	480	200	8	50	4200
9	1,8	30	125	490	165	9	56	3500

Задача 6

В хлебопекарной печи размером $A \times B \times C$ (м) температура газов t_2 °С. В газах содержится по объему CO_2 (%) и водяного пара H_2O (%).

Определить количество теплоты, излучаемой газами к поверхности хлеба на поду, если температура этой поверхности $t_{ст}$

$^{\circ}\text{C}$. Расчет произвести на 1 м^2 пода. Степень черноты стенок печи $E_{\text{ст}}=0,9$, давление в печи P (кПа). Данные к задаче взять из таблицы 6.

Таблица 6

Последняя цифра шифра	Размер печи $A \times B \times C$, м	t_2 , $^{\circ}\text{C}$	CO_2 , %	H_2O , %	Предпоследняя цифра шифра	$t_{\text{ст}}$, $^{\circ}\text{C}$	P , кПа
0	2x5x6	250	24	10	0	200	110
1	2x4x5	210	20	12	1	180	105
2	1,5x5x5	220	16	14	2	175	100
3	1,5x4,5x5	205	28	17	3	160	95
4	3,5x3x4,5	215	7	10	4	200	110
5	3x3,5x4	225	15	12	5	205	115
6	2,5x4x4	230	18	10	6	210	120
7	1,5x4x5	240	24	9	7	190	105
8	2x3,5x5	215	28	12	8	185	110
9	2,5x3x6	200	20	7	9	175	100

4.3. Методические указания к решению задач

Задача 1

Во всех теплотехнических установках, в которых в качестве рабочего тела используют газ, он считается идеальным, то есть газом, состоящим из молекул – материальных точек, не имеющих размеров и между которыми отсутствуют силы взаимодействия (притяжения и отталкивания), кроме упругих соударений. Как известно из физики, такой газ подчиняется уравнению Клапейрона-Менделеева, которое может записано для m кг газа и для 1 кг газа подчиняется уравнению Клапейрона.

Уясните получение уравнения состояния Клапейрона-Менделеева для 1 моля идеального газа. Важно понять различие между удельной газовой постоянной, принимающей определенное значение для каждого газа, и универсальной газовой постоянной, одинаковой для всех газов и равной $R = 8314 \text{ Дж}/(\text{моль} \times \text{К})$.

Запомните связь между этими газовыми постоянными и уясните физический смысл каждой из них.

При изучении газовой смеси необходимо понять, что основным здесь является умение определять газовую постоянную смеси газов, заданную массовым и объемным составом. Знание газовой постоянной смеси позволяет при исследовании термодинамических процессов пользоваться уравнением Клапейрона так же, как и для отдельного газа. Задачу решить с учетом зависимости теплоемкостей газов от температуры.

Задача 2

Студент должен понять особенности применения в термодинамике общего закона сохранения и превращения энергии. Энергетические изменения, происходящие в термодинамической системе, определяют по изменению параметров рабочего тела, которое является объектом анализа. Следует четко разобраться в разнице понятий «работа расширения» и «работа сжатия» и уметь дать геометрическую интерпретацию их в pV - диаграмме.

Уясните принципиальную разницу между внутренней энергией, однозначно определяемой данным состоянием рабочего тела, а также работой и теплотой, которые появляются лишь при наличии процесса перехода рабочего тела из одного состояния в другое и, следовательно, зависят от характера этого процесса. Следует понять разницу между функцией состояния и функцией процесса.

При решении задачи необходимо использовать еще одну функцию (параметр) состояния, которая называется энтропией. Этот параметр служит лишь для упрощения термодинамических расчетов, а главное, позволяет графически изобразить теплоту, участвующую в процессе, в Ts -диаграмме.

Уясните понятие политропного процесса, под которым понимается любой термодинамический процесс идеального газа с постоянной теплоемкостью (или показателем политропы n) в этом

процессе, общность политропного процесса, выраженного уравнением $pv^n = const$, получая из него уравнение таких процессов как изохорного, изобарного, изотермического и адиабатного. Разберитесь в определении показателя политропы и теплоемкости политропного процесса идеального газа как обобщающих величин, из которых получают частные значения для основных процессов.

Задача 3

Усвойте основные определения и понятия влажного воздуха. Научитесь определять влагосодержания во влажном воздухе и его энтальпию по id - диаграмме влажного воздуха.

Задача 4

Основная задача теории конвективного теплообмена - разработка зависимости для расчета коэффициента теплоотдачи α . Для того чтобы уяснить, как вычислять α , нужно внимательно изучить материал из учебников, в которых разбирается физическая сущность конвективного теплообмена на основе теории Прандтля. Коэффициент теплоотдачи α учитывает тепловое взаимодействие жидкости (или газа) и твердого тела. Поэтому α зависит от большого числа факторов. Существенный момент независимо от режима течения теплоносителя – конечная фаза передача теплоты теплопроводностью в тонком неподвижном слое жидкости (или газа), прилегающем к стенке. В случае ламинарного движения теплота от ядра потока к стенке передается теплопроводностью. В случае турбулентного потока перенос теплоты в неподвижный подслои, прилегающий к стенке, осуществляется также турбулентно перемещающимися макрочастицами теплоносителя.

Запомните, что определяющие критерии стационарного конвективного теплообмена (Re , Pr , Gr) составлены из параметров, входящих в условия однозначности, а определяемый критерий (Nu)

наряду с параметрами, входящими в условия однозначности, включает в себя искомое численное значение коэффициента теплоотдачи

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

Задача 5

Теплообменными аппаратами называют всякое устройство, в котором осуществляется процесс передачи теплоты от одного теплоносителя к другому. Уясните квалификацию аппаратов по принципу действия, обратив внимание на рекуперативные теплообменники как самые распространенные. Научитесь изображать схематично для рекуперативного теплообменника характер изменения температур рабочих жидкостей в функции поверхности нагрева для случаев прямотока и противотока в зависимости от соотношения между водяными эквивалентами.

Запомните, в каких случаях необходимо применение среднелогарифмического температурного напора, а в каких случаях можно применить и ограничиться среднеарифметическим температурным напором.

Поймите основной принцип расчета теплообменного аппарата, связанный с уравнением теплоотдачи и уравнением теплового баланса. Особое внимание обратите на особенности теплообменников, в которых происходит изменение агрегатного состояния одного из теплоносителей, уяснив, почему в этих случаях направления тока не влияет на эффективность работы теплообменника. Нужно понять, почему для вычисления среднелогарифмического напора независимо от схемы включения (прямоток или противоток) справедлива формула

$$\Delta t_{срл} = \frac{\Delta t_{\bar{o}} - \Delta t_{\bar{m}}}{\ln \frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_{\bar{m}}}},$$

где Δt_{δ} и $\Delta t_{\text{м}}$ - наибольший и наименьший напор соответственно.

Разберитесь в методах интенсификации теплообмена в рекуперативных теплообменных аппаратах и для чего нужна рекуперация.

Задача 6

Прежде всего уясните принципиальную разницу между теплообменом излучением и двумя уже известными видами теплообмена - теплопроводностью и конвекцией.

В процессе теплообмена излучением происходит двойное превращение энергии – внутренняя энергия превращается в энергию электромагнитных волн, которые, попадая на другое тело, вновь превращаются во внутреннюю энергию этого тела. Разберитесь в количественном соотношении между поглощенной, отраженной и пропущенной сквозь тело энергией электромагнитного излучения. Основные законы излучения и экспериментальные данные по свойствам отдельных тел дают возможность конкретные задачи, связанные с лучистым теплообменом. Поэтому необходимо усвоить законы Планка, Вина, Кирхгофа, Стефана – Больцмана.

5. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Программа данной дисциплины предусматривает использование в учебном процессе лаборатории теплотехники, в которой установлены 5 стендов для проведения лабораторных занятий, а также используются компьютерные классы.

№ п/п	Тема дисциплины	Источники, рекомендуемые для самостоятельной работы
1	Основные понятия и определения термодинамики	1, 2, 3, 4,5, 6, 7, 8,11,12,13
2	Первый закон термодинамики	1, 2, 3, 4,5, 6, 7, 8,11,12,13
3	Второй закон термодинамики	1, 2, 3, 4,5, 6, 7, 8,12,16
4	Основные термодинамические процессы рабочих тел	1, 2, 3, 4,5, 6, 7, ,11,13,16
5	Влажный воздух	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8,14,15,16,17
6	Теплопроводность	1,2, 4, 6, 8, 10,14,15,16,17
7	Конвективный теплообмен	1,2, 4, 6, 8, 10,14,15,16,17
8	Лучистый теплообмен	1,2, 4, 6, 8, 10,14,15,16,17
9	Теплопередача	1,2, 4, 6, 8, 10,14,15,16,17
10	Теплообменные аппараты и их расчеты	1, 2,4, 6, 8, 10,14,15,16,17

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

6. 1. Основная литература

1. Теплотехника : учебник для вузов / под ред. М. Г. Шатрова. - М.: Академия, 2011. - 288с.
2. Теплотехника: курс лекций для вузов / Глушков Сергей Павлович, С. С. Глушков; СибУПК. - Новосибирск, 2009. - 74с.
3. Гидравлика, пневматика и термодинамика: курс лекций / под. ред. В. М. Филина – М.: ИД ФОРУМ : НИЦ Инфра – М.,2013. – 320 с.
4. Синявский, Ю. В. Сборник задач по курсу теплотехника: учебное пособие для вузов / Ю. В. Синявский. – СПб.; Гиорд, 2010. – 127 с.

6. 2. Дополнительная литература

5. Теплотехника: учебник для вузов / В. Л. Ерофеев, П. Д. Семенов, А. С. Пряхин– М.: Академкнига, 2006. – 456с.

6. Алексеев, Г. Н. Общая теплотехника. – М.: Высшая школа, 1980. – 552с.
7. Теплотехника / под ред. проф. Т. А. Матвеева. – М.: Энергия, 1981. – 380 с.
8. Михеев, М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1973. – 344 с.
9. Зубарев, В. Н., Александров А. А., Охотин В. С. Практикум по технической термодинамике. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 304 с.
10. Практикум по теплопередаче / Под ред. А. П. Солодова. – М.: Энергоздат, 1986. – 296 с.
11. Исаченко, В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. – М.: Энергоздат, 1981. – 416 с.
12. Лариков, Н. Н. Теплотехника. – М.: Стройздат, 1985. – 430 с.
13. Нащекин, В. В. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высшая школа, 1980.
14. Теплотехника: учебник для вузов / под ред. В. Н. Луканина. –6-е изд., - М.: Высшая школа, 2008. – 671с.
15. Теплотехника / Под общ. ред. В. И. Крутова. – М.: Машиностроение, 1986. – 432 с.
16. Теплотехника: учебник для вузов / под ред. А. П. Баскакова. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 224с.
17. Кириллин, В. А., Сычев В. В., Шейндлин А. Е. Техническая термодинамика. – М.: Наука, 1979. – 512 с.

СОГЛАСОВАНО

Начальник учебно-методического управления

_____ Ю. Б. Бородина
« ____ » _____ 2012 г.

Зав. кафедрой технологии пищевых производств и оборудования

_____ И. Г. Воробьева
« ____ » _____ 2012 г.