

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФИО: Силин Яков Петрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 03.06.2026 14:38:48
Уникальный программный ключ:
24f866be2aca1648403ba8cbb5c909a9514b2d

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Одобрена
на заседании кафедры

09.12.2025 г.
протокол № 4
Зав. кафедрой Лазарев В.А.

Утверждена
Советом по учебно-методическим
вопросам и качеству образования

16 декабря 2025 г.
протокол № 4
Председатель  Карх Д.А.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины	Технологическое оборудование отрасли
Направление подготовки	15.03.02 Технологические машины и оборудование
Профиль	Инжиниринг технологического оборудования
Форма обучения	очно-заочная
Год набора	2026

Разработана:
Доцент, к.т.н.
Шихалев С.В.

Екатеринбург
2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП	3
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ	3
4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ОПОП	3
5. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН	4
6. ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ШКАЛЫ ОЦЕНИВАНИЯ	5
7. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	7
8. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	14
9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	15
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ОНЛАЙН КУРСОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	15
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	16

ВВЕДЕНИЕ

Рабочая программа дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программы бакалавриата, разработанной в соответствии с ФГОС ВО

ФГОС ВО	Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования- бакалавриат по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование (приказ Минобрнауки России
---------	---

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является формирование компетенций, направленных на приобретение знаний и практических навыков, необходимых для подбора, расчета и рациональной эксплуатации технологического оборудования на предприятиях пищевых производств, общественного питания и торговли.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части учебного плана.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Промежуточная аттестация	Часов					З.е.
	Всего за семестр	Контактная работа (поуч.зан.)			Самостоятельная работа в том числе подготовка контрольных и курсовых	
		Всего	Лекции	Лабораторные		
Семестр 7						
Зачет	108	12	4	8	92	3
Семестр 8						
Зачет с оценкой	144	16	8	8	124	4
Семестр 9						
Экзамен, Курсовой проект	180	20	8	12	151	5
	432	48	20	28	367	12

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ОПОП

В результате освоения ОПОП у выпускника должны быть сформированы компетенции, установленные в соответствии ФГОС ВО.

Шифр и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций
ОПК-9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование;	ИД-1.ОПК-9 Знать устройство и принцип действия теплового, механического и холодильного технологического оборудования
	ИД-2.ОПК-9 Уметь применять знания теплофизических процессов и процессов получения холода для решения производственных задач эксплуатации технологического оборудования

ОПК-9 Способен внедрять и осваивать новоетехнологическое оборудование;	ИД-3.ОПК-9 Иметь практический опыт применения методик подбора, расчета и принципов внедрения теплового, механического и холодильного технологического оборудования на отраслевых предприятиях
--	---

5. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Тема	Наименование темы	Часов					Самост. работа	Контроль самостоятельной работы
		Всего часов	Контактная работа (по уч. зан.)					
			Лекции	Лабораторные	Практические занятия			
Семестр 7		81						
Тема 1.	Приборы и оборудование для измерения количества	3	1	2				
Тема 2.	Контрольно-кассовая техника, оборудование для штрихового кодирования	15	1	2		12		
Тема 3.	Оборудование для дозирования, фасовки	23	1	2		20		
Тема 4.	Торговые автоматы	12		2		10		
Тема 5.	Системы защиты товаров	28				28		
Семестр 7		23						
Тема 6.	Введение в курс «Механическое оборудование»	23	1			22		
Семестр 8		52						
Тема 7.	Сортировочно-калибровочное оборудование	1		1				
Тема 8.	Очистительное	40	1	1		38		
Тема 9.	Измельчительное	3	1	2				
Тема 10.	Перемешивающее оборудование	4	2	2				
Тема 11.	Моечное оборудование	4	2	2				
Семестр 8		88						
Тема 12.	Основные сведения о тепловом оборудовании	41	1			40		
Тема 13.	Источники теплоты	47	1			46		
Семестр 9		17						
Тема 14.	Основные узлы тепловых аппаратов	41	1			40		
Тема 15.	Аппараты для варки в жидкой среде	13	1	2		10		
Тема 16.	Аппараты для варки в среде влажного насыщенного пара	25	1	2		22		
Тема 17.	Водогрейное оборудование	14	2	2		10		

Тема18.	Аппараты для жарки	1 3	1	2		10	
Тема19.	Аппараты для термообработки в поле СВЧ	2 3	1	2		20	
Тема20.	Универсальные тепловые аппараты	4 2	1	2		39	

6. ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ШКАЛЫ ОЦЕНИВАНИЯ

Раздел/Тема	Вид оценочного средства	Описание оценочного	Критерии оценивания
Текущий контроль (Приложение 4)			
Механическое оборудование	Вопросы для опроса (приложение 4)	Вопросы к опросу в количестве 74 штуки.	10 баллов
Торговое оборудование	Вопросы для опроса (приложение 4)	Вопросы к опросу в количестве 50 штук.	10 баллов
Тепловое оборудование	Тест (приложение 4)	Комплект тестовых заданий из 10 вариантов .В	10 баллов
Промежуточная аттестация (Приложение 5)			
9 семестр (Эк)	Билет к экзамену (приложение 5)	Билет состоит из 2 теоретических	100 баллов
9 семестр (КП)	Курсовой проект	Перечень курсовых проектов (Приложение 3), Методические	100 баллов
8 семестр (ЗаО)	Билет к зачету со оценкой (приложение 5)	Билет состоит из 2 теоретических вопросов	100 баллов
7 семестр (За)	Билет к зачету (приложение 5)	Билет состоит из 2 теоретических	100 баллов

ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

Показатель оценки освоения ОПОП формируется на основе объединения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающегося.

Показатель рейтинга по каждой дисциплине выражается в процентах, который показывает уровень подготовки студента.

Текущий контроль. Используется 100-балльная система оценивания. Оценка работы студента в течение семестра осуществляется преподавателем в соответствии с разработанной им системой оценки учебных достижений в процессе обучения по данной дисциплине.

В рабочих программах дисциплин и практик закреплены виды текущего контроля, планируемые результаты контрольных мероприятий и критерии оценки учебных достижений.

В течение семестра преподавателем проводится не менее 3-х контрольных мероприятий, по оценке деятельности студента. Если посещения занятий по дисциплине включены в рейтинг, то данный показатель составляет не более 20% от максимального количества баллов по дисциплине.

Промежуточная аттестация. Используется 5-балльная система оценивания. Оценка работы студента по окончании дисциплины (части дисциплины) осуществляется преподавателем в соответствии с разработанной им системой оценки достижений студента в процессе обучения по данной дисциплине. Промежуточная аттестация также проводится по окончании формирования компетенций.

Порядок перевода рейтинга, предусмотренных системой оценивания, по дисциплине, в пятибалльную систему.

Высокий уровень – 100% - 70% - отлично, хорошо.

Средний уровень – 69% - 50% - удовлетворительно.

Показатель оценки	По 5-балльной системе	Характеристика показателя
100% - 85%	отлично	обладают теоретическими знаниями в полном объеме, понимают, самостоятельно умеют применять, исследовать, идентифицировать, анализировать, систематизировать, распределять по категориям, рассчитать показатели, классифицировать, разрабатывать модели, алгоритмизировать, управлять, организовать, планировать процессы исследования, осуществлять оценку результатов на высоком уровне
84% - 70%	хорошо	обладают теоретическими знаниями в полном объеме, понимают, самостоятельно умеют применять, исследовать, идентифицировать, анализировать, систематизировать, распределять по категориям, рассчитать показатели, классифицировать, разрабатывать модели, алгоритмизировать, управлять, организовать, планировать процессы исследования, осуществлять оценку результатов. Могут быть допущены недочеты, исправленные студентом самостоятельно в процессе работы (ответаи т.д.)
69% - 50%	удовлетворительно	обладают общими теоретическими знаниями, умеют применять, исследовать, идентифицировать, анализировать, систематизировать, распределять по категориям, рассчитать показатели, классифицировать, разрабатывать модели, алгоритмизировать, управлять, организовать, планировать процессы исследования, осуществлять оценку результатов на среднем уровне. Допускаются ошибки, которые студент затрудняется исправить самостоятельно.
49 % и менее	неудовлетворительно	обладают не полным объемом общих теоретическими знаниями, не умеют самостоятельно применять, исследовать, идентифицировать, анализировать, систематизировать, распределять по категориям, рассчитать показатели, классифицировать, разрабатывать модели, алгоритмизировать, управлять, организовать, планировать процессы исследования, осуществлять оценку результатов. Не сформированы умения и навыки для
100% - 50%	зачтено	характеристика показателя соответствует «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»
49 % и менее	не зачтено	характеристика показателя соответствует «неудовлетворительно»

7. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Содержание лекций

Тема 1. Приборы и оборудование для измерения количества товара
Измерительные приборы и машины. Точность измерения, системы мер.
Машины для определения линейных, объемных и массовых характеристик товарных порций.
Весоизмерительное (массоизмерительные) устройства, их классификация и конструктивные особенности. Метрологические (технические), торгово-эксплуатационные и санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к торговым весам. Основные типы настольных и платформенных рычажно-механических весов. Гири, их назначение, классификация.
Типы электронных весов. Устройство, принцип действия и эксплуатация. Весовые комплексы: нанесение информации о товаре, штриховой код, принтеры печати этикеток.
Методы поверки весоизмерительного оборудования. Выбор типов весов.

Тема 2. Контрольно-кассовая техника, оборудование для штрихового кодирования
Технические средства, используемые в торговле и общественном питании для расчета покупателями, учета товаров и денежных поступлений. Государственный реестр, классификация контрольно-кассовых машин (ККМ), используемых на территории РФ.
Назначение и классификация ККМ. Автономные, пассивные и активные системные ККМ, фискальные регистраторы. Торгово-эксплуатационные и технические требования, предъявляемые к ККМ.
Устройство ККМ, функциональное назначение их основных узлов и механизмов. Режимы работы контрольно-кассовых машин. Технические характеристики и функциональные возможности применяемых ККМ в торговле и общественном питании. Порядок работы на ККМ, правила ведения кассовых операций, правила эксплуатации и техника безопасности.
Расчетные узлы. Контрольно-кассовые машины как входные элементы (терминалы) автоматизированных систем управления в торговле и общественном питании.
Сканеры, специализированные принтеры, терминалы сбора данных.

Тема 3. Оборудование для дозирования, фасовки и упаковки
Цели и задачи упаковки пищевых продуктов. Транспортная и потребительская тара.
Способы упаковки. Основные упаковочные материалы. Машины и механизмы для дозирования сыпучих и жидких продуктов, принцип действия и устройство. Техно-экономические и торгово-эксплуатационные характеристики машин для дозирования продуктов.
Фасовочно-упаковочные машины. Классификация, устройство, конструктивные особенности и принцип действия. Правила эксплуатации. Комплексы машин для товарной обработки продукции и поточные линии для дозирования, упаковки, накопления и отправки продукции в торговую сеть.

Тема 6. Введение в курс «Механическое оборудование»
Введение в курс «Механическое оборудование» Общие сведения о механических процессах, машинах и механизмах. Классификация. Технологический цикл. Понятие о производительности и потребной мощности. Универсальные приводы общего и специального назначения.

Тема 8. Очистительное оборудование
Очистительное оборудование Процессы очистки растительного сырья. Классификация процессов. Классификация машин. Принцип работы. Кинематические схемы. Конструктивные особенности работы механизмов, узлов и деталей. Правила эксплуатации.

Тема 9. Измельчительное оборудование

Измельчительное оборудование Теоретические основы резания. Классификация процессов. Классификация машин. Овощерезательные машины. Принцип работы. Кинематические схемы. Конструктивные особенности работы механизмов, узлов и деталей. Правила эксплуатации. Машины для измельчения мяса и рыбы. Мясорубки, куттеры и рыхлители. Классификация процессов. Классификация машин. Принцип работы. Кинематические схемы. Конструктивные особенности работы механизмов, узлов и деталей. Правила эксплуатации. Машины для нарезки хлеба и гастрономических продуктов. Классификация процессов. Классификация машин. Принцип работы. Кинематические схемы. Конструктивные особенности работы механизмов, узлов и деталей. Правила эксплуатации. Оборудование для получения пюреобразных продуктов. Классификация процессов. Классификация машин. Принцип работы. Кинематические схемы. Конструктивные особенности работы механизмов, узлов и деталей. Правила эксплуатации. Оборудование. Классификация процессов. Классификация машин. Принцип работы. Кинематические схемы. Конструктивные особенности работы механизмов, узлов и деталей. Правила эксплуатации. Оборудование для получения соков. Классификация процессов. Классификация машин. Принцип работы. Кинематические схемы. Конструктивные особенности работы механизмов, узлов и деталей. Правила эксплуатации.

Тема 10. Перемешивающее оборудование

Перемешивающее оборудование Перемешивающее оборудование. Классификация процессов. Классификация машин. Принцип работы. Кинематические схемы. Конструктивные особенности работы механизмов, узлов и деталей. Правила эксплуатации.

Тема 11. Моечное оборудование

Моечное оборудование Овощемоечные машины. Классификация процессов. Классификация машин. Принцип работы. Кинематические схемы. Конструктивные особенности работы механизмов, узлов и деталей. Правила эксплуатации. Посудомоечные машины. Классификация процессов. Классификация машин. Принцип работы. Кинематические схемы. Конструктивные особенности работы механизмов, узлов и деталей. Правила эксплуатации.

Тема 12. Основные сведения о тепловом оборудовании

Основные сведения о тепловом оборудовании Современное состояние и основные направления развития теплового оборудования. Классификация, типизация, индексация и стандартизация теплового оборудования. Приемы тепловой обработки пищевых продуктов и их аппаратное обеспечение.

Тема 13. Источники теплоты

Источники теплоты Твердое, жидкое, газообразное топливо, влажный насыщенный пар, электрический ток, инфракрасный, сверхвысокочастотный и индукционный нагрев. Достоинства и недостатки источников теплоты.

Тема 14. Основные узлы
тепловых аппаратов

. Основные узлы тепловых аппаратов Теплогенерирующие устройства (ТГУ) для сжигания твердого, газообразного топлива. ТГУ, использующие теплоту влажного насыщенного пара. ТГУ, преобразующие электрическую энергию в тепловую. Генераторы инфракрасного излучения. Генераторы сверхвысокочастотной энергии. Индукционные нагреватели. Устройство ТГУ, принцип действия, достоинства и недостатки. Промежуточные теплоносители, требования, предъявляемые к ним, основные характеристики, достоинства и недостатки. Тепловая изоляция аппаратов, характеристика отдельных видов теплоизоляционных материалов.

Тема 15. Аппараты для варки
в жидкой среде

Аппараты для варки в жидкой среде Пищеварочные котлы и автоклавы. Общие сведения и область применения. Классификация. Основные узлы. Устройство, принцип действия, эксплуатация.

Тема 16. Аппараты для варки
в среде влажного
насыщенного пара

Аппараты для варки в среде влажного насыщенного пара Пароконвектоматы. Общие сведения и область применения. Классификация. Основные узлы. Устройство, принцип действия, эксплуатация газовых, паровых и электрических пароварочных аппаратов.

Тема 17. Водогрейное
оборудование

Водогрейное оборудование Водонагреватели, кипятильники и оборудование для приготовления напитков. Общие сведения и область применения. Классификация. Основные узлы. Устройство, принцип действия, эксплуатация твердотопливных, газовых, паровых и электрических аппаратов.

Тема 18. Аппараты для жарки

Аппараты для жарки на разогретой поверхности Сковороды, контактные и роликовые грили, аппараты для производства блинной ленты. Общие сведения и область применения. Классификация. Основные узлы. Устройство, принцип действия, эксплуатация.

Аппараты для жарки в большом количестве жира Фритюрницы, жаровни, пончиковые аппараты. Общие сведения и область применения. Классификация. Основные узлы. Устройство, принцип действия, эксплуатация.

Аппараты для жарки в среде горячего воздуха Аппараты с естественной и принудительной конвекцией. Общие сведения и область применения. Классификация. Жарочные и пекарные шкафы. Основные узлы. Устройство, принцип действия, эксплуатация.

Тема 19. Аппараты для
термообработки в
поле СВЧ

Аппараты для термообработки в поле сверхвысокочастотных электромагнитных колебаний. СВЧ аппараты. Общие сведения и область применения. Классификация. Основные узлы. Устройство, принцип действия, эксплуатация.

Тема 20. Универсальные
тепловые аппараты

Универсальные тепловые аппараты Плиты. Общие сведения и область применения. Классификация плит. Основные узлы. Устройство, принцип действия, эксплуатация.

7.2 Содержание практических занятий и лабораторных работ

Тема 2. Контрольно- кассовая техника, оборудование для штриховго кодирования

Изучение активных контрольно-кассовых машин
Изучение пассивных контрольно-кассовых машин
Изучение оборудования для штрихкодирования

Тема 3. Оборудование для дозирования, фасовки и упаковки

Изучение упаковочного оборудования

Тема 4. Торговые автоматы (Вендинги)

Изучение устройства и принципа действия торговых автоматов

Тема 7. Сортировочно-калибровочное оборудование

Сортировочно-калибровочное оборудование Сортировочно-калибровочное оборудование.Классификация процессов. Классификация машин. Принцип работы. Кинематические схемы.Конструктивные особенности работы механизмов, узлов и деталей. Правила эксплуатации

Тема 8. Очистительное оборудование

Машины для очистки корне- и клубнеплодов

Тема 9. Измельчительное оборудование

Измельчительное оборудование: мясорубки, слайсеры, мясорыхлители, овощерезательные машины

Тема 10. Перемешивающее оборудование

Взбивальные и тестомесильные машины

Тема 11. Моечное оборудование

Посудомоечные машины

Тема 15. Аппараты для варки в жидкой среде Пищеварочные котлы
Тема 16. Аппараты для варки в среде влажного насыщенного пара Пароконвектоматы
Тема 17. Водогрейное оборудование кипяtilьники непрерывного действия
Тема 18. Аппараты для жарки жарочные и пекарные шкафы инфракрасные аппараты
Тема 19. Аппараты для термообработки в поле СВЧ СВЧ-печи
Тема 20. Универсальные тепловые аппараты Кухонные плиты

7.3. Содержание самостоятельной работы

Тема 3. Оборудование для дозирования, фасовки и упаковки Обзор производителей оборудования для дозирования, фасовки и упаковки

Тема 4. Торговые автоматы (Вендинги)

Назначение, классификация и маркировка торговых автоматов. Ассортимент товаров, реализуемых через автоматы. Структурные схемы автоматов, их характеристика. Техничко-эксплуатационные и санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к торговым автоматам. Правила эксплуатации.

Обзор производителей вендинговых аппаратов

Тема 5. Системы защиты товаров

Способы защиты товаров, их достоинства и недостатки. Электронные противокражные системы: назначение, состав, типы электронных противокражных систем и их характеристика. Обзор систем защиты на примере гипермаркетов города Екатеринбурга

Тема 6. Введение в курс «Механическое оборудование»

Автоматизация технологических процессов

Тема 8. Очистительное оборудование

Обзор производителей очистительного оборудования

Тема 12. Основные сведения о

тепловом
оборудовании

Повторение теоретических основ теплообменных процессов : теплопередача; нагревание, испарение, охлаждение и конденсация, выпаривание.

Тема 13. Источники теплоты

Приборы контроля и управления электротепловых аппаратов

Тема 14. Основные узлы

тепловых аппаратов

Обзор производителей теплового оборудования

Тема 15. Аппараты для варки

в жидкой среде

Обзор производителей пищеварочных котлов. Кофеварки : устройство, принцип действия, эксплуатация, производители

Тема 16. Аппараты для варки

в среде влажного
насыщенного пара

Обзор производителей пароконвектоматов.

Тема 17. Водогрейное

оборудование

Обзор производителей водогрейного оборудования

<p>Тема 18. Аппараты для жарки</p> <p>Обзор производителей жарочно-пекарского оборудования</p>
<p>Тема 19. Аппараты для термообработки в поле СВЧ</p> <p>Обзор производителей многофункционального оборудования</p>
<p>Тема 20. Универсальные тепловые аппараты</p> <p>Обзор производителей универсального оборудования</p>

7.3.1. Примерные вопросы для самостоятельной подготовки к зачету/экзамену
Приложение 1

7.3.2. Практические задания по дисциплине для самостоятельной подготовки к зачету/экзамену
Приложение 2

7.3.3. Перечень курсовых работ
Приложение 3

7.4. Электронное портфолио обучающегося
Размещается курсовая работа

7.5. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы
Не предусмотрено

7.6 Методические рекомендации по выполнению курсовой работы
Приложение 7

8. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

По заявлению студента

В целях доступности освоения программы для лиц с ограниченными возможностями здоровья при необходимости кафедры обеспечивает следующие условия:

- особый порядок освоения дисциплины, с учетом состояния их здоровья;
- электронные образовательные ресурсы по дисциплине в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья;
- изучение дисциплины по индивидуальному учебному плану (вне зависимости от формы обучения);
- электронное обучение и дистанционные образовательные технологии, которые предусматривают возможности приема-передачи информации в доступных для них формах.
- доступ (удаленный доступ), к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определен РПД.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Сайт библиотеки УрГЭУ

<http://lib.usue.ru/>

Основная литература:

2. Курочкин А.А. Технологическое оборудование производства хлеба, кондитерских и макаронных изделий [Электронный ресурс]: Учебник. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2023. - 353 – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1832088>

3. Курочкин А. А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства. В 2 ч. Часть 2 2-е изд., пер. и доп. Учебник и практикум для вузов [Электронный ресурс]:. - , 2023. - 255 с – Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/513945>

4. Курочкин А. А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства в 2 ч. Часть 1 2-е изд., пер. и доп. Учебник и практикум для вузов [Электронный ресурс]:. - , 2023. - 249 с – Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/513701>

Дополнительная литература:

2. Бурлев М. Я., Илюхин В. В., Тамбовцев И. М. Технологическое оборудование молочной отрасли. Монтаж, наладка, ремонт и сервис [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов. - Москва: Юрайт, 2022. - 418 – Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/494468>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ОНЛАЙН КУРСОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Astra Linux Common Edition. Договор №0417-ПО/2019 от 08.05.2019, Акт №Sk000343 от 24.05.2019 и Контракт № 35-У/2018 от 13.06.2018, Акт № УТ213 от 17.12.2018. Срок действия лицензии - без ограничения срока.

МойОфис стандартный. Соглашение № СК-281 от 7 июня 2017. Дата заключения - 07.06.2017. Срок действия лицензии - без ограничения срока.

Libre Office. Лицензия GNU LGPL. Срок действия лицензии - без ограничения срока.

Перечень информационных справочных систем, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Реализация учебной дисциплины осуществляется с использованием материально-технической базы УрГЭУ, обеспечивающей проведение всех видов учебных занятий и научно-исследовательской и самостоятельной работы обучающихся:

Специальные помещения представляют собой учебные аудитории для проведения всех видов занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду УрГЭУ.

Все помещения укомплектованы специализированной мебелью и оснащены мультимедийным оборудованием спецоборудованием (информационно-телекоммуникационным, иным компьютерным), доступом к информационно-поисковым, справочно-правовым системам, электронным библиотечным системам, базам данных действующего законодательства, иным информационным ресурсам служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа презентации и другие учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации.

7.3.1. Примерные вопросы для самостоятельной подготовки к зачету/экзамену

К зачету

1. Тестомесильная машина: устройство, принцип работы и мерах безопасной работы при использовании машины.
2. Взбивальная машина: устройство, принцип работы и мерах безопасной работы при использовании машины.
3. Просеиватель: устройство, принцип работы и мерах безопасной работы при использовании машины.
4. Машина хлебрезательная: устройство, принцип работы и мерах безопасной работы при использовании машины.
5. Дайте определение понятию «производительность машин и механизмов». Перечислите признаки классификации механического оборудования.
6. Универсальный привод: назначение, характеристика, правила эксплуатации.
7. Машины для очистки овощей: устройство, принцип работы, правила эксплуатации.
8. Машины для нарезки овощей : устройство, принцип работы, правила эксплуатации.
9. Машины для измельчения продуктов (куттеры и протирочные машины): устройство, принцип работы, правила эксплуатации.
10. Мясорубки :устройство, принцип работы, правила эксплуатации.
11. Машины и механизмы для рыхления и нарезки мяса: устройство, принцип работы, правила эксплуатации.
12. Посудомоечные машины : виды и классификация
13. Конвейерная п/м машина : устройство, принцип работы, правила эксплуатации.
14. Купольная п/м машина : устройство, принцип работы, правила эксплуатации.
15. Фронтальная п/м машина : устройство, принцип работы, правила эксплуатации.
16. Весоизмерительное оборудование: назначение, классификация ве-сов, применяемых на предприятиях торговли и общественного питания.
17. Требования, предъявляемые к весам: метрологические, торгово-эксплуатационные, санитарно-гигиенические.
18. Основные узлы и элементы весоизмерительных приборов и их назначение.
19. Весы настольные механические и электронные: принцип действия, устройство, достоинства и недостатки настольных механических и электронных весов (на примере конкретных моделей весов).
20. Весы передвижные механические и электронные: принцип действия, устройство, достоинства и недостатки передвижных механических и электронных весов (на примере конкретных моделей весов).
21. Весы электронные: назначение, устройство, принцип действия (на примере конкретной модели весов).
22. Правила эксплуатации весоизмерительных приборов (общие положения).
23. Органы государственного и ведомственного надзора за весоизмерительным оборудованием. Функции, выполняемые отдельными организациями.
24. Поверка весоизмерительных приборов: назначение поверки, виды поверок. Порядок поверки весов.
25. Гири: назначение, классификация, устройство. Поверка торговых гирь и их сроки клеймения.
26. Меры длины и объема, применяемые при продаже непродовольственных и продовольственных товаров: назначение, устройство.
27. Автоматизация расчетно-кассовых операций. Способы расчета с покупателями.
28. Контрольно-кассовые машины (ККМ): назначение, классификация. Требования, предъявляемые к ККМ.

29. Основные узлы ККМ и их назначение.
30. Основные режимы работы ККМ и их краткая характеристика (на примере конкретной модели ККМ).
31. Правила эксплуатации контрольно-кассовых машин: общие положения.
32. Документация на ККМ. Требования, предъявляемые к оформлению и ведению книги кассира – операциониста. Требования к реквизитам чека.
33. Штриховое кодирование: назначение, виды штрих-кодов. Достоинства применения штрихового кодирования в торговле.
34. Специализированные принтеры штрих-кодов: назначение, классификация, режимы работы принтеров.
35. Виды принтеров штрих-кодов и их техническая характеристика (на примере конкретных моделей). Достоинства и недостатки термопринтеров и термотрансферных принтеров.
36. Сканеры штрих-кодов: назначение, классификация.
37. Виды сканеров и их техническая характеристика (на примере конкретных моделей). Достоинства и недостатки лазерных и CCD сканеров
38. Виды терминалов сбора данных и их техническая характеристика (на примере конкретных моделей).
39. 33 Виды систем защиты товаров: назначение, достоинства и недостатки систем.

К экзамену

1. Конструкция, принцип работы и эксплуатация пищеварочного котла.
2. Конструкция, принцип работы и эксплуатация электрического жарочного шкафа.
3. Конструкция, принцип работы и эксплуатация фритюрницы периодического действия.
4. Конструкция, принцип работы и эксплуатация макаронотварки.
5. Конструкция, принцип работы и эксплуатация пароконвектомата бойлерного типа.
6. Конструкция, принцип работы и эксплуатация сковороды с косвенным обогревом.
7. Конструкция, принцип работы и эксплуатация электрической плиты.
8. Конструкция, принцип работы и эксплуатация сковороды с непосредственным обогревом.
9. Конструкция, принцип работы и эксплуатация электромармита.
10. Конструкция, принцип работы и эксплуатация кофемашины.
11. Конструкция, принцип работы и эксплуатация СВЧ-печи периодического действия.
12. Конструкция, принцип работы и эксплуатация печи с ИК-нагревом периодического действия.
13. Конструкция, принцип работы и эксплуатация кипятильника непрерывного действия.
14. Конструкция, принцип работы и эксплуатация пароконвектомата инжекторного типа.
15. Конструкция, принцип работы и эксплуатация газовой плиты.
16. Конструкция, принцип работы и эксплуатация электрической вафельницы.
17. Конструкция, принцип работы и эксплуатация гриля.
18. Конструкция, принцип работы и эксплуатация расстоечной камеры.
19. Конструкция, принцип работы и эксплуатация автокалава.
20. Классификация теплового оборудования предприятий общественного питания.
21. Способы тепловой обработки кулинарной продукции и их рациональный выбор (на примере тепловых аппаратов).
22. Основные элементы и рабочие узлы теплового аппарата.
23. Греющие элементы закрытого типа (ТЭНы): особенности конструкции, преимущества и недостатки.

24. Греющие элементы закрытого типа (конфорки): особенности конструкции, преимущества и недостатки.
25. Греющие элементы закрытого типа (ИК-излучатели): особенности конструкции, преимущества и недостатки.
26. СВЧ-генераторы (магнетрон): особенности конструкции, преимущества и недостатки.
27. Индукционный нагрев: особенности конструкции нагревательных элементов, преимущества и недостатки.
28. Инжекционные газовые горелки: особенности конструкции, преимущества и недостатки.
29. Инфракрасные газовые горелки: особенности конструкции, преимущества и недостатки.
30. Твердо- и жидкотопливные нагревательные элементы: особенности конструкции, преимущества и недостатки.
31. Основные виды теплоносителей, применяемые в оборудовании ПОП: классификация, характеристика, преимущества и недостатки.

7.3.2. Практические задания по дисциплине для самостоятельной подготовки к экзамену

Примерные практические и тестовые задания к зачету, экзамену

Номер задания	Содержание задания	Компетенция
	<i>Задания закрытого типа</i>	
1	Какие из нижеперечисленных потерь теплоты отсутствуют в уравнении теплового баланса электрического аппарата периодического действия? 1 Потери теплоты на нагрев продукта и потери теплоты ограждениями конструкции 2 Потери теплоты на разогрев аппарата 3 Потери теплоты с уходящими продуктами сгорания 4 Потери теплоты на нагрев продукта 5 Потери теплоты ограждениями конструкции	ОПК-9
2	Какую функцию выполняет "холодная" зона во фритюрнице? 1 Обеспечивает возможность слабого нагрева продукта 2 Обеспечивает снижение теплотерь 3 Предотвращает сгорание мелких частиц продукта и тем самым обеспечивает длительную сохранность жира 4 Предотвращает "пригорание" продукта 5 Позволяет снизить подведенную к аппарату мощность	ОПК-9
3	От какого параметра не зависит производительность машины или аппарата периодического действия? 1 Масса продукта 2 Скорость перемещения продукта внутри рабочей камеры 3 Время протекания процесса 4 Коэффициент заполнения рабочей камеры 5 Объем и плотность продукта	ОПК-9
4	Какие функции в конструкции теплового аппарата выполняет тепловая изоляция при его эксплуатации? 1 Увеличивает толщину ограждения рабочей камеры 2 Обеспечивает защиту обслуживающего персонала от ожогов 3 Уменьшает теплопритоки из окружающей среды в рабочую камеру 4 Обеспечивает защиту обслуживающего персонала от ожогов и снижает потери теплоты в окружающую среду 5 Снижает потери теплоты в окружающую среду	ОПК-9
5	При выполнении расчета в чем заключается отличие уравнение теплового баланса аппарата при стационарном режиме от уравнения теплового баланса при нестационарном режиме? 1 Отсутствием потерь теплоты на нагрев продукта 2 Отсутствием потерь теплоты от химического недожога 3 Отсутствием потерь теплоты ограждениями конструкции 4 Отсутствием потерь теплоты на разогрев аппарата 5 Отсутствием потерь теплоты с уходящими продуктами сгорания	ОПК-9
6	В каком случае величина коэффициента полезного действия системы "электрическая конфорка - наплитная посуда" наибольшая? 1 Плоское дно наплитной посуды совпадает по форме с конфоркой 2 Плоское дно наплитной посуды совпадает по форме и размерам с конфоркой 3 Плоское дно наплитной посуды совпадает по размерам с конфоркой 4 Плоское дно наплитной посуды не совпадает по форме и размерам с конфоркой 5 Вогнутое дно наплитной посуды совпадает по форме и размерам с конфоркой	ОПК-9
7	Что в конструкции пищеварочного котла с косвенным обогревом обеспечивает двойной предохранительный клапан? 1 Защиту пароводяной рубашки от чрезмерно высокого давления 2 Защиту варочного сосуда от чрезмерно высокого давления 3 Защиту пароводяной рубашки от чрезмерно низкого давления	ОПК-9

	4 Защиту пароводяной рубашки от чрезмерно высокого давления и чрезмерно низкого давления 5 Защиту варочного сосуда от чрезмерно высокого давления и чрезмерно низкого давления	
8	Какой из нижеперечисленных источников теплоты не используется в тепловых аппаратах в качестве энергоносителя? 1 Сухой насыщенный пар 2 Электрический ток 3 Влажный насыщенный пар 4 Топливо (твердое, жидкое, газообразное) 5 Электромагнитные колебания	ОПК-9
9	Чему равен коэффициент первичного воздуха беспламенной инжекционной газовой горелки? 1 $\alpha_T=0,3...0,6$ 2 $\alpha_T=0$ 3 $\alpha_T=1$ 4 $\alpha_T= 1,05. ...1,1$ 5 $\alpha_T > 0$	ОПК-9
10	Какой из нижеперечисленных теплоизоляционных материалов не используется в тепловых аппаратах пищевой промышленности и общественного питания? 1 Минеральная вата 2 Стекловата 3 Алюминиевая фольга 4 Асбест 5 Пенопласт	ОПК-9
<i>Задания открытого типа</i>		
1	Что в конструкции пищеварочного котла с косвенным обогревом обеспечивает электроконтактный манометр?	ОПК-9
2	Чему равен коэффициент первичного воздуха пламенной инжекционной газовой горелки?	ОПК-9
3	Укажите верный порядок установки рабочих органов в мясорубке при ее эксплуатации по схеме стандартный унгер	ОПК-9
4	Для чего винтовая линия шнека выполнена с убывающим шагом?	ОПК-9
5	Какое покрытие используют в рабочих органах картофелеочистительных машин?	ОПК-9
6	В какой холодильной системе не применяется хладагент?	ОПК-9
7	Укажите как называется устройство при работе холодильной машины для кипения холодильного агента при низкой температуре и давлении	ОПК-9
8	Укажите как называется устройство при работе холодильной машины служащее для отвода тепла от холодильного агента, сжижения холодильного агента:	ОПК-9
9	С какой периодичностью осуществляется поверка весоизмерительного оборудования на предприятиях общественного питания	ОПК-9
10	Для оценки эффективности эксплуатации теплового оборудования необходимо определить КПД теплового аппарата, если количество теплоты затрачиваемой для проведения процесса равно 1000 кДж, а количество теплоты передаваемой продукту 750 кДж. Какова величина КПД в процентах?	ОПК-9
11	При нагревании продукта в пищеварочном котле и его оценки эффективности необходимо определить полезное количество теплоты передаваемое продукту от $t_1 = 20$ оС до $t_2 = 80$ оС. Теплоемкость продукта $c = 1$ кДж/кг*К, масса продукта $m=1$ кг. Чему равно полезное количество теплоты в кДж?	ОПК-9
12	Для оценки тепловых потерь и эффективной эксплуатации греющего аппарата необходимо определить режим течения воды в трубном пространстве Скорость воды 1м/с, диаметр трубы 0,01м, коэффициент кинематической вязкости 10-6 м2/с. Каков режим течения жидкости?	ОПК-9
13	При эксплуатации теплового аппарата провести оценку тепловых потерь плоской аппарата за 10 мин его работы, если температура поверхности крышки	ОПК-9

	<p>$t_{пов}=50\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура окружающей среды $t_{окр}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, площадь поверхности крышки $F=0,1\text{ м}^2$, коэффициент теплоотдачи $\alpha=1\text{ Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$. Какова величина тепловых потерь крышкой в Дж?</p>	
14	Какая схема подключения аппарата типа «труба в трубе» в холодильной системе наиболее эффективна при его эксплуатации?	ОПК-9
15	При эксплуатации емкостного аппарата температура его наружной стенки рабочей камеры $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура окружающей среды $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, коэффициент теплоотдачи от стенки к воздуху $10\text{ Вт/м}^2\cdot\text{K}$. Определить потери теплоты в единицу времени с 1 м^2 поверхности аппарата для установки рационального теплозащитного ограждения	ОПК-9
16	Какой основной теплообменный процесс протекает в рубашке пищеварочного котла при его эксплуатации, если в качестве горячего теплоносителя используется водяной пар?	ОПК-9
17	При эксплуатации варочного котла необходимо провести правильную последовательность теплообменных процессов, реализуемых при варке каши. Какой порядок ведения процессов:	ОПК-9
18	<p>Какое вещество используют в качестве промежуточного теплоносителя в сковородах с косвенным обогревом?</p> <p>1 Водяной пар 2 Вода 3 Высокотемпературные носители 4 Глицерин</p>	ОПК-9
19	<p>Какое из нижеперечисленных веществ не используется в качестве промежуточного теплоносителя в рубашечных теплообменных аппаратах общественного питания?</p> <p>1 Вода 2 Водяной пар 3 Минеральное масло 4 Воздух</p>	ОПК-9
20	Какой из параметров технологических сред в оборудовании общественного питания измеряется вакуумметром?	ОПК-9
21	Как называется устройство для контроля температуры в продукте при тепловой обработке в пароконвектомате?	ОПК-9
22	Для чего предназначен шнек в мясорубке?	ОПК-9
23	Что называется <i>холодопроизводительностью</i> холодильной машины?	ОПК-9
24	Что называется абсолютным нулем? Назовите значение температуры равное абсолютному нулю, $^{\circ}\text{C}$.	ОПК-9
25	Рассчитайте, какое количество теплоты необходимо отнять для охлаждения 10 кг воды на $+20$ градусов Цельсия до криоскопической температуры.	ОПК-9
26	<i>Льдогенератор</i> - это (продолжите определение)	ОПК-9
27	Сформулируйте основную цель применения холодильной технологии в пищевой промышленности	ОПК-9
28	Что называется <i>охлаждением</i> пищевых продуктов в холодильной технологии?	ОПК-9

29	Что называется <i>замораживанием</i> пищевых продуктов в холодильной технологии?	ОПК-9
30	Какое количество теплоты при плавлении способен поглотить кусок льда массой 0,1 кг и температурой $\approx \pm 0^\circ\text{C}$.	ОПК-9

7.3.3. Перечень курсовых проектов

1. Проектирование кипятильника непрерывного действия
2. Проектирование кипятильника периодического действия
3. Проектирование жарочного шкафа
4. Проектирование конвекционной печи
5. Проектирование варочного котла
6. Проектирование фритюрницы с косвенным обогревом
7. Проектирование пароконвектомата инжекторного типа
8. Проектирование пароконвектомата бойлерного типа
9. Проектирование гриля
10. Проектирование кофемашины
11. Проектирование водонагревателя
12. Проектирование плиты конфорочной
13. Проектирование пекарного шкафа
14. Проектирование СВЧ-аппарата
15. Проектирование ИК-аппарата

7.4. Электронное портфолио обучающегося

В электронном портфолио обучающегося по дисциплине размещается

<http://portfolio.usue.ru>

- курсовой проект

**Приложение 7
к рабочей программе**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДЕНЫ
на заседании кафедры биотехнологии и
инжиниринга

**Методические указания для выполнения курсового проекта
по дисциплине
Технологическое оборудование отрасли**

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Общие требования и указания.....	4
1.1. Требования к оформлению курсового проекта.....	4
1.2. Структура пояснительной записки.....	4
1.3. Содержание разделов пояснительной записки.....	5
1.3.1. Введение.....	5
1.3.2. Анализ современного технологического оборудования.....	6
1.3.3. Разработка конструкции аппарата.....	6
1.3.4. Принцип действия аппарата.....	7
1.3.5. Выводы.....	7
1.4. Графическая часть курсового проекта.....	7
1.5. Защита курсового проекта.....	8
2. Методика выполнения технологических расчетов.....	9
2.1. Определение основных конструктивных размеров рубашечного аппарата.....	10
2.1.1. Варочная емкость цилиндрической формы.....	10
2.1.2. Рубашка аппарата с цилиндрической емкостью.....	12
2.1.3. Парогенератор аппарата с цилиндрической емкостью.....	12
2.1.4. Варочная емкость прямоугольной формы.....	13
2.1.5. Рубашка аппарата с прямоугольной варочной емкостью.....	15
2.1.6. Парогенератор аппарата с прямоугольной варочной емкостью.....	15
2.1.7. Крышка аппарата.....	16
2.2. Определение толщины тепловой изоляции.....	16
2.3. Тепловой баланс проектируемого оборудования.....	19
2.4. Определение минимально необходимой теплопередающей поверхности варочного сосуда.....	21
2.5. Определение теплового коэффициента полезного действия и тепловой мощности спроектированного аппарата.....	29
Библиографический список.....	30
Приложения.....	31

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект по дисциплинам «Технологическое оборудование отрасли» предусмотрен учебными планами бакалавров по направлению "Технологические машины и оборудование», как один из основных видов самостоятельной работы студента, позволяющей будущему технологю глубоко изучить особенности конструкций оборудования отрасли, получить навыки анализа типовой технической документации, освоить методику расчетов режимов работы аппаратов. Одним из часто используемых объектов курсового проектирования являются различные виды теплового варочного оборудования (пищеварочные котлы, варочные аппараты кондитерской, мясной и других отраслей пищевой промышленности, а также диссудаторы, автоклавы).

Курсовой проект включает в себя пояснительную записку объемом 35-40 страниц рукописного текста, графическую часть, выполненную на трех листах формата А1, и ведомость проекта, где перечислены все документы, относящиеся к проекту. Пояснительная записка, представленная в виде машинописного текста, может иметь меньший объем (30-35 страниц).

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ И УКАЗАНИЯ

При выполнении курсовых проектов необходимо соблюдать определенные требования к оформлению графической и текстовой части проекта, структуру и указанные ниже разделы пояснительной записки.

1.1. Требования к оформлению курсового проекта

Курсовой проект оформляют в соответствии с требованиями Единой системы технической документации (ЕСТД) и системы проектной документации (СПДС).

Основные требования к оформлению проекта представлены в методических указаниях [1, 2], а также в Справочнике по строительному черчению.

1.2. Структура пояснительной записки

Расчетно-пояснительная записка (ПЗ) является основным текстовым документом курсового проекта. Она должна включать в себя следующие составные части:

Титульный лист.

Содержание (оглавление).

Введение.

1. Анализ современного технологического оборудования для... (указывается назначение по заданию к проекту).

2. Разработка конструкции аппарата (пищеварочного котла, жарочного шкафа, печи и т.д.).

2.1. Описание конструкции.

2.2. Принцип действия.

3. Теплотехнический расчет.

3.1. Тепловой баланс нестационарного режима (разогрев аппарата).

3.2. Тепловой баланс стационарного режима работы аппарата.

3.3. Определение тепловой мощности аппарата (при заданном времени разогрева).

Определение времени разогрева аппарата (при заданной или принятой тепловой мощности аппарата).

4. Определение основных конструктивных параметров пищеварочных котлов.

4.1. Габаритные и геометрические размеры аппарата.

4.2. Определение толщины тепловой изоляции.

4.3. Определение требуемой площади поверхности нагрева.

5. Техническая характеристика аппарата.

Заключение.

Список использованных источников.

1.3. Содержание разделов пояснительной записки

1.3.1. Введение

Введение рекомендуется начинать с указания областей наиболее массового использования аппаратов соответствующих типов конструкций, являющихся объектом проектирования, например: «Рубашечные аппараты находят широкое применение на предприятиях...» или «Выпарные аппараты широко используются...».

Затем следует перейти к описанию частных случаев использования на практике аппаратов данного типа.

Далее освещаются технологические задачи, которые могут решаться с помощью таких аппаратов; кратко описываются технические особенности их эксплуатации (повышенные давления или разряжение, высокие температуры, агрессивность сред и т.п.).

На основании изложенного обосновывают цель проектирования, которая обычно заключается в стремлении снизить металлоемкость аппарата за счет выбора рациональных сечений деталей, эффективного использования рабочих поверхностей аппарата и т.п., уменьшить энергопотери аппарата либо повысить качество продукта. Указанием цели проектирования, как правило, завершают введение. Объем введения – 1,5–2,5 страницы.

1.3.2. Анализ современного технологического оборудования

В этом разделе приводят сведения из литературных источников (учебники, журнальные статьи, проспекты фирм-изготовителей и т.п.) о современном оборудовании, соответствующем теме курсового проекта. Эти сведения включают в себя описание работы оборудования (пищеварочного котла, автоклава и т.д.), конструктивную схему аппаратов, материалы о преимуществах и недостатках. Следует привести описание не менее трех-пяти видов оборудования.

1.3.3. Разработка конструкции аппарата

Этот раздел пояснительной записки должен содержать технически грамотное изложение результатов разработки конструкции аппарата и включать в себя по крайней мере два подраздела: описание конструкции аппарата и описание технологического режима эксплуатации. Текст полезно начать с упоминания аналогов и прототипов конструкции, использованных при проектировании, или с указания рационализаторского предложения, авторского свидетельства (патента), если проектная разработка является оригинальной, например: «Пищеварочный котел разработан на основе типовой конструкции, используемой на предприятиях общественного питания» или «В основу разработки рубашечного автоклава положены оригинальные технические решения, содержащиеся в авторском свидетельстве Ю... /.../».

Далее следует перейти к подразделу «Описание аппарата». Здесь сообщается принцип «от общего к единичному» (аппарат – узлы аппарата – детали узлов).

Схема изложения при этом обычно такова:

1. Описание аппарата в целом: «Аппарат предназначен для...»; «Конструктивная схема аппарата представлена на рис. ...»; «Аппарат включает в себя следующие узлы: ...».

2. Описание узлов аппарата: «Узел такой-то предназначен для...»; «Конструктивная схема узла показана на рис. ... (если узел достаточно сложный и его конструкция не ясна из схемы аппарата в целом)»; «Узел включает в себя...».

3. Описание конструктивно важных или оригинальных деталей: «Деталь представляет собой...»; «Деталь изготовлена из... (материал детали по ГОСТу)»; «Деталь укреплена или присоединена там-то и таким-то способом».

4. Описание установочных и присоединительных элементов конструкции: «Аппарат крепится или устанавливается с помощью опор такой-то конструкции...»; «Аппарат имеет следующие технологические и вспомогательные штуцеры...».

5. Описание вспомогательных устройств, обеспечивающих эксплуатацию в заданных режимных параметрах, например: «Для контроля

температуры и давления среды на корпусе аппарата предусмотрена установка карманов для термометров, бобышек для манометров и т.п.».

1.3.4. Принцип действия аппарата

Закончив развернутое описание разработанной конструкции, следует перейти к подразделу «Описание принципа действия аппарата». В этом подразделе должны быть рассмотрены вопросы подготовки аппарата к работе, особенности его вывода на рабочий режим и собственно эксплуатации в рабочем режиме. Описание работы рекомендуется проводить, следуя в направлении движения технологических сред, последовательно переходя от одной среды к другой, например: «Греющий пар через штуцер... поступает в рубашку пищеварочного котла и конденсируется на наружной поверхности варочной емкости. Конденсат греющего пара удаляется через штуцер..., а неконденсирующиеся газы (воздух) периодически (или полностью) в виде парогазовой смеси отводятся через штуцер...».

Заканчивают текст подраздела описанием порядка останковки аппарата, способа опорожнения и промывки (если она необходима по технологии).

Выполнение расчетной части пояснительной записки производится в соответствии с нижеприведенными указаниями к разд. 2.

1.3.5. Выводы

Выводы оформляют в виде отдельных абзацев, в которых должны быть кратко сформулированы и обоснованы конкретные положения работы.

Первая фраза должна четко и конкретно выражать главную мысль и с помощью употребления таких слов, как «получено», «определено», «установлено», «принято», должна строиться по следующей схеме: «В результате проведенного анализа установлено, что...»; «На основании проведенных расчетов... определены величины...» и т.д.

Остальную часть абзаца следует посвятить краткой расшифровке полученного результата, поясняя его значимость и область использования.

Выводы должны содержать основные показатели конструкции, в число которых, наряду с габаритными размерами и производительностью, входят удельная материало- и энергоемкость.

1.4. Графическая часть курсового проекта

Графическая часть курсового проекта выполняется на двух листах формата А1: на первом дается общий вид (сборочный чертеж проектируемого аппарата); на втором приводятся сборочные чертежи

основных узлов котла (крышки котла, варочные емкости, парогенераторы и т.п.).

На чертеже общего вида следует показать необходимое число проекций, разрезов и сечений, позволяющих судить о количестве и виде взаимодействующих узлов, указать позиции узлов и крепежных деталей, нанести габаритные и присоединительные размеры.

Затем в соответствии с требованиями методических указаний по оформлению пояснительных записок и графической части курсовых и дипломных проектов составляют спецификации.

В качестве сборочной единицы следует вычертить узел «крышка котла» и узел «варочный сосуд», проставить соответствующие размеры и составить спецификацию.

Для вычерчивания деталей можно взять любые элементы конструкции котла.

1.5. Защита курсового проекта

Защита курсового проекта состоит из краткого сообщения студента о содержании проделанной работы и ответов на вопросы комиссии, принимающей проект. Содержание сообщения соответствует тексту пояснительной записки. В начале дается обоснование актуальности проектируемого аппарата (материал для этой части доклада берется из введения к пояснительной записке и раздела «Анализ современного технологического оборудования...»). Объем такого обоснования, как правило, не превышает одной страницы машинописного текста.

Далее студент приступает к описанию проектируемой конструкции аппарата и принципа действия.

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

К конструктивным параметрам, включаемым в техническую характеристику, как правило, относятся габаритные размеры и масса аппарата, объем или масса одноразово загружаемого продукта, тепловая мощность аппарата, вид теплоносителя и его характеристики. В зависимости от технологии производства используемые на производстве варочные аппараты могут иметь различные конструкции, основные из которых представлены на рис. 1.

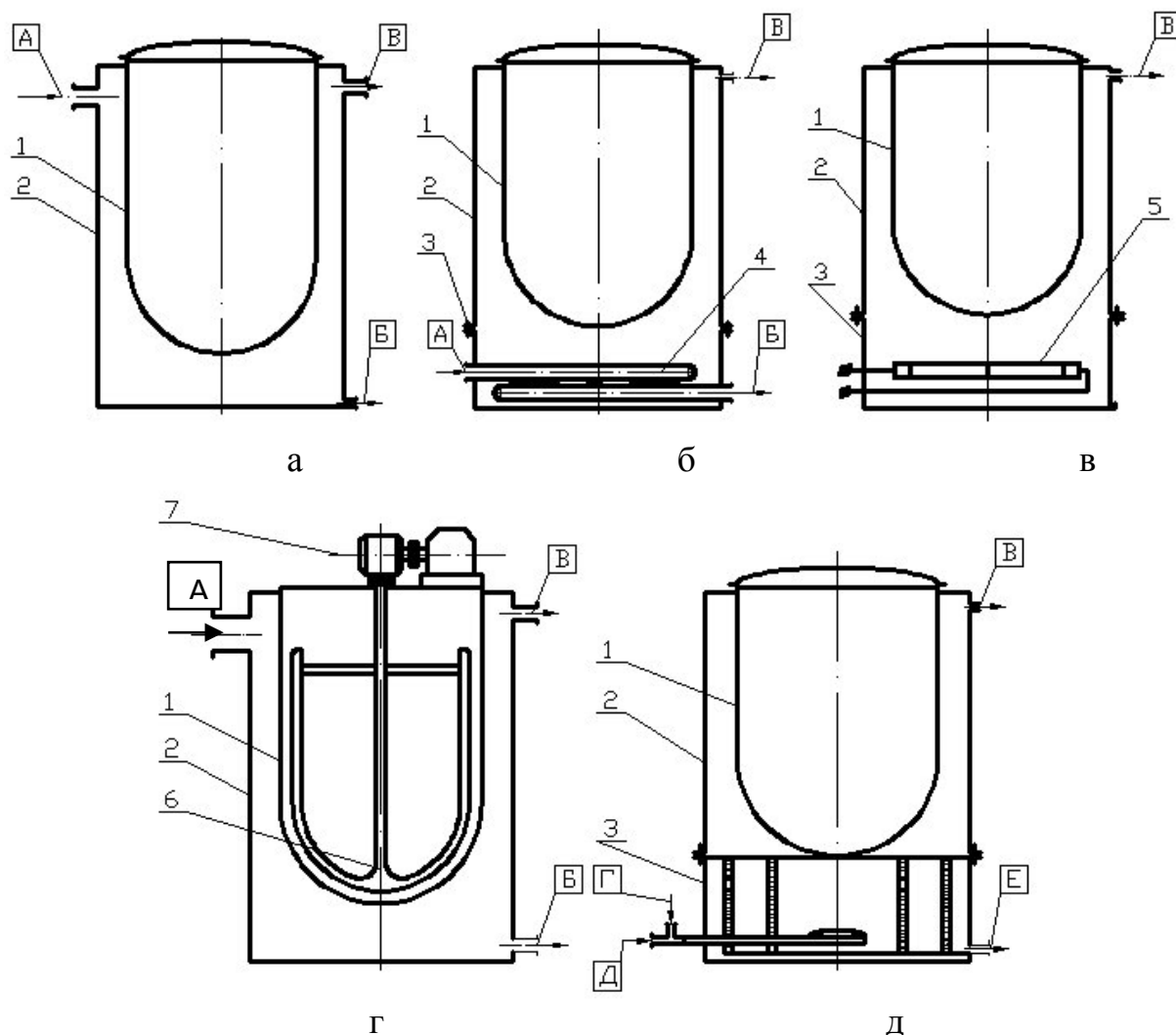


Рис. 1. Конструктивные схемы варочных аппаратов

Типы котлов: а - паровой; б - паровой с косвенным обогревом;

в - электрический; г - паровой с мешалкой; д - газовый.

Назначение штуцеров: А-греющий пар; Б-конденсат; В - продувка рубашки;

Г - газ; Д - воздух; Е - продукты сгорания топлива;

1 – варочная емкость; 2 - рубашка котла; 3 – парогенератор;

4 – паровой змеевик; 5 – электронагреватель; 6 – мешалка;

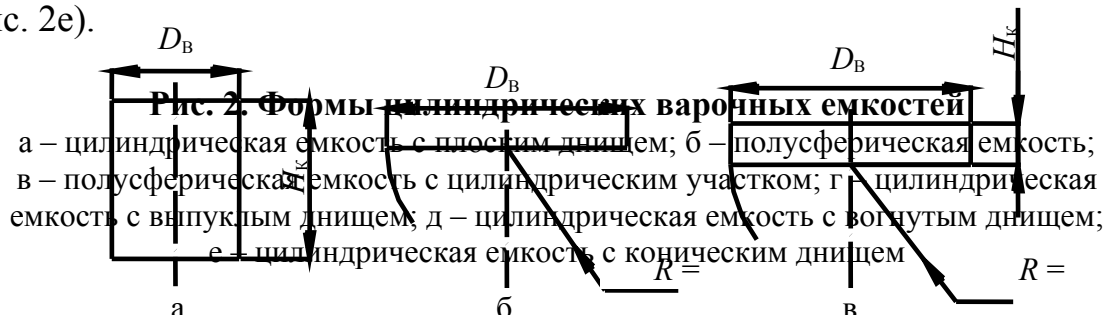
7 – привод мешалки

2.1. Определение основных конструктивных размеров рубашечного аппарата

Определению подлежат основные размеры внутренней варочной емкости, рубашки аппарата, толщины изоляции аппарата и его общих габаритных размеров.

2.1.1. Варочная емкость цилиндрической формы

В технологических варочных аппаратах чаще всего используют цилиндрические емкости с плоским дном (рис. 2а), полусферические днища (рис. 2б), полусферические днища с цилиндрической обечайкой (рис. 2в), цилиндрическую емкость с выпуклым эллиптическим или сферическим дном (рис. 2г), цилиндрическую емкость с вогнутым дном (рис. 2д), а также цилиндрические емкости с коническим дном (рис. 2е).



Выбор того или иного вида варочной емкости определяется технологическими условиями и традициями проектирования.

Рубашечные аппараты с цилиндрической варочной емкостью характеризуются диаметром D_B и величиной теплопередающей поверхности F , расчетные зависимости для которых представлены в табл. 1.

Геометрические параметры цилиндрической варочной емкости

Форма (рис.1)	k_K	k_D	Диаметр D_B , м	Площадь боковой поверхности F_K , м ²	Площадь донной поверхности F_D , м ²
а	0,5 , 0,8	0	$\sqrt[3]{\frac{4M}{\varphi \cdot \eta \cdot \lambda \cdot k_K}}$	$\rho \cdot D_B^2 \cdot k_K$	0
б	0	0,5	$\sqrt[3]{\frac{12M}{\varphi \cdot \eta \cdot \lambda}}$	0	$0,125 \cdot \rho \cdot D_B^2$
в	0,1 , 0,2	0,5	$\sqrt[3]{\frac{4M}{j \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (k_K + 0,33)}}$	$\rho \cdot D_B^2 \cdot k_K$	$0,5 \cdot \rho \cdot D_B^2 \cdot \frac{\infty}{\varepsilon} \cdot k_D + \frac{0,25 \cdot \rho}{k_D} \cdot \frac{\ddot{o}}{\ddot{o}}$

г	0,5 , 0,8	0,05 , 0,1	$\sqrt[3]{\frac{4 \times M}{j \times \varphi \times (k_K + 0,5 k_D)}}$		
д					
е	0,5 , 0,8	0,33	$\sqrt[3]{\frac{4 \times M}{j \times \varphi \times (k_K + 0,33 k_D)}}$	$\rho \times D_B^2 \times k_K$	$0,5 \times \rho \times D_B^2 \times \sqrt{k_D^2 + 0,25}$

Примечание. k_K – коэффициент, учитывающий соотношение высоты цилиндрической части корпуса варочной емкости к ее диаметру, $k_K = H_K/D_B$; k_D – коэффициент, учитывающий соотношение высоты днища корпуса варочной емкости к ее диаметру, $k_D = h_D/D_B$; M – заданное разовое количество загружаемого в варочную емкость продукта, кг; $\varphi = 0,85$ – коэффициент заполнения варочной емкости; ρ – плотность загружаемого продукта, кг/м³.

Высота варочного сосуда вычисляется по формуле

$$H_B = D_B \times (k_K + k_D). \quad (2.1)$$

Поверхность теплообмена (фактическая) варочного сосуда определяется соотношением

$$F = F_K + F_D. \quad (2.2)$$

Масса варочного сосуда приближенно определяется соотношением

$$M_B = \rho_M \times (F_D \times S_D + F_K \times S_K), \quad (2.3)$$

где S_K , S_D – соответственно толщины стенок корпуса и днища варочной емкости, м; ρ_M – плотность конструкционного материала (сталь, медь, сплавы и т.п.), из которого изготовлена варочная емкость, кг/м³.

Значения толщин стенок деталей варочного аппарата здесь и далее определяют исходя из условия прочности и устойчивости конструкции (для студентов механических специальностей) или принимают на основе общих рекомендаций в интервале 0,002÷0,005 м. Значения плотности конструкционного материала принимаются в зависимости от вида материала по справочным данным.

2.1.2. Рубашка аппарата с цилиндрической емкостью

Диаметр рубашки котла определяется соотношением

$$D_B = D_B + 2 \times m \text{ Equation.3}, \quad (2.4)$$

где m – величина зазора рубашечного пространства, м, $m = 0,002 \div 0,005$ м.

Высота рубашки котла вычисляется по соотношению

$$H_p = H_B + P \quad \text{Equation.3} \quad (2.5)$$

где P – величина зазора между условными уровнями днищ варочной емкости и рубашки котла, м, $P = 0,005 \div 0,02$ м.

Масса рубашки котла:

$$M_p = \frac{\rho}{g} \times D_p \times H_p \times S_p + \frac{\rho}{4} \times S_k \left(D_p^2 - D_B^2 \right) \times k_p \times \text{Equation.3} \quad (2.6)$$

где S_p , S_k – соответственно толщина стенки рубашки котла и кольца, соединяющего стенки варочной емкости и рубашки, м; S_p , $S_k = 0,003, 0,006$ м; $k_p = 1,2$ – коэффициент неучтенной массы узла.

2.1.3. Парогенератор аппарата с цилиндрической емкостью

Парогенератор электрического опрокидывающегося рубашечного аппарата представляет собой эллиптическое днище с размещенными в нем горизонтально трубчатыми электронагревателями.

Диаметр эллиптического днища D_1 принимается равным диаметру рубашки котла D_p .

Масса рабочей жидкости (воды), заполняющей парогенератор, определяется по формуле

$$M_{p.ж.} = \frac{\rho \times D_1^2 \times h_{ж.}}{4} \times (1 + k_{пг}) \times \text{Equation.3} \quad (2.7)$$

где $h_{ж.}$ – высота слоя жидкости (воды), налитой выше уровня тэнов в парогенераторе, м; $\rho_{ж.}$ – плотность жидкости (воды), заливаемой в парогенератор, кг/м³; $k_{пг}$ – коэффициент, учитывающий влияние выпуклости (при знаке «-» влияние вогнутости) днища парогенератора.

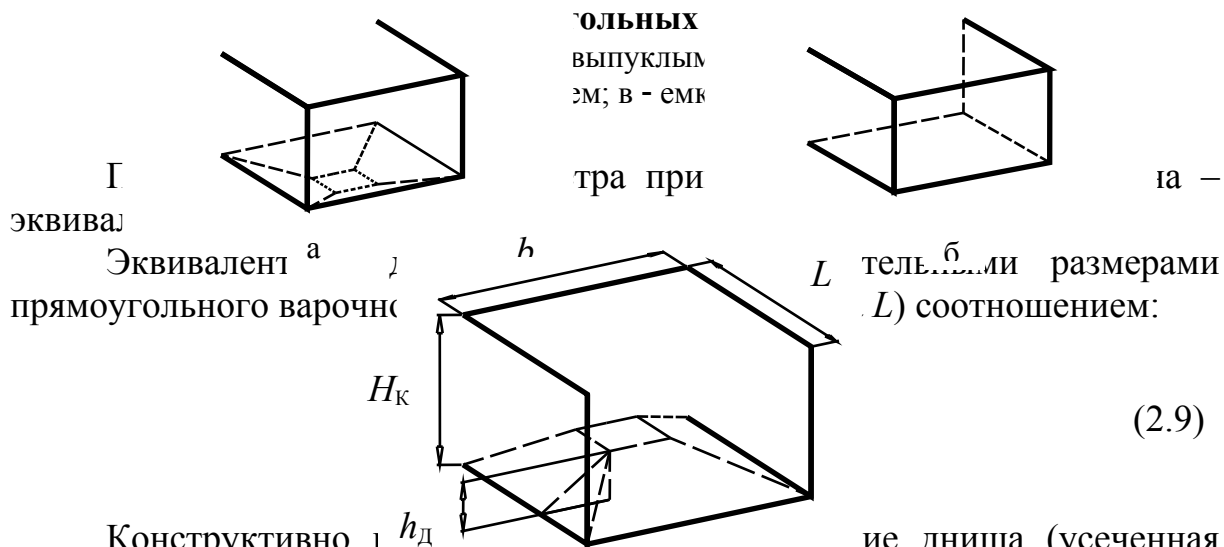
Масса металла корпуса парогенератора определяется по формуле

$$M_{пг} = \frac{\rho \times D_1^2}{4} \times (1 + R_{пг}) \times \text{Equation.3} \quad (2.8)$$

где $S_{\text{ПГ}}$ – толщина днища парогенератора, м.

2.1.4. Варочная емкость прямоугольной формы

Определение поперечных размеров варочного прямоугольного сосуда (рис. 3) производится по методике расчета цилиндрических варочных сосудов.



Конструктивно $h_{\text{д}}$ – диаметр днища (усеченная пирамида) в виде квадрата площади F_2 , равной 0,25 от площади верхнего основания $F_1 = b \times L$, т.е. $F_2 = 0,25 \cdot F_1$.

Ширина варочного сосуда находится по его заданному рабочему объему, соответствующему разовому количеству загружаемого продукта M :

$$b = \sqrt[3]{\frac{0,5 \times M \times (k + 1)}{j \times \rho \times k^2 \times (k_{\text{к}} \pm 0,58 \times k_{\text{д}})}}, \quad (2.10)$$

где $k_{\text{к}}$ – коэффициент, учитывающий соотношение высоты цилиндрической части корпуса варочной емкости к ее диаметру, $k_{\text{к}} = H_{\text{к}}/D_{\text{ЭКВ}}$; $k_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий соотношение высоты днища корпуса варочной емкости к ее диаметру (при знаке «+» влияние выпуклости, при «-» вогнутости), $k_{\text{д}} = h_{\text{д}}/D_{\text{ЭКВ}}$; k – соотношение поперечных размеров варочного сосуда, $k = L/b$.

Из конструктивных условий принято $k = 1,6$.

Значения коэффициентов $k_{\text{к}}$ и $k_{\text{д}}$, зависящих от формы варочных емкостей (рис. 3), приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициентов формы варочной емкости

Форма варочной емкости	а	б	в
------------------------	---	---	---

k_K	0,5÷0,8	0,5÷0,8	0,5÷0,8
k_D	0,33	0,33	0

Длина варочного сосуда L определяется по формуле

$$L = k \cdot b. \quad (2.11)$$

Высота варочного сосуда вычисляется по формуле

$$H_B = D_{\text{ЭКВ}} \cdot (k_K + k_D). \quad (2.12)$$

Поверхность теплообмена (фактическая) F_{Φ} для варочного сосуда прямоугольной формы определяется аналогично варочному сосуду цилиндрической формы (см. формулу (2.2)).

Боковая поверхность вычисляется по формуле

$$F_K = 2 \cdot (b + L) \cdot H_K. \quad (2.13)$$

Донная поверхность теплообмена определяется соотношением

$$F_D = (b + L + \sqrt{b \cdot L}) \cdot \sqrt{h_D^2 + 0,25 \cdot (b - 0,5 \cdot \sqrt{b \cdot L})^2} \cdot \text{Equation.3}. \quad (2.14)$$

Масса варочного сосуда определяется по формуле (2.3).

2.1.5. Рубашка аппарата с прямоугольной варочной емкостью

Размер рубашки котла определяется следующими соотношениями:
длина прямоугольной рубашки

$$L_p = L + 2 \cdot m, \quad (2.15)$$

где m – величина зазора рубашечного пространства, принятого на основе рекомендации равным 0,004 м;

ширина прямоугольной рубашки

$$b_p = b + 2 \cdot m; \quad (2.16)$$

высота рубашки котла

$$H_p = H_B + m \cdot \text{Equation.3}. \quad (2.17)$$

Масса рубашки определяется из выражения

$$M_p = (L_p \cdot b_p + 2 \cdot H_p \cdot (b_p + L_p)) \cdot S_p \cdot \rho_m \text{ Equation.3}, \quad (2.18)$$

где S_p – толщина стенки рубашки котла, м.

2.1.6. Парогенератор аппарата с прямоугольной варочной емкостью

Парогенератор электрического пищеварочного котла с прямоугольным варочным сосудом выполнен в виде прямоугольной емкости с шириной:

$$b_{\text{ПГ}} = b_p/2; \quad (2.19)$$

длиной:

$$L_{\text{ПГ}} = L_p/2. \quad (2.20)$$

Масса рабочей жидкости (воды), заполняющей парогенератор, определяется по формуле

$$M_{\text{р.ж.}} = L_{\text{ПГ}} \cdot b_{\text{ПГ}} \cdot h_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} \text{ Equation.3}, \quad (2.21)$$

где $h_{\text{ж}}$ – высота слоя жидкости (воды), налитой выше уровня ТЭНов в парогенераторе, м; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность воды, заливаемой в парогенератор, $\rho_{\text{ж}} = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Масса металла корпуса парогенератора определяется по формуле

$$M_{\text{ПГ}} = (L_{\text{ПГ}} \cdot b_{\text{ПГ}} + 2 \cdot H_{\text{ПГ}} \cdot (b_{\text{ПГ}} + L_{\text{ПГ}})) \cdot S_{\text{ПГ}} \cdot \rho_m \text{ Equation.3}, \quad (2.22)$$

где $S_{\text{ПГ}}$ – толщина днища парогенератора, м, $S_{\text{ПГ}} = 0,003$ м.

2.1.7. Крышка аппарата

Масса крышки аппарата с цилиндрической емкостью определяется по формуле

$$M_{\text{кр}} = 0,25 \cdot \rho_m \cdot \pi \cdot D_B^2 \cdot S_{\text{кр}}, \quad (2.23)$$

где $S_{\text{кр}}$ – толщина крышки аппарата, $S_{\text{кр}} = 0,002 \div 0,005$ м.

Для аппаратов с прямоугольной емкостью в формуле (2.23) вместо D_B необходимо подставлять ее эквивалентный диаметр $D_{ЭКВ}$.

2.2. Определение толщины тепловой изоляции

Исходя из того, что тепловая изоляция должна снижать температуру наружных ограждений до безопасных значений, исключающих возможность ожогов, и уменьшать потери тепла в окружающую среду наружными поверхностями аппарата, ее расчет ведут, задаваясь величиной максимально допустимой температуры наружных стенок варочного аппарата: 40°C.

Расчетная формула для определения толщины тепловой изоляции для стационарного режима выведена на основе предположения о равенстве количества тепловой энергии, прошедшей через слой изоляции и тепловой энергии, отданной ее поверхностью в окружающую среду:

$$d_{ИЗ} = \frac{l_{ИЗ} \times (t_{ВН} - t_{НАР})}{a_{ОКР} \times (t_{НАР} - t_{ОКР})} \text{ Equation.3}, \quad (2.24)$$

где $l_{ИЗ}$ - коэффициент теплопроводности материала изоляции, Вт/(м × °C); $t_{ВН}$ - температура внутренней поверхности изоляции, °C; $t_{НАР}$ - температура наружной поверхности изоляции, °C; $t_{ОКР}$ - температура окружающей среды (воздуха), °C; $a_{ОКР}$ - суммарный коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности изоляции к окружающей среде (воздуху), Вт/(м² × °C), определяемый как сумма коэффициентов теплоотдачи свободной конвекции $a_{СВ}$ и коэффициента теплоотдачи излучения $a_{ИЗЛ}$ [3]:

$$a_{ОКР} = a_{СВ} + a_{ИЗЛ} \text{ Equation.3}. \quad (2.25)$$

Температуру можно $t_{ВН}$ принять равной температуре насыщенного пара t_S (как предельную температуру пара в рубашке), которую выбирают по табл. П5 в зависимости от давления в рубашке аппарата $p_{max} = 140$ кПа для варочных котлов и $p_{max} = 450$ кПа для автоклавов (см. приложения).

Значения коэффициента теплопроводности изоляционного материала $l_{ИЗ}$ принимают из табл. П1 (см. приложение) по средней температуре изоляции $\bar{t}_{ИЗ}$:

$$\bar{t}_{ИЗ} = 0,5 \times (t_{ВН} + t_{НАР}). \quad (2.26)$$

Коэффициент теплоотдачи от наружной боковой стенки (покрытой изоляцией) к воздуху находится из критериального уравнения

$$Nu_B = C \times (Gr_B \times Pr_B)^n, \quad (2.27)$$

где $Gr_B = \frac{g \times H_p^3}{\nu_B^2} \times \beta_B \times (t_{НАР} - t_{ОКР})$ - критерий Грасгофа для Equation.3

воздуха (окружающей среды); Pr_B – критерий Прандтля для воздуха (окружающей среды); ν_B – коэффициент кинематической вязкости воздуха, м²/с;

$\beta_B = 1/(t+273)$ – коэффициент температурного расширения воздуха; H_p – высота боковой поверхности рубашки котла, м; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²; C и n – коэффициенты, определяемые из табл. 3.

Таблица 3

Коэффициенты C и n при различных режимах движения воздуха [4]

Коэффициент	Ламинарный $1 \cdot 10^{-3} \leq Gr \times Pr \leq 5 \cdot 10^2$	Переходной $5 \cdot 10^2 \leq Gr \cdot Pr \leq 2 \cdot 10^7$	Турбулентный $2 \cdot 10^7 \leq Gr \cdot Pr \leq 1 \cdot 10^{13}$
C	1,18	0,54	0,115
n	0,125	0,25	0,33

Значение высоты теплоотдающей наружной поверхности определено по соотношениям (2.5), (2.17).

Необходимые физические свойства воздуха: кинематический коэффициент вязкости ν и критерий Прандтля Pr принимают из таблицы свойств сухого воздуха П2 (см. приложение) для средней температуры $\bar{t}_{ОКР}$ Equation.3 :

$$\bar{t}_{ОКР} = 0,5 \times (t_{НАР} + t_{ОКР}). \quad (2.28)$$

Значение коэффициента теплоотдачи $\alpha_{СВ}$ находят из определения числа Нуссельта Nu_B :

$$\alpha_{СВ} = Nu_B \times \frac{l_B}{H_p} \text{ Equation.3}, \quad (2.29)$$

где l_B – коэффициент теплопроводности воздуха (П2, по $\bar{t}_{ОКР}$ Equation.3), Вт/(м×°С).

Коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности котла в окружающую среду излучением определяют по формуле

$$\alpha_{\text{изл}} = \sigma \cdot \epsilon_{\text{пов}} \cdot \frac{(t_{\text{НАР}} + 273)^4 - (t_{\text{ОКР}} + 273)^4}{(t_{\text{НАР}} - t_{\text{ОКР}})}, \quad (2.30)$$

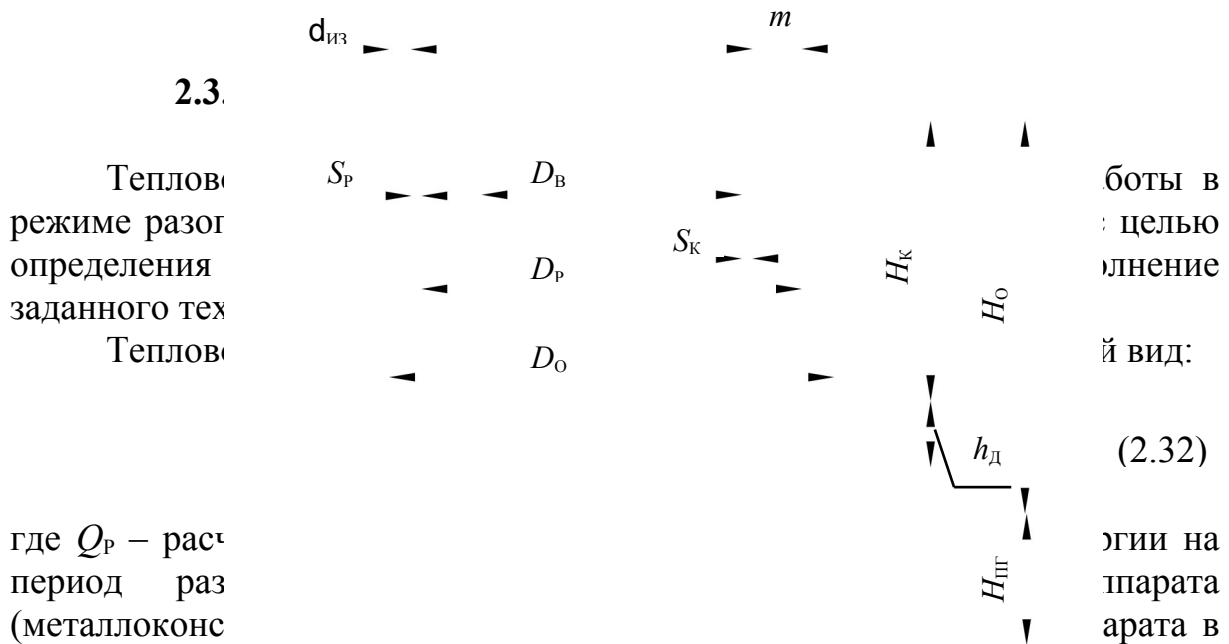
Equation.3

где σ – постоянная Стефана-Больцмана, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²·К; $\epsilon_{\text{пов}}$ – коэффициент лучеиспускания серого тела (см. табл. ПЗ приложения) [3].

Внутренний диаметр облицовки изоляции рубашки котла находят по формуле

$$D_o = D_p + 2 \cdot d_{\text{из}} \cdot \alpha_{\text{изл}} \cdot \text{Equation.3} \cdot (2.31)$$

Результаты расчетов основных размеров варочного аппарата проставляются на его конструктивной схеме, пример которой приведен на рис. 4.



где Q_p – расч...
период раз...
(металлоконт...
работу до мо...
жарка и т.д.), кДж, $Q_{\text{пол}}$ – полезная тепловая энергия, затраченная на...
разогрев содержимого варочного сосуда от начальной до конечной...
температуры, кДж;
 $Q_{\text{р.к.}}$ – тепловая энергия, затраченная на разогрев конструкционного...
материала аппарата от начальной до конечной температуры, кДж; $Q_{\text{кр}}$ –
потери тепла в окружающую среду крышкой варочного сосуда в течение...
процесса разогрева, кДж; $Q_{\text{бок}}$ – потери тепла в окружающую среду...
боковой поверхностью аппарата в течение процесса разогрева, кДж; $Q_{\text{р.ж.}}$ –
тепловая энергия, затраченная на разогрев рабочей жидкости...
парогенератора (для аппаратов с косвенным обогревом), кДж.

Указанные величины можно определить по формулам:

$$Q_{\text{ПОЛ}} = V_{\text{Н}} \times (\rho_{\text{Ж.КОН}} \times C_{\text{Ж.КОН}} \times t_{\text{Ж.КОН}} - \rho_{\text{Ж.НАЧ}} \times C_{\text{Ж.НАЧ}} \times t_{\text{Ж.НАЧ}}) \text{Equation.3} \quad (2.33)$$

$$Q_{\text{Р.К.}} = \sum_{i=1}^n M_i \times C_i \times (t_{i.\text{КОН}} - t_{i.\text{НАЧ}}) \text{Equation.3} \quad ; \quad (2.34)$$

$$Q_{\text{КР}} = t_{\text{Р}} \times F_{\text{КР}} \times \overline{a}_{\text{КР}} \times (\overline{t}_{\text{КР}} - t_{\text{ОКР}}) \text{Equation.3} \quad ; \quad (2.35)$$

$$Q_{\text{Р.Ж.}} = M_{\text{Р.Ж.}} \times (C_{\text{Р.Ж.КОН}} \times t_{\text{Р.Ж.КОН}} - C_{\text{Р.Ж.НАЧ}} \times t_{\text{Р.Ж.НАЧ}}) \text{Equation.3} \quad ; \quad (2.36)$$

$$Q_{\text{БОК}} = t_{\text{Р}} \times F_{\text{БОК}} \times \overline{a}_{\text{БОК}} \times (\overline{t}_{\text{БОК}} - t_{\text{ОКР}}) \text{Equation.3} \quad , \quad (2.37)$$

где $V_{\text{Н}}$ – объем нагреваемого продукта в варочном сосуде, м^3 ; M_i – масса i -го элемента конструкции аппарата (см. табл. 3), кг ; $M_{\text{КР}}$ – масса крышки аппарата, кг ; $M_{\text{Р.Ж.}}$ – масса рабочей жидкости парогенератора, кг (см. (2.7), (2.21)); $F_{\text{БОК}}$ – площадь боковой поверхности аппарата, м^2 ; $F_{\text{КР}}$ – площадь поверхности крышки, отдающей тепло окружающей среде, м^2 ; $C_{\text{Ж.НАЧ}}$, $C_{\text{Ж.КОН}}$ – теплоемкость содержимого варочного сосуда соответственно в начале и в конце разогрева, $\text{кДж}/(\text{кг} \times \text{К})$; C_i – теплоемкость материала i -го элемента, $\text{кДж}/(\text{кг} \times \text{К})$; $\rho_{\text{Ж.НАЧ}}$, $\rho_{\text{Ж.КОН}}$ – плотность содержимого варочного сосуда соответственно в начале и в конце разогрева, $\text{кг}/\text{м}^3$; $C_{\text{Р.Ж.НАЧ}}$, $C_{\text{Р.Ж.КОН}}$ – теплоемкость содержимого варочного сосуда соответственно в начале и в конце разогрева, $\text{кДж}/(\text{кг} \times \text{К})$; $\overline{a}_{\text{КР}}$ – средний коэффициент теплоотдачи от поверхности крышки в окружающую среду за период разогрева, $(\text{кВт}/\text{м}^2 \times \text{К})$; $\overline{a}_{\text{БОК}}$ – средний коэффициент теплоотдачи от поверхности боковой стенки (боковой облицовки теплового оборудования) в окружающую среду за период разогрева, $\text{кВт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$; $t_{i.\text{КОН}}$ – температура поверхности i -го элемента в конце разогрева (см. табл. 3), К ; $t_{\text{Ж.НАЧ}}$, $t_{\text{Ж.КОН}}$ – температура содержимого варочного сосуда соответственно в начале и конце периода разогрева, К ; $\overline{t}_{\text{БОК}}$ – средняя за время разогрева температура боковой стенки (боковой облицовки теплового оборудования), К ; $\overline{t}_{\text{КР}}$ – средняя за время разогрева температура крышки, К ; $\tau_{\text{Р}}$ – время разогрева аппарата, с .

Для определения тепловой энергии, затраченной на разогрев конструкций аппарата $Q_{\text{Р.К.}}$, следует пользоваться табл. 4.

Расчет потерь теплоты на разогрев конструкции аппарата

Элемент конструкции	Формула определения массы M_i	Предельная Температура $t_{i, \text{кон}}$
1. Варочный сосуд	(2.3)	$t_{\text{ж.кон}}$
2. Рубашка	(2.6), (2.18)	$t_s(p_{\text{max}})$
3. Крышка	(2.23)	$t_{\text{ж.кон}}$
4. Парогенератор	(2.8), (2.22)	$t_s(p_{\text{max}})$
5. Изоляция	$M_{\text{из}} = \rho_{\text{из}} \cdot \delta_{\text{из}} \cdot (F_{\text{кр}} + F_{\text{бок}})$	$t_{\text{нар}}$

Примечание. t_s – температура насыщения пара при максимальном давлении в рубашке аппарата; $p_{\text{max}} = 140$ кПа - для котлов, $p_{\text{max}} = 450$ кПа - для автоклавов.

Температура $t_{\text{ж.кон}}$ принимается равной температуре кипения воды при атмосферном давлении для варочных котлов и при давлении на 50-70 кПа меньше p_{max} - для автоклавов.

Площадь боковой поверхности аппарата $F_{\text{бок}}$ определяется в соответствии с рис. 4 (самостоятельно).

Средний коэффициент теплоотдачи в окружающую среду с наружной боковой поверхности и крышки изолированного котла можно определить с помощью критериального уравнения (2.27). При этом физические свойства воздуха выбираются из табл. П4 по средней температуре, определяемой выражением

$$\overline{t_{\text{CP}}} = 0,5 \times (t_{\text{нар}} + t_{\text{окр}}). \quad (2.38)$$

Средняя температура боковой поверхности и крышки аппарата за период разогрева вычисляется по формуле

$$\overline{t_{\text{бок}}} = \overline{t_{\text{кр}}} = 0,5 \times (t_{\text{окр}} + t_{\text{нар}}). \quad (2.39)$$

2.4. Определение минимально необходимой теплопередающей поверхности варочного сосуда

Минимально необходимая площадь обогреваемой части варочного сосуда F определяется зависимостью

$$F = \frac{Q_{\text{пол}}}{q \times \chi_{\text{p}} \text{ Equation.3}}, \quad (2.40)$$

где $q = \overline{(k \times Dt)}$ – средняя поверхностная плотность теплового потока, Вт/м²; $Q_{\text{пол}}$ – полезная тепловая энергия, Дж; k – коэффициент теплопередачи от парогазовой смеси к нагреваемой среде (содержимому варочного сосуда), Вт/(м² × К); Δt – полезная разность температур, К; t_p – принятое значение времени разогрева содержимого варочной емкости, с.

Использование комплекса $\overline{(k \times Dt)}$ вызвано тем, что разогрев содержимого варочного сосуда происходит при нестационарном режиме, при котором наряду с изменением температур теплоносителя и содержимого сосуда изменяются и их свойства.

Величина комплекса $\overline{(k \times Dt)}$ с достаточной точностью может быть определена по формуле

$$\overline{k \times Dt} = \frac{1}{6} \times (2k_{\text{кон}} \times Dt_{\text{кон}} + k_{\text{кон}} \times Dt_{\text{нач}}) \quad \text{Equation.3} \quad (2.41)$$

где $\Delta t_{\text{нач}}$, $\Delta t_{\text{кон}}$ – значения полезной разности температур соответственно в начале и в конце интервала времени τ_p , К; $k_{\text{кон}}$ – значения коэффициента теплопередачи соответственно в начале и в конце интервала времени τ_p , Вт/(м² × К).

Температурный напор $Dt_{\text{нач}}$ определяется разностью температур паровоздушной смеси в рубашке аппарата $t_{\text{см.нач}}$ и содержимого варочного сосуда $t_{\text{ж.нач}}$ в начальный момент разогрева:

$$\Delta t_{\text{нач}} = t_{\text{см.нач}} - t_{\text{ж.нач}}. \quad (2.42)$$

Температуру $t_{\text{см.нач}}$ можно определить как среднюю по высоте рубашки:

$$t_{\text{см.нач}} = 0,5 \times (t_s + t_{\text{окр}}), \quad (2.43)$$

где t_s – температура насыщения пара в рубашке аппарата (или температура кипения рабочей жидкости в парогенераторе) при атмосферном давлении пара $p_{\text{атм}}$.

Температурный напор $Dt_{\text{кон}}$ определяется разностью температур парогазовой смеси в рубашке аппарата $t_{\text{см.кон}}$ и содержимого варочного сосуда $t_{\text{ж.кон}}$ в конечный момент разогрева:

$$\Delta t_{\text{кон}} = t_{\text{см.кон}} - t_{\text{ж.кон}}. \quad (2.44)$$

Температуру парогазовой смеси $t_{\text{см.кон}}$ находят по парциальному давлению пара $p_{\text{п.кон}}$ (см. табл. П5), определяемого из соотношения

$$p_{\text{п.кон}} = p_{\text{max}} - 0,01 \times e \times p_{\text{max}} \text{ Equation.3} \quad (2.45)$$

где $e_{\text{Equation.3}}$ – содержание неконденсирующихся газов в техническом паре в конце режима разогрева по массе, $e_{\text{Equation.3}} = 0,5-1,5\%$.

Коэффициент теплоотдачи $k_{\text{кон}}$, Вт/(м²×К) может быть определен по формуле

$$k_{\text{кон}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{ж}}} + \frac{S_{\text{ст}}}{l_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{конд}}} + \frac{1}{\alpha_m}} \text{ Equation.3} \quad (2.46)$$

где $\alpha_{\text{ж}}$ – коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности варочной емкости к содержимому варочного сосуда, Вт/(м²×К); $\alpha_{\text{конд}}$ – коэффициент переноса тепловой энергии через конденсатную пленку, образующуюся на наружной поверхности варочного сосуда, Вт/(м²×К); α_m – коэффициент переноса тепловой энергии из ядра парогазовой смеси, заполняющей рубашку, к поверхности конденсатной пленки, Вт/(м²×К); $S_{\text{ст}}$ – толщина стенки варочного сосуда (см. рис. 4), м; $l_{\text{ст}}$ – коэффициент теплопроводности материала стенки, Вт/(м²×К).

Процесс переноса тепловой энергии из парогазовой среды рубашки к поверхности конденсатной пленки на наружные стенки пароварочного сосуда осуществляется за счет диффузии пара и за счет свободной конвекции. Расчет этого процесса достаточно сложен, поэтому для упрощения коэффициент теплопередачи по формуле (2.46) заменяют суммой величин $\frac{1}{\alpha_{\text{кон}}} + \frac{1}{\alpha_m}$ на условную величину $\frac{1}{\alpha_{\text{см}}}$:

$$\frac{1}{\alpha_{\text{кон}}} + \frac{1}{\alpha_m} = \frac{1}{\alpha_{\text{см}}} \text{ Equation.3} \quad (2.47)$$

Дальнейший теплотехнический расчет требует знания температур на границе раздела $t'_{\text{ст}}$ (граница раздела конденсатная пленка – наружная поверхность стенки), $t''_{\text{ст}}$ (граница раздела внутренняя поверхность стенки – нагреваемая жидкость). Эти величины до проведения расчета не известны. Поэтому их находят предварительно и приближенно, задавшись значениями коэффициентов теплоотдачи. Ориентировочные значения

упомянутых коэффициентов теплоотдачи в первом приближении можно выбрать из табл. 5.

Таблица 5

Ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи в различных процессах теплообмена [3]

Вид теплообменного процесса	Обозначение коэффициента теплоотдачи	Значение $\times 10^{-3}$ Вт/($m^2 \times K$)
Теплоотдача при конденсации чистого пара на вертикальной поверхности	$a_{\text{конд}}$	6...10
Теплоотдача технического пара, содержащего примеси неконденсирующихся газов (воздух и др.)	$a_{\text{см}}$	3...5
Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах и змеевиках	$a_{\text{ж.зм}}$	3...6
Теплоотдача при свободном движении жидкости в емкостях	$a_{\text{св}}$	0,8...2
Теплоотдача при кипении воды в большом объеме	$a_{\text{кип}}$	2...8

По выбранным в соответствии с заданной расчетной схемой варочного аппарата (см. рис. 1) значениям коэффициентов теплоотдачи определяется предварительное значение коэффициента теплопередачи $k_{\text{кон}}$, Вт/($m^2 \times K$):

$$k_{\text{кон}} = \frac{1}{\frac{1}{a_{\text{ж}}} + \frac{d_{\text{ст}}}{l_{\text{ст}}} + \frac{1}{a_{\text{см}}}} \quad \text{Equation.3} \quad (2.48)$$

Предварительное значение средней тепловой нагрузки в конечный период разогрева $q_{\text{кон}}$, Вт/ m^2 определяется по формуле

$$q_{\text{кон}} = k_{\text{кон}} \times \Delta t_{\text{кон}} \quad \text{Equation.3} \quad (2.49)$$

Температура наружной поверхности стенки нагревателя (со стороны конденсирующегося пара) определяется по формуле

$$t_{\text{ст}}^{\text{н}} = t_{\text{см.кон}} - \frac{q_{\text{кон}}}{a_{\text{см}}} \quad \text{Equation.3} \quad (2.50)$$

Температура внутренней поверхности стенки нагревателя (со стороны нагреваемой жидкости) определяется по формуле

$$t_{ст} = t_{ж.кон} + \frac{q_{кон}}{a_{ж}} \quad (2.51)$$

После нахождения предварительных значений температур стенки определяют уточненные коэффициенты теплоотдачи $a_{ж}$ и $a_{см}$, уточненный тепловой поток $q_{кон}$, расчет которых изложен ниже.

Действительный коэффициент теплоотдачи при конденсации технического пара с учетом содержания в нем примеси неконденсирующихся газов определяется по формуле

$$a_{см} = \frac{a_{конд}}{1 + 2,4 \cdot e^{0,5}} \quad (2.52)$$

где $a_{конд}$ – коэффициент теплоотдачи чистого пара, Вт/(м²×К); e – содержание неконденсирующихся газов в техническом паре в конце режима разогрева по массе, $e = 0,5-1,5\%$ [3].

Коэффициент теплоотдачи $a_{конд}$ определяется по критериальной зависимости при конденсации пара на горизонтальной поверхности:

$$Nu_{конд} = 0,925 \cdot Re_{конд}^{-0,33} \cdot e_w \cdot e_{\phi} \quad (2.53)$$

где $Nu_{конд} = \frac{a_{конд} \cdot H_{экв}}{\lambda_{конд}}$ – критерий Нуссельта; $e_w = Re_{конд}^{0,04}$

– поправочный коэффициент, учитывающий волновое течение

плёнки конденсата; $Re_{конд} = \frac{q_{кон} \cdot H_{экв}}{\rho_{конд} \cdot \nu_{конд} \cdot \lambda_{конд}}$ – критерий

Рейнольдса; $\rho_{конд}$ – плотность конденсата, кг/м³; $\nu_{конд}$ – кинематический коэффициент вязкости конденсата, м²/с; $\lambda_{конд}$ – коэффициент теплопроводности конденсата, Вт/(м×К); $\Gamma_{конд}$ – теплота парообразования, Дж/кг; g – ускорение свободного падения; e_{ϕ} – коэффициент, учитывающий форму теплопередающей поверхности; $H_{экв}$ – эквивалентная протяженность поверхности конденсации, м.

Физические свойства конденсата выбираются из табл. П4 по температуре $t_{см.кон}$.

Значения поправочного коэффициента e_{ϕ} , в зависимости от вспомогательных величин W и f , для наиболее распространенных форм варочных емкостей рубашечного аппарата приведены в табл. 6, в которой геометрический параметр W :

$$\omega = (H_{\text{ЭКВ}} - H) / H \text{ Equation.3 } ; \quad (2.54)$$

параметр f при значении угла α (рад.) от 0 до $\pi/2$:

$$f = 0,75 \alpha^{1/3} \text{ Equation.3 } , \quad (2.55)$$

где H – высота уровня содержимого варочной емкости, $H = H_{\text{В}} \cdot \varphi$; φ – коэффициент заполнения, см. разд. 2.1 .

Коэффициент теплоотдачи $a_{\text{КОНД}}$ при конденсации пара:

$$a_{\text{КОНД}} = \frac{Nu_{\text{КОНД}} \cdot \lambda_{\text{КОНД}}}{H_{\text{ЭКВ}}} > \quad (2.56)$$

Теплоотдача от внутренних стенок варочной емкости к жидкости, ее заполняющей, определяется в зависимости от вида теплообмена: свободная конвекция в полый емкости, теплообмен в условиях кипения жидкости или теплообмен при вынужденной конвекции, создаваемой, например, вращением установленной в варочной емкости мешалки.

В условиях свободной конвекции, имеющей место в режиме разогрева содержимого котла, коэффициент теплоотдачи определяется из уравнения (2.27), в котором критерии $Nu_{\text{В}}$, $Gr_{\text{В}}$, $Pr_{\text{В}}$ (взяты для воздуха) соответственно заменены на критерии $Nu_{\text{Ж}}$, $Gr_{\text{Ж}}$, $Pr_{\text{Ж}}$ (взяты для жидкости, находящейся в варочной емкости).

Порядок расчета теплоотдачи следующий. Предварительно определяют значения комплекса $Gr_{\text{Ж}} \cdot Pr_{\text{Ж}}$, в котором:

$$Gr_{\text{Ж}} = \frac{g \cdot \lambda H^3}{\nu_{\text{Ж}}^2} \cdot \lambda_{\text{Ж}} (t_{\text{СТ}} - t_{\text{Ж.КОН}}) \quad \text{- критерий Грасгофа для жидкости} \\ \text{Equation.3}$$

в емкости; $Pr_{\text{Ж}}$ – критерий Прандтля для жидкости; $\nu_{\text{Ж}}$ – коэффициент кинематической вязкости для жидкости в емкости, $\text{м}^2/\text{с}$; $\lambda_{\text{Ж}}$ – коэффициент температурного расширения для жидкости в емкости, К^{-1} ; H – высота уровня содержимого варочного сосуда, м.

Для расчета теплоотдачи по формуле (2.27) при свободной конвекции в варочной емкости принимают значения постоянных $C = 0,135$ и $n = 1/3$ согласно [3], а физические свойства жидкости выбирают по табл. П4 по температуре $t_{\text{Ж.КОН}}$.


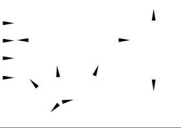

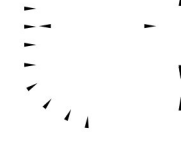
Значение коэффициента теплоотдачи $a_{\text{Ж}}$ находят из определения числа Нуссельта $Nu_{\text{Ж}}$:

$$a_{\text{Ж}} = Nu_{\text{Ж}} \cdot \frac{\lambda_{\text{Ж}}}{H} \text{ Equation.3 } , \quad (2.57)$$

где $l_{\text{ж}}$ – теплопроводность жидкости, Вт/(м×К).

Таблица 6

Ламинарная пленочная конденсация на поверхности варочной емкости произвольной формы в рубашечном аппарате [3]

Геометрические условия процесса 1	Условное изображение 2	Величина e_{ϕ} 3	$H_{\text{ЭКВ}}$ 4
1. Цилиндрический сосуд со сферическим выпуклым днищем		$\frac{w}{1+w} \times \frac{1}{w^{3/4}} + \frac{e}{e} (Sina)^{4/3} \frac{1}{1+w} + f \frac{\dot{u}^{3/4}}{\dot{u}} - Sin \frac{1}{(1+w)^{3/4}} \frac{\ddot{u}^{4/3}}{\dot{u}}$	$H + \frac{D}{2} \times \frac{1 - Cosa}{Sin^2 a}$
2. Цилиндрический сосуд со сферическим вогнутым днищем		$\frac{w}{1+w} \times \frac{e}{e w^{3/4}} + f^{3/4} \frac{\dot{u}^{4/3}}{\dot{u}}$	$H + \frac{D}{2} \times \frac{1 - Cosa}{Sin^2 a}$
3. Цилиндрический сосуд с коническим днищем		$\frac{w}{1+w} \times \frac{e}{e} + (Cosa)^{1/4} \left\{ 0,316 Cosa + \frac{7}{6} \frac{\dot{u}^{3/4}}{w \dot{u}} - 0,422 Cosa \frac{\ddot{u}^{4/3}}{\dot{u}} \right\}$ $w = 4H \times Sina / D$	$H + \frac{D}{4} \times \frac{1}{Sina}$
4. Цилиндрический сосуд с эллиптическим днищем		$f_{c\phi} \times \frac{F_{c\phi}}{F_{\text{Эл}}}$ $f_{c\phi}$ Equation.3 -параметр f для сферы $F_{c\phi}, F_{\text{Эл}}$ –площадь поверхности сферы и эллипсоида	$\frac{D}{2} \times \frac{1 - Cosa}{Sin^2 a}$

Для теплоотдачи от внутренней стенки варочной емкости в условиях вынужденной конвекции в ней при перемешивании жидкости мешалкой расчет можно выполнять по уравнению

$$Nu_{\text{ж}} = 0,36 \times Re_{\text{ж}}^{0,67} Pr_{\text{ж}}^{0,33}, \quad (2.58)$$

где $Re_{\text{ж}} = \frac{u_{\text{м}} \times D_{\text{м}}}{\nu_{\text{ж}}}$ – критерий Рейнольдса для жидкости, Equation.3

вращающейся в варочной емкости с помощью мешалки; $u_{\text{м}}$ – линейная скорость вращения мешалки в точке, соответствующей центру вращающейся лопасти, м/с; $D_{\text{м}}$ – наружный диаметр лопасти мешалки, м [5].

Скорость вращения мешалки определяется по формуле

$$u_{\text{м}} = \frac{n \times D_{\text{м}}}{60} \quad (2.59)$$

где n – число оборотов мешалки в минуту, об/мин.

Коэффициент теплоотдачи при этом определяют соотношением

$$a_{\text{ж}} = Nu_{\text{ж}} \times \frac{\lambda_{\text{ж}}}{D_{\text{м}}} \quad (2.60)$$

Расчетная формула для коэффициента теплоотдачи при кипении жидкости в варочном сосуде может быть представлена в следующем виде:

$$\alpha_{\text{ж}} = \frac{3,4 \times p_s^{0,18}}{1 - 0,0045 \times p_s} \times q_{\text{кон}}^{2/3}, \quad (2.61)$$

где p_s – абсолютное давление насыщения жидкости, бар [6].

Для варочных котлов p_s принимается равным $p_{\text{атм}}$, а для автоклавов p_s на 50-70 кПа меньше p_{max} .

После определения уточненных $a_{\text{ж}}$ и $a_{\text{см}}$ по формулам (2.56, 2.57, 2.60 или 2.61) и уточненного теплового потока $q_{\text{кон}}$ проверяют правильность принятой температуры стенки по одному из нижеприведенных уравнений:

$$t_{\text{СТ}}^{\text{ф}} = t_{\text{СМ.КОН}} - \frac{q_{\text{КОН}}}{a_{\text{СМ}}} \quad ; \quad (2.62)$$

$$t_{\text{СТ}}^{\text{ф}} = t_{\text{Ж.КОН}} + \frac{q_{\text{КОН}}}{a_{\text{Ж}}} \quad . \quad (2.63)$$

Если расчетная температура стенки отличается от принятой не более чем на 5%, то расчет повторять при новом значении $t_{\text{СТ}}$ нет необходимости. В уравнение для среднего теплового потока (2.41) необходимо подставлять значение $k_{\text{КОН}}$, определенного по уточненным $a_{\text{Ж}}$ и $a_{\text{СМ}}$.

Полученное по формуле (2.40) значение необходимой площади поверхности нагрева F следует сравнить с фактической площадью поверхности теплообмена варочного сосуда $F_{\text{ф}}$, определенной в разд. 2.1.

При этом если необходимая площадь обогреваемой части варочного сосуда F меньше фактической $F_{\text{ф}}$, то выбранные размеры варочной емкости обеспечат возможность разогрева его содержимого за принятое время разогрева $t_{\text{р}}$, т.е. при $F < F_{\text{ф}}$ проведенный теплотехнический расчет подтверждает работоспособность конструкции. Если же $F > F_{\text{ф}}$, то выбранные размеры варочной емкости не обеспечат разогрев его содержимого за принятое время разогрева $t_{\text{р}}$. В этом случае необходимо увеличить время разогрева $t_{\text{р}}$ и расчет повторить.

2.5. Определение теплового коэффициента полезного действия и тепловой мощности спроектированного аппарата

Тепловой КПД аппарата определяется по формуле

$$\eta = \frac{Q_{\text{ПОЛ}}}{Q_{\text{Р}}} \times 100\% . \quad (2.64)$$

Необходимая тепловая мощность пищеварочного котла в период нестационарного режима разогрева определяется по формуле

$$N_{\text{Т}} = \frac{Q_{\text{Р}}}{t_{\text{Р}}} . \quad (2.65)$$

Для пищеварочных котлов и других варочных аппаратов, использующих в качестве источника энергии трубчатые электрические нагреватели (ТЭНы) на основе полученной мощности $N_{\text{Т}}$, определяют количество ТЭНов и их единичную мощность $N_{\text{ТЭН}}$. При этом требуемое количество ТЭНов $n_{\text{ТЭН}}$ принимают равным 3, 6, 9 шт., а требуемая мощность каждого ТЭНа определяется по формуле

$$N_{\text{ТЭН}} = \frac{N_{\text{Т}}}{\eta_{\text{ТЭН}}}. \quad (2.66)$$

Для пищеварочных котлов и других варочных аппаратов, использующих в качестве теплоносителя водяной пар, поступающий в рубашку аппарата извне, его расход определяется по формуле

$$D = N_{\text{Т}} / r, \quad (2.67)$$

где D – расход греющего пара, кг/с; r – скрытая удельная теплота конденсации пара, Дж/кг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кашенко, В. **Ф. Оборудование предприятий общественного питания** [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / В. Ф. Кашенко, Р. В. Кашенко. - Москва : Альфа-М: ИНФРА-М, 2016. - 412 с. <http://znanium.com/go.php?id=538703>
2. Гайворонский, К. Я. **Технологическое оборудование предприятий общественного питания и торговли** [Электронный ресурс] : учебник для средних специальных и высших учебных заведений / К. Я. Гайворонский, Н. Г. Щеглов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2015. - 480 с. <http://znanium.com/go.php?id=484856>
3. Гайворонский, К. Я. **Технологическое оборудование предприятий общественного питания и торговли** [Электронный ресурс] : практикум : учебное пособие для студентов средних специальных и высших учебных заведений / К. Я. Гайворонский. - Москва : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014. - 104 с. <http://znanium.com/go.php?id=443909>
4. Гайворонский, К. Я. **Технологическое оборудование предприятий общественного питания и торговли** [Электронный ресурс] : учебник для средних специальных и высших учебных заведений / К. Я. Гайворонский, Н. Г. Щеглов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013. - 480 с. <http://znanium.com/go.php?id=402625>
5. Кашенко, В. **Ф. Оборудование предприятий общественного питания** [Текст] : учебное пособие для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / В. Ф. Кашенко, Р. В. Кашенко. - Москва : Альфа-М: ИНФРА-М, 2013. - 410 с. 7экз.
6. Шуляков, Л. В. **Оборудование предприятий торговли и общественного питания** [Текст] : [справочник] / Л. В. Шуляков. - Ростов н/Д : Феникс, 2013. - 495 с. 3экз.
7. Гайворонский, К. Я. **Технологическое оборудование предприятий общественного питания и торговли**

[Электронный ресурс] : учебник для средних специальных и высших учебных заведений / К. Я. Гайворонский, Н. Г. Щеглов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. - 480 с. <http://znanium.com/go.php?id=353818>

8. Арустамов, Э. А. **Оборудование предприятий торговли** [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов / Э. А. Арустамов. - 7 -е изд., перераб. и доп. - Москва : Дашков и К°, 2011. - 452 с. 22экз.

9. Гайворонский, К. Я. Технологическое **оборудование предприятий общественного питания** и торговли [Текст] : учеб. для сред. спец. учеб. заведений / К. Я. Гайворонский, Н. Г. Щеглов. - Москва : Форум: ИНФРА-М, 2011. - 477 с. 6экз.

10. Кащенко, В. Ф. **Оборудование предприятий общественного питания** [Текст] : учебное пособие для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / В. Ф. Кащенко, Р. В. Кащенко. - Москва : Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. - 410 с. 1экз.

11. Хозяев, И. А. Проектирование технологического оборудования пищевых производств [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. А. Хозяев. - Санкт-Петербург : Лань, 2011. - 272 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4128

12. **Оборудование предприятий общественного питания** [Текст] : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Технология продуктов обществ. питания" направления подгот. "Технология продовольств. продуктов спец. назначения и обществ. питания": в 3 ч. Ч. 1 : Механическое **оборудование** / В. Д. Елхина, М. И. Ботов. - Москва : Академия, 2010. - 416 с. 32экз.

13. **Оборудование предприятий общественного питания** [Текст] : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Технология продуктов обществ. питания" направления подгот. "Технология продовольств. продуктов спец. назначения и обществ. питания": в 3 ч. Ч. 2 : Тепловое **оборудование** / В. П. Кирпичников, М. И. Ботов. - Москва : Академия, 2010. - 490 с. 31экз.

14. **Оборудование предприятий общественного питания** [Текст] : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Технология продуктов обществ. питания" направления подгот. "Технология продовольств. продуктов спец. назначения и обществ. питания": в 3 ч. Ч. 3 : Торговое **оборудование** / Т. Л. Колупаева [и др.]. - Москва : Академия, 2010. - 300 с. 31экз.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица П1

Характеристика теплоизоляционных материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Максимально допустимая температура, °С	Выражения для определения коэффициента теплопроводности, $\lambda_{\text{изол}}$ Equation.3 , Вт/(м·°С)
Альфоль	20...40	350	$0,059+0,00026 \times \bar{t}_{\text{изол}}$
Асбоцементная плита	400	450	$0,085+0,00020 \times \bar{t}_{\text{изол}}$
Войлок строительный	200	100	$0,043+0,00021 \times \bar{t}_{\text{изол}}$
Вулканическая плита	350	600	$0,078+0,00019 \times \bar{t}_{\text{изол}}$
Минеральная вата	250	600	$0,056+0,00019 \times \bar{t}_{\text{изол}}$
Маты и полосы из листового стекловолокна	200	450	$0,042+0,00023 \times \bar{t}_{\text{изол}}$
Пеношамот	350	1350	$0,028+0,00023 \times \bar{t}_{\text{изол}}$
Стекланная вата	150	300	$0,046+0,00021 \times \bar{t}_{\text{изол}}$
Шлаковата	250	750	$0,051+0,000125 \times \bar{t}_{\text{изол}}$

Таблица П2

Теплофизические свойства сухого воздуха при $p = 760$ мм.рт.ст.

t , °С	ρ , кг/м ³	C , кДж/(кг·К)	$\lambda \cdot 10^2$, Вт/(м·К)	$a \cdot 10^6$, м ² /с	$\mu \cdot 10^6$, с/м ²	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	Pr
0	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28	0,707
10	1,247	1,005	2,51	20,0	17,6	14,16	0,705
20	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06	1,703
30	1,165	1,005	2,67	22,9	18,6	16,00	0,701
40	1,128	1,005	2,75	24,3	19,1	16,96	0,699
50	1,093	1,005	2,83	25,7	19,6	17,95	0,698
60	1,060	1,005	2,90	27,2	20,1	18,98	0,695
70	1,029	1,009	2,96	28,6	20,6	20,02	0,694
80	1,000	1,009	3,05	30,2	21,1	21,09	0,692
90	0,972	1,009	3,13	31,9	21,5	22,10	0,690
100	0,946	1,009	3,21	33,6	21,9	23,13	0,688

Коэффициент лучеиспускания различных материалов ϵ

Наименование материала	Поверхность	Значение коэффициента ϵ
Абсолютно черное тело	-	1,0
Бетон	Шероховатая	0,625
Кирпич красный	Шероховатая	0,93
Краска масляная	-	0,8
Краска эмалевая	-	0,89
Метлахская плитка	Гладкая	0,67
Металлы:		
чугун серый	Шероховатая окисленная	0,885
алюминий	Полированная	0,052
алюминий	Шероховатая	0,07
сталь листовая	Черная матовая	0,74
сталь листовая	Полированная	0,23
Штукатурка известковая	-	0,86

Физические свойства воды на линии насыщения

t , °C	ρ , кг/м ³	C , кДж/(кг·K)	$\lambda \cdot 10^2$, Вт/(м·K)	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	$\beta \cdot 10^4$, 1/K	r , кДж/кг	$\sigma \cdot 10^4$, Н/м	Pr
10	999,7	4,191	57,4	1,306	0,70	2477,4	741,6	9,52
20	998,2	4,183	59,9	1,004	1,82	2453,8	720,9	7,02
30	995,7	4,174	61,8	0,805	3,21	2430,2	712,2	5,42
40	992,2	4,174	63,5	0,659	3,87	2406,5	696,5	4,31
50	988,1	4,174	64,8	0,556	4,49	2382,5	676,9	3,54
60	983,1	4,179	65,9	0,478	5,11	2358,4	662,2	2,98
70	977,8	4,179	66,8	0,415	5,70	2333,8	643,5	2,55
80	971,8	4,187	67,4	0,365	6,32	2308,9	625,9	2,21
90	965,3	4,195	68,0	0,326	6,95	2283,4	607,2	1,95
100	958,4	4,208	68,3	0,295	7,52	2257,2	588,6	1,75
110	951,0	4,220	68,5	0,272	8,08	2230,5	569,0	1,60
120	943,1	4,233	68,6	0,252	8,64	2202,9	548,4	1,47
130	934,8	4,266	68,6	0,233	9,19	2174,4	528,8	1,36
140	926,1	4,287	68,5	0,217	9,72	2144,9	507,2	1,26
150	917,0	4,313	68,4	0,203	10,3	2114,1	486,6	1,17

**Температура воды и водяного пара в состоянии насыщения
в зависимости от их абсолютного давления, °С**

p , кПа	При p , кПа									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0		45,8	60,1	69,1	75,9	81,3	85,9	89,9	93,5	96,7
100	99,6	102,3	104,8	107,1	109,3	111,4	113,3	115,2	116,9	118,6
200	120,2	121,8	123,3	124,7	129,1	127,4	128,7	129,9	131,2	132,4
300	133,5	134,6	135,8	136,8	138,9	138,9	139,9	140,8	141,8	142,7
400	143,6	144,5	145,4	146,2	147,1	147,9	148,7	149,5	150,3	151,1

Физические свойства молока и сливок

Температура, °С	Плотность, кг/м ³	Удельная теплоемкость, Дж/кг К	Удельная теплопроводность, Вт/м*К	Коэффициент динамической вязкости, 10 ⁻⁶ Па*с	Коэффициент кинематической вязкости, 10 ⁻⁶ м ² /с	Pr
МОЛОКО						
20	1029	3913	0,495	1790	1,74	14,2
25	1027	3918	0,512	1541	1,50	11,8
30	1025	3922	0,523	1333	1,30	9,95
40	1021	3934	0,522	1041	1,02	7,50
45	1019	3918	0,570	937	0,92	6,10
50	1017	3897	0,581	854	0,84	5,50
55	1014	3876	0,593	771	0,76	5,00
60	1011	3855	0,605	708	0,70	4,50
65	1009	3858	0,605	656	0,65	4,10
70	1006	3855	0,616	624	0,62	3,90
75	1003	3855	0,628	582	0,58	3,60
80	1000	3855	0,640	560	0,56	3,43
СЛИВКИ						
20	994	4022	0,317	17728	11,8	148,00
25	992	4106	0,321	8824	8,9	114,75
30	998	3855	0,324	6916	7,0	81,50
35	985	3687	0,329	5417	5,5	64,35
40	983	3570	0,334	4227	4,3	47,20
45	982	3612	0,340	4124	4,2	36,00
50	981	3599	0,345	2548	2,6	26,00
55	980	3599	0,351	2519	2,57	25,55
60	970	3603	0,358	2503	2,57	25,10
65	971	3603	0,3675	2466	2,54	23,10
70	965	3603	0,381	2451	2,54	23,10
75	964	3603	0,390	2449	2,54	23,00
80	962	3603	0,398	2453	2,55	23,00