

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Солоненко Анна Александровна
Должность: Директор
Дата подписания: 27.09.2019 10:09:17
Уникальный идентификатор:
d9ba9a2cd180a04a1421b478c1d137f8b3050e51



Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Астраханский государственный
технический университет»
(ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»)
Система менеджмента качества в области образования, воспитания, науки и инноваций сертифицирована DQS
по международному стандарту ISO 9001:2015

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
по дисциплине

«Процессы и аппараты»

для обучающихся по специальностям
19.02.06 «Технология консервов и пищевых концентратов»

ЧАСТЬ 3

ТЕПЛОВЫЕ И МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Автор:

преподаватель первой квалификационной категории Ибрагимов И. Е.

Рецензент:

К.т.н., доцент кафедры ТППиХТ Артюхов И. Л.

Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Процессы и аппараты» для студентов специальности 19.02.06 «Технология консервов и пищевых концентратов» (базовый уровень). Часть 3. Тепловые и массообменные процессы. [Электронный ресурс]. – Рыбное, 2019. – Режим доступа: <http://portal-drti.ru>

Утверждены на заседании цикловой комиссии общепрофессиональных технологических дисциплин и профессиональных модулей 30.08.2019, протокол №1.

© Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств» предназначены для обучающихся по специальности и 19.02.06 «Технология консервов и пищевых концентратов» среднего профессионального образования.

Цель методических указаний: оказание помощи обучающимся в самостоятельной подготовке к выполнению и выполнению практических работ по всем разделам дисциплины «Процессы и аппараты пищевых производств».

Настоящие методические указания описывают порядок выполнения работ, которые позволят обучающимся самостоятельно овладеть фундаментальными и прикладными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки. В результате выполнения практических работ по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств» обучающиеся должны:

- знать основы теории процессов и аппаратов пищевых производств, особенности конструкций и принцип действия основных типов технологического оборудования;

- уметь анализировать процессы пищевых производств, выделять факторы и определять способы интенсификации процессов для решения практических производственных задач; производить технические расчеты процессов и осуществлять подбор аппаратов по рассчитанным данным;

- владеть навыками работы со справочной технической информацией, иметь опыт расчета и моделирования процессов и аппаратов; владеть навыками использования свойств потоков и функциональных особенностей аппаратов при изменении схем технологических процессов.

Описание каждой работы содержит: тему, краткую теорию, задание и порядок его выполнения, порядок выполнения расчетов, формы контроля. Приведены требования к оформлению заданий. Для получения дополнительной, более подробной информации по изучаемым вопросам указаны рекомендуемые источники.

Общие требования к выполнению практических работ

При изучении курса «Процессы и аппараты пищевых производств» выполнение практических работ является обязательным и производится в следующих формах:

- решение задач и работа со справочной литературой;
- на виртуальных тренажёрах (электронные приложения).

Практические работы могут выполняться индивидуально или в мини-группах (2-3 чел.). Отчёты по выполненным работам выполняются и защищаются в индивидуальном порядке. Не допускается представление оформленного отчета без выполнения работы, по чужим данным. В случае пропуска занятий, на которых выполнялись практические работы, обучающийся должен выполнить работу во внеурочное время, самостоятельно либо в присутствии преподавателя во время консультаций по дисциплине.

При выполнении практических работ с применением виртуальных тренажеров обучающиеся проводят подготовку к выполнению заранее, за счёт часов самостоятельной работы по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств». Подготовка заключается в ознакомлении с теоретической частью работы, порядком ее выполнения, подготовки необходимых таблиц для внесения в них экспериментальных данных. При начале работы на виртуальных тренажёрах обучающиеся в обязательном порядке проходят тестирование по теме работы, состоящее из пяти вопросов с двумя вариантами выбора ответа в каждом. Программа теста заложена в программу тренажёра, вопросы выбираются случайным образом. Допуском к выполнению работы является полностью правильный выбор ответов на все пять вопросов. Также перед выполнением работы обучающийся должен изложить преподавателю порядок работы на виртуальной установке.

На защиту представляется полностью готовый отчет согласно требованиям настоящих методических указаний. Оформление отчетов выполняется согласно утверждённым требованиям нормоконтроля (см. Часть 1 настоящих методических указаний к выполнению практических работ, стр. 6).

Расчет процессов нагрева и рекуперации теплоты в пластинчатом теплообменнике

Цель работы: изучение устройства и принципа действия теплообменной установки.

Задачи работы

1. Определение коэффициента регенерации при разных расходах воды.
2. Определение коэффициента теплопередачи при разных скоростях движения среды.
3. Сравнение полученных опытным путем значений коэффициентов теплопередачи с рассчитанными.
4. Определение потерь теплоты стенками аппарата в окружающую среду.

Теоретическая часть

Одним из наиболее распространённых процессов на предприятиях пищевой промышленности является тепловая обработка продуктов,

В частности, для увеличения сроков хранения жидких пищевых продуктов проводятся процессы их пастеризации или стерилизации. В этом случае их необходимо нагреть до сравнительно высокой температуры и выдержать при этой температуре, затем эти жидкости охлаждают до температуры их хранения или фасовки.

Горячий продукт, поступающий на охлаждение после пастеризации при температуре 63 - 92°, содержит большое количество теплоты, которое может быть утилизировано.

Для использования теплоты горячего продукта его направляют в специальную секцию комбинированного аппарата для предварительного подогрева холодного продукта, поступающего на пастеризацию, а горячий пастеризованный продукт при этом в значительной степени охлаждается.

Такая операция получила название **рекуперации теплоты**, при этом теплообменники, предназначенные для ее проведения, называют **рекуператорами** или **секциями рекуперации**.

Таким образом, **рекуперация теплоты** - это процесс обратной передачи теплоты от уже нагретой горячей среды к среде, поступающей на подогрев, с целью утилизации теплоты горячей среды.

При обработке потоков жидких пищевых продуктов рекуперация позволяет получить большую экономию теплоты, расходуемой на пастеризацию. Например, в современных аппаратах для пастеризации молока и пива доля этой экономии достигает 90% и более от количества тепла, потребляемого для нагревания продукта от начальной температуры до температуры пастеризации.

Благодаря этому процессу расход пара при тепловой обработке молока может быть снижен до 15 -16 кг на тонну продукта против 150 - 160 кг на тонну в случае работы без рекуперации, что достаточно убедительно характеризует значение этой операции для производства.

Количество теплоты, необходимой для нагревания продукта до температуры пастеризации:

$$Q = G \cdot c \cdot (t_3 - t_1), \quad (1)$$

где t_3 - температура продукта после пастеризации или стерилизации, °С;

t_1 - температура продукта до нагревания, °С;

c - теплоёмкость, Дж/(кг·К);

G - производительность аппарата, кг/с.

Холодный продукт, проходя через рекуператор, будет нагреваться от температуры t_1 до температуры регенерации t_2 , несколько меньшей температуры t_3 .

Количество теплоты, переданное в регенераторе холодному продукту, находится из уравнения:

$$Q_p = G \cdot c \cdot (t_2 - t_1). \quad (2)$$

Эффективность работы регенератора характеризуется **коэффициентом регенерации**, который представляет собой отношение количества теплоты, возвращенной в рекуператоре, к количеству теплоты, необходимой для нагревания продукта от его начальной температуры до температуры пастеризации:

$$\varepsilon = \frac{Q_p}{Q} = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1}. \quad (3)$$

Основной характеристикой любого теплового процесса является количество подаваемой теплоты, которое для установившегося процесса рассчитывается с использованием уравнения теплопередачи:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{cp}, \quad (4)$$

где Q - количество подаваемой теплоты, Вт;

K - коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К);

F - поверхность теплообмена, м²;

Δt - средняя разность температур между средами (средняя движущая сила).

Среднюю движущую силу в общем случае рассчитывают как среднелогарифмическую по формуле:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{m}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{m}}}, \quad (5)$$

где Δt_{δ} и Δt_{m} - большая и меньшая разности температур между средами на входе и выходе из аппарата.

Если отношение $\Delta t_{\delta}/\Delta t_{m} < 2$, то с достаточной точностью среднюю движущую силу в этом случае можно рассчитывать как среднеарифметическую по формуле:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{m}}{2}. \quad (6)$$

Коэффициент теплопередачи определяется по формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (7)$$

где α_1 - коэффициент теплоотдачи от горячей среды к стенке, Вт/(м²·К);

δ - толщина стенки, м;

λ - коэффициент теплопроводности материала стенки, Вт/(м²·К);

α_2 - коэффициент теплоотдачи от стенки к холодной жидкости, Вт/(м²·К).

При движении среды внутри труб коэффициент теплоотдачи находят по критериальным уравнениям в зависимости от режима движения по одной из следующих формул:

а) при турбулентном режиме ($Re > 10000$)

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25}; \quad (8)$$

б) при переходном режиме ($10\,000 > Re > 2\,320$)

$$Nu = 0,008 \cdot Re^{0,9} \cdot Pr^{0,43}; \quad (9)$$

в) при ламинарном режиме ($Re < 2\,320$)

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25}; \quad (10)$$

При движении среды в межтрубном пространстве кожухотрубного теплообменника при отсутствии перегородки:

$$Nu = 1,16 \cdot d_3 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,23}; \quad (11)$$

где $d_3 = \frac{D_6^2 - n \cdot d_n^2}{4 \cdot (D_6 + n \cdot d_n)}$ - эквивалентный диаметр межтрубного пространства, м;

D_6 - внутренний диаметр кожуха теплообменника, м;

d_n - наружный диаметр внутренней трубы, м;

n - число труб.

При эксплуатации теплообменных аппаратов потери теплоты $Q_{\text{п}}$ от стенок теплообменника в окружающую среду происходят, как за счёт теплового излучения, так и за счет конвекции и могут быть рассчитаны по формуле:

$$Q_{\text{п}} = \alpha_{\text{cm}} \cdot F \cdot (t_{\text{cm}} - t_6), \quad (12)$$

где F - наружная поверхность аппарата, м²;

$t_{\text{ст}}$ - температура наружной стенки аппарата, °С;

t_6 - температура окружающего воздуха, °С;

$\alpha_{\text{ст}}$ - коэффициент теплоотдачи от стенки к воздуху, Вт/(м²·К).

Для аппаратов с температурой наружной стенки до 150°С и находящихся в помещении:

$$\alpha_{\text{cm}} = 9,74 + 0,07 \cdot (t_{\text{cm}} - t_6). \quad (13)$$

Практическая часть

В работе используются два одинаковых кожухотрубных теплообменника (секция C_1 - рекуператор; секция C_2 - нагреватель), которые соединены между собой переходным коленом последовательно по трубному пространству. Кожухотрубный теплообменник состоит из пучка трубок, концы которых закреплены в трубных решетках наружного корпуса (кожуха). Назначение теплообменника - передача теплоты от одного вещества, проходящего по трубному (или межтрубному) пространству теплообменника, к другому веществу, проходящему по межтрубному (или трубному) пространству.

В качестве теплообмениваемых сред используется вода.

Каждый кожухотрубный теплообменник состоит из пучка нержавеющей трубок диаметром 6×1 мм, концы которых закреплены в трубных решетках наружного стального корпуса. Число трубок 8, рабочая длина каждой трубки 700 мм. Техническая характеристика теплообменника представлена в таблице 1.

Благодаря виртуальным возможностям работы секции условно показаны в поперечном сечении.

Таблица 1 - Техническая характеристика теплообменного аппарата

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Значение
Длина секции	L	м	0,72
Наружный диаметр	D	м	0,35
Количество трубок	n	шт.	8
Внутренний диаметр трубки	d_v	м	$4 \cdot 10^{-3}$
Наружный диаметр трубки	d_n	м	$6 \cdot 10^{-3}$
Рабочая длина трубки	l	м	0,7

Количество поступающей воды регулируется вентилем V_1 , а на корпусе парогенератора имеется овальная кнопка «вкл» и регулятор температуры насыщенного пара. Для оценки расхода воды служит мерник с таймером.

Температура поступающей воды равна 10°C , а температура окружающего воздуха 20°C . В процессе выполнения работы необходимо установить три режима движения воды и соответствующих им значений давления пара с целью поддержания постоянной температуры пастеризации (t_3) 80°C .

В каждом опыте необходимо определить расход воды и температуры контрольных точек трубчатого теплообменника. Значения температур можно копировать и вставлять в соответствующие ячейки таблицы измеряемых параметров при помощи штатных команд «копировать - вставить». Таблицу можно вызвать нажатием красной кнопки «Таблица», а закрыть овальной кнопкой «Закреть».

Все манипуляции на экране производятся при помощи мыши. Для управления кнопками и регуляторами приборов достаточно поместить курсор в красную область управляемого объекта, нажать левую кнопку и перемещать мышь в нужном направлении. Для повышения точности устанавливаемых и измеряемых величин можно переходить в режим увеличения изображения экрана. При этом правой кнопкой мыши следует вызвать меню плеера и выбрать пункт «Zoom in». Вернуться в нормальный режим можно будет через команду «Show All».

Необходимо провести 3 - 4 опыта при различных расходах воды.

Описание установки. Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1. Для обогрева секции C_2 используется насыщенный водяной пар, поступающий в межтрубное пространство секции от электрического парогенератора ПГ.

При открывании вентиля B_1 вода из трубопровода поступает в трубное пространство секции C_1 , где нагревается от температуры t_1 до температуры t_2 (температуры регенерации) за счет охлаждения горячего продукта, поступающего в межтрубное пространство из секции C_2 от температуры t_3 до t_4 . Затем по переходному колену вода поступает в трубное пространство секции C_2 , где паром нагревается до температуры t_3 .

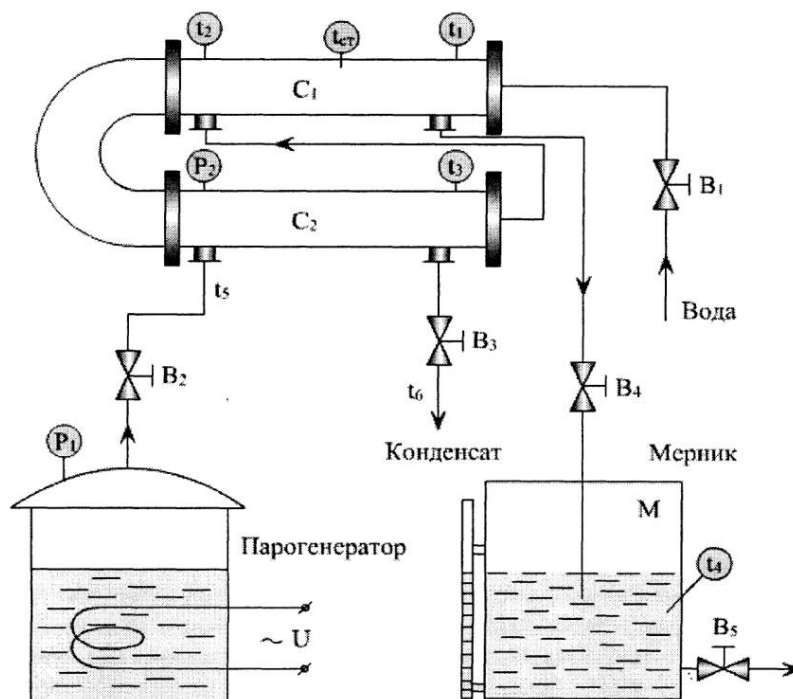


Рисунок 1 - Схема теплообменной установки

Таким образом, в секции C_2 происходит процесс нагревания, а в секции C_1 - процесс рекуперации теплоты.

Насыщенный греющий пар из парогенератора ПГ непрерывно поступает по паропроводу в межтрубное пространство секции C_2 .

Отдавая теплоту воде, этот пар конденсируется на наружной поверхности пучка труб. Процесс конденсации протекает при постоянном давлении, так как конденсация - это фазовый переход и, следовательно, при постоянной температуре t_6 , практически одинаковой в любом месте межтрубного пространства секции C_2 . Конденсат греющего пара из межтрубного пространства секции C_2 возвращается в парогенератор.

Давление пара (избыточное) показывает манометр P_1 . Давление пара в межтрубном пространстве регулируют вентилем B_2 и измеряют манометром P_2 . Температуры сред измеряют термометрами.

Порядок выполнения работы

1. Откройте вентиль V_1 и установите треугольный сектор на третью риску шкалы.

2. Для замера объема воды, прошедшего через секции C_1 и C_2 , имеется мерник M , шкала которого проградуирована в литрах. Нажмите овальную кнопку «пуск» на корпусе мерника и дождитесь, когда уровень воды в мерной трубке достигнет отметки 2 литра (отмечено красной риской). Поместив курсор в область вращающихся лепестков таймера, нажмите левую кнопку мыши и остановите таймер.

3. Скопируйте значение таймера, нажмите красную кнопку «Таблица» и вставьте полученное значение времени (τ) в таблицу для вычисления расхода воды, проходящей через секции C_1 и C_2 .

4. Овальной кнопкой «вкл» включите парогенератор и дождитесь стабилизации показаний всех термометров, что будет свидетельствовать о прогреве теплообменника с протекающей водой. Регулировкой температуры насыщенного пара добейтесь устойчивого значения 60°C третьего термометра (t_3).

5. Определите давление пара P_2 по стрелочному манометру и внесите это значение в соответствующую ячейку таблицы измеряемых параметров (таблица 2).

6. Скопируйте и вставьте в таблицу 2 значения температур всех термометров теплообменника. Помните, что снимать показания приборов необходимо при установившемся режиме, который наступает тогда, когда показания термометра t_3 не будут изменяться в течение 2 - 3 минут.

В таблицу 2 вносят следующие значения:

- t_1 - температура воды на входе в трубное пространство секции C_1 , $^\circ\text{C}$;
- t_2 - температура воды на выходе из секции C_1 , $^\circ\text{C}$;
- t_3 - температура воды на выходе из секции C_2 , $^\circ\text{C}$;
- t_4 - температура воды на выходе из межтрубного пространства секции C_1 , $^\circ\text{C}$;
- t_6 - температура конденсации пара выходящего из секции C_2 , $^\circ\text{C}$;
- P_2 - давление греющего пара в паровой рубашке секции C_2 , кг/см^2 ;
- $t_{\text{ст}}$ - температура стенки секции C_1 , $^\circ\text{C}$;
- $t_{\text{в}}$ - температура воздуха в помещении, $^\circ\text{C}$;
- t_5 - температура греющего пара, $^\circ\text{C}$.

7. Переведите треугольный сектор вентиля V_1 на шестую риску шкалы.

8. Повторите выполнение пунктов 2 - 6.

9. Переведите треугольный сектор вентиля В₁ на девятую риску шкалы.
10. Повторите выполнение пунктов 2 - 6.
11. Проверьте заполненность таблицы с экспериментальными данными.
12. Пользуясь таблицей зависимости температуры насыщенного пара от давления (приложение Г), определите температуру t_5 по давлению P_2 и результаты занесите в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты измерений

№ П/П	V, л	τ , с	t_1 , °C	t_2 , °C	t_3 , °C	t_4 , °C	t_6 , °C	$t_{ст}$, °C	$t_в$, °C	P_2 , КГ/СМ ²	t_5 , °C
1	2		10,0						20,0		
2	2		10,0						20,0		
3	2		10,0						20,0		

Расчетная часть

Все результаты расчета и обработки опытных данных записывать в таблицу 3.

1. Рассчитать поверхность теплообмена секции, м²:

$$F = \frac{\pi \cdot l \cdot (D_в^2 - d_n^2 \cdot n)}{4},$$

где n - число трубок;

l - длина трубок, м;

$D_в$ - внутренний диаметр кожуха теплообменника, м;

d_n - наружный диаметр внутренней трубы, м.

2. По уравнению расхода определить скорость воды в трубном пространстве, м/с:

$$w = \frac{V}{f \cdot \tau},$$

где $f = \frac{\pi \cdot d_в^2 \cdot n}{4}$ - площадь поперечного сечения восьми труб.

3. Определить среднюю температуру нагретой воды в первой секции:

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2}.$$

4. Определить среднюю разность температур Δt_{cp1} и Δt_{cp2} между средами в каждой секции по формулам (5) или (6). Для удобства расчёта рекомендуется построить

температурные графики для каждой секции (пример построения приведен на рисунке 2).

Количество воды, проходящее через трубное и межтрубное пространство секции C_1 , которое замеряется в мернике объёмным методом, одинаково. Таким образом, возврат теплоты при регенерации происходит в условиях массового равенства потоков холодного и горячего теплоносителей. Так как удельные теплоемкости холодного и горячего продукта мало отличаются друг от друга, то это означает практическое выполнение теплового баланса: сколько теплоты отдаст горячая жидкость, столько приобретет холодная; поэтому при противотоке температуры сред вдоль поверхности теплообменника будут изменяться по линейному закону (рис. 2а), а температурный график будет представлять две параллельные прямые.

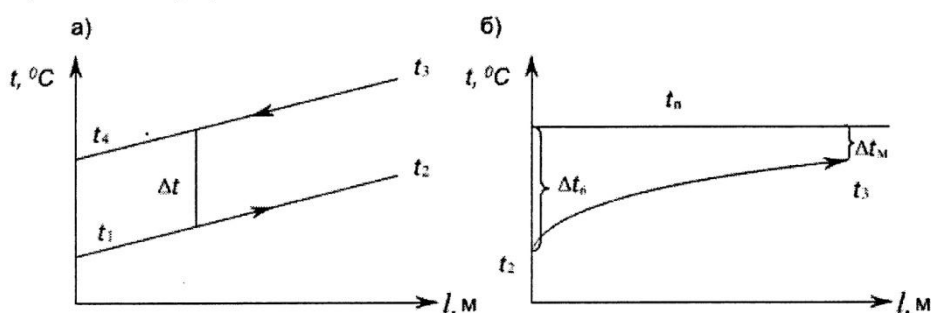


Рисунок 2 - Температурные графики секций C_1 (а) и C_2 (б)

5. Рассчитать коэффициент теплопередачи K для секции регенерации в каждом опыте по формуле:

$$K = \frac{G \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{F \cdot \Delta t_{cp}}$$

где G - массовый расход воды в трубном пространстве, кг/с;

c - теплоемкость воды, Дж/(кг·К);

$(t_2 - t_1)$ - степень нагрева или охлаждения воды в трубном пространстве секции, °С.

Для расчёта массового расхода воды определить по справочным данным в Приложении Е плотность воды при средней температуре воды.

Теплоёмкость воды при средней температуре определить по справочным данным в Приложении Ж.

Таблица 3 - Результаты расчета

№ п/п	w , м/с	t_{cp1} , °С	$t_2 - t_1$, °С	G , кг/с	Δt_{cp1} , °С	Δt_{cp2} , °С	K_1 , Вт/(м ² ·К)	K_2 , Вт/(м ² ·К)	$t_3 - t_1$, °С	ε	$Q_{п}$, Вт
-------	-----------	----------------	------------------	------------	-----------------------	-----------------------	--------------------------------	--------------------------------	------------------	---------------	--------------

1											
2											
3											

6. Рассчитать коэффициент регенерации ε по формуле (3).
7. По формулам (12) и (13) рассчитать потери теплоты в окружающую среду $Q_{\text{п}}$, Вт.
8. Для анализа влияния скорости движения воды на коэффициент теплопередачи построить на миллиметровой бумаге графики $K = f(w)$.
9. Проверить заполненность таблиц 2 и 3. Сделать выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Назовите способы передачи тепла.
2. Что является движущей силой процессов передачи тепла?
3. Основное уравнение теплопередачи.
4. Физический смысл коэффициента теплопередачи.
5. Назовите примеры горячих и холодных теплоносителей.
6. Как записывается тепловой баланс по горячему (холодному) теплоносителю?
7. При каких тепловых превращениях вещества происходит фазовый переход?
8. Какое оборудование используется для организации теплообменных процессов?
9. По значению какой величине подбирают типовую конструкцию теплообменного аппарата?

Расчет режимов работы двухкорпусной выпарной установки

Цель работы: ознакомиться с процессом выпаривания на примере двухкорпусной установки.

Задачи работы

1. Изучить процесс выпаривания жидкости в условиях естественной циркуляции (визуальное наблюдение).
2. Определить коэффициент теплоотдачи в первом корпусе и коэффициент теплопередачи во втором корпусе по данным опытов.
3. Определить потери тепла в окружающую среду при выпаривании.

Теоретическая часть

Выпаривание - это процесс удаления при кипении жидкого летучего компонента из растворов или неоднородных жидких систем с целью увеличения концентрации нелетучих компонентов.

Выпариванию подвергаются однородные растворы нелетучих веществ в летучем растворителе (например, сахара или соли в воде) и неоднородные системы - такие специфические для мясной и молочной промышленности, как кровь, бульоны, экстракты, молочные продукты.

Выпаривание отличается от процесса испарения. Испарение происходит с поверхности жидкой системы при любой температуре, в то время как выпаривание происходит по всему объему жидкой системы при температуре, соответствующей температуре кипения при данном давлении, и является более интенсивным процессом.

В процессе выпаривания летучая составная часть системы кипит и удаляется из нее в виде паров. Количество остающейся части системы уменьшается, а содержание нелетучих компонентов остается неизменным. Таким образом, концентрация сухих веществ в ходе процесса непрерывно возрастает.

Основным фактором, определяющим интенсивность выпаривания и производительность выпарного аппарата, является температурный перепад Δt - разность между температурами теплоносителя (например, греющего пара $t_{гп}$) и температурой кипения жидкой системы $t_{кип}$:

$$\Delta t = t_{гп} - t_{кип}. \quad (1)$$

Температура кипения растворов всегда выше температуры растворителей, она зависит от химической природы растворенных веществ и растворителей и растет с увеличением концентрации растворов и внешнего давления.

Разность между температурой кипения раствора t и чистого растворителя t_p при одинаковом внешнем давлении называется температурной депрессией Δ' , которую иногда называют физико-химической депрессией:

$$\Delta' = t - t_p \quad (2)$$

Повышение температуры кипения раствора определяется наряду с температурной депрессией, также гидростатической Δ'' и гидравлической Δ''' депрессиями.

Если жидкость кипит внутри вертикальной трубки, то температура кипения в нижней части её будет выше, чем на поверхности кипяtilьной трубки, так как к давлению вторичного пара в паровом пространстве прибавляется еще гидростатическое давление столба жидкости.

Если давление вторичного пара над раствором $p_{вп}$ известно, то из таблиц свойств водяного пара можно найти температуру вторичного пара $t_{вп}$.

Прибавляя к давлению пара $p_{вп}$ величину дополнительного давления Δp , получают общее давление:

$$p = p_{вп} + \Delta p. \quad (3)$$

Дополнительное давление принимают как среднее по высоте H слоя раствора давление:

$$\Delta p = \frac{\rho \cdot g \cdot h}{2}, \quad (4)$$

где ρ - плотность жидкой системы, кг/м^3 .

По этому давлению из таблиц свойств водяного пара (приложение Г) находят температуру t .

Значение гидростатической депрессии:

$$\Delta'' = t - t_{вп} \quad (5)$$

Повышение температуры кипения раствора из-за повышения давления в аппарате вследствие гидравлических потерь при прохождении вторичного пара через ловушки, сепараторы, выходной паропровод и т.д. называется гидравлической депрессией Δ''' . Температура кипения жидкой системы в выпарном аппарате определяется по формуле:

$$t_{кип} = t_{вп} + \Delta' + \Delta'' + \Delta''', \quad (6)$$

где $t_{вп}$ - температура вторичного пара при давлении, равном давлению в конденсаторе выпарной установки.

Такой способ расчета $t_{кип}$ возможен при условии, что известно давление в конденсаторе выпарной установки. Если же это давление не известно, то температура кипения раствора может быть определена по следующей формуле:

$$t_{кип} = t_{вп} + \Delta' + \Delta'', \quad (7)$$

где $t_{вп}$ - температура вторичного пара в выпарном аппарате над раствором, соответствующая его давлению.

Принцип работы многокорпусных выпарных установок состоит в том, что вторичный пар, полученный в первом аппарате (корпусе), поступает на обогрев второго корпуса, в котором давление в зоне кипения должно быть ниже давления вторичного пара в первом корпусе. Таким образом, выпаривание во втором корпусе происходит за счет использования теплоты вторичного пара из первого корпуса.

Первый корпус лабораторной установки работает на электрическом обогреве

В этом случае количество тепла Q , Дж, выделяемое электрическим нагревателем Q , определяется по формуле:

$$Q = I \cdot U = N \cdot \tau, \quad (8)$$

где I - сила тока, А;

U - напряжение, В;

N - мощность электронагревателя, Вт;

τ - продолжительность опыта, с.

Количество вторичного пара, полученного в первом корпусе, можно определить из уравнения теплового баланса:

$$N \cdot \tau = m_1 \cdot c_1 \cdot (t_{кип} - t_{нач}) + W_1 \cdot r_{вп} + Q_{п}, \quad (9)$$

где m_1 - масса раствора, кг; c_1 - удельная теплоемкость, Дж/(кг $^{\circ}$ С);

$t_{кип}$ - температура кипения раствора, $^{\circ}$ С;

$t_{нач}$ - начальная температура раствора, $^{\circ}$ С;

W_1 - масса вторичного пара, полученная в первом корпусе за время τ , кг;

$r_{вп}$ - удельная теплота парообразования вторичного пара, Дж/кг;

$Q_{п}$ - потери тепла в окружающую среду, Дж.

Если жидкость нагрета до температуры кипения, и, если не учитывать потери теплоты в окружающую среду (т. е. считать, вся теплота пошла на выпаривание), то уравнение (9) примет вид:

$$N \cdot \tau = W_1 \cdot r_{вп}. \quad (10)$$

При стационарном тепловом состоянии системы вся теплота, выделившаяся в электронагревателе, передается кипящей жидкости. В этом случае уравнение теплоотдачи:

$$N = \alpha \cdot F_1 \cdot (t_{ст} - t_{кип1}), \quad (11)$$

где $t_{ст}$ - температура стенки, °С;

α - коэффициент теплоотдачи от стенки к кипящей жидкости, Вт/(м²·К);

F_1 - площадь теплоотдачи, м².

Температура стенки первого корпуса определяется с помощью двух термопар, закрепленных на наружной поверхности электронагревателя. По результатам измерений температуры поверхности в двух точках определяется температура стенки как среднее этих двух замеров:

$$t_{cm} = \frac{t_3 + t_4}{2}. \quad (12)$$

Второй корпус лабораторной установки обогревается вторичным паром, полученным в первом корпусе. В этом случае тепло, выделившееся при конденсации этого пара (без учета нагрева раствора до температуры кипения и потерь тепла) пойдет на парообразование. Уравнение теплового баланса:

$$W_1 \cdot (i - c_k \cdot t_k) = W_2 \cdot r_{вп}, \quad (13)$$

где i - теплосодержание пара, Дж/кг;

c_k - удельная теплоемкость конденсата, Дж/(кг·°С);

t_k - температура конденсата, °С;

W_2 - количество вторичного пара, образовавшегося во втором корпусе за время τ , кг.

Теплота от конденсирующего пара Q_2 передается к кипящей системе во втором корпусе за счет теплопередачи:

$$Q_2 = K \cdot F_2 \cdot (t_1 - t_{кип2}) \cdot \tau, \quad (14)$$

где K - коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К);

F_2 - поверхность теплопередачи, м²;

t_1 - температура греющего пара (температура вторичного пара, вышедшего из первого корпуса), °С.

При установившемся процессе выпаривания во втором корпусе:

$$W_2 \cdot r_{вп} = F_2 \cdot (t_1 - t_{кип2}) \cdot \tau. \quad (15)$$

Практическая часть

Вода в первом корпусе выпаривается, нагреваясь при помощи электрической спирали. Во втором корпусе разогрев воды производится паром из первого корпуса. Для снижения температуры кипения воды во втором корпусе создается определенное разрежение при помощи специального водяного насоса.

Виртуальное оборудование максимально приближено к реальному и подчиняется тем же командам. Однако, с целью ускорения проведения виртуальной лабораторной работы, время в ней течет в четыре раза быстрее чем на самом деле. При этом таймер показывает правильное значение времени и следует считать его показания действительными.

Для повышения точности устанавливаемых и измеряемых величин можно переводить работу в режим увеличения изображения экрана. При этом правой кнопкой мыши следует вызвать меню плеера и выбрать пункт «Zoom In». Вернуться в нормальный режим можно будет через команду «Show All».

Выполнять работу необходимо строго придерживаясь инструкции, иначе можно будет получить некорректные данные. Обратите внимание, что сливать конденсат из обоих мерников нужно полностью, повторяя, если нужно данную операцию, до тех пор, пока лабораторная работа не переключится в следующий режим. Для того чтобы правильно выполнять работу, достаточно читать и следовать обновляющимся командам. Команды расположены в нижней части экрана и выделены шрифтом красного цвета.

Описание установки. На рисунке 1 приведена схема лабораторной установки. Первый корпус К1 работает на электрическом обогреве. Внутри медной трубы, установленной по центру стеклянной трубы, вмонтирована электрическая спираль, к выводам которой от автотрансформатора через ваттметр подведено питание. Между внутренней стенкой стеклянной трубы и наружной поверхностью медной трубы образуется кольцевой зазор, куда поступает жидкость из питательного бака ЕЗ.

Вода в первый корпус поступает из бака ЕЗ по принципу сообщающихся сосудов и потому высота h_1 практически не меняет своего значения. Во второй корпус вода поступает из бака ЕЗ через клапан Кл1 и в течение всего эксперимента через него производится автоматическая подпитка второго корпуса с целью поддержания неизменным уровня h_2 .

Клапаны Кл2 и Кл3 служат для удаления конденсата из мерников М6 и М12.

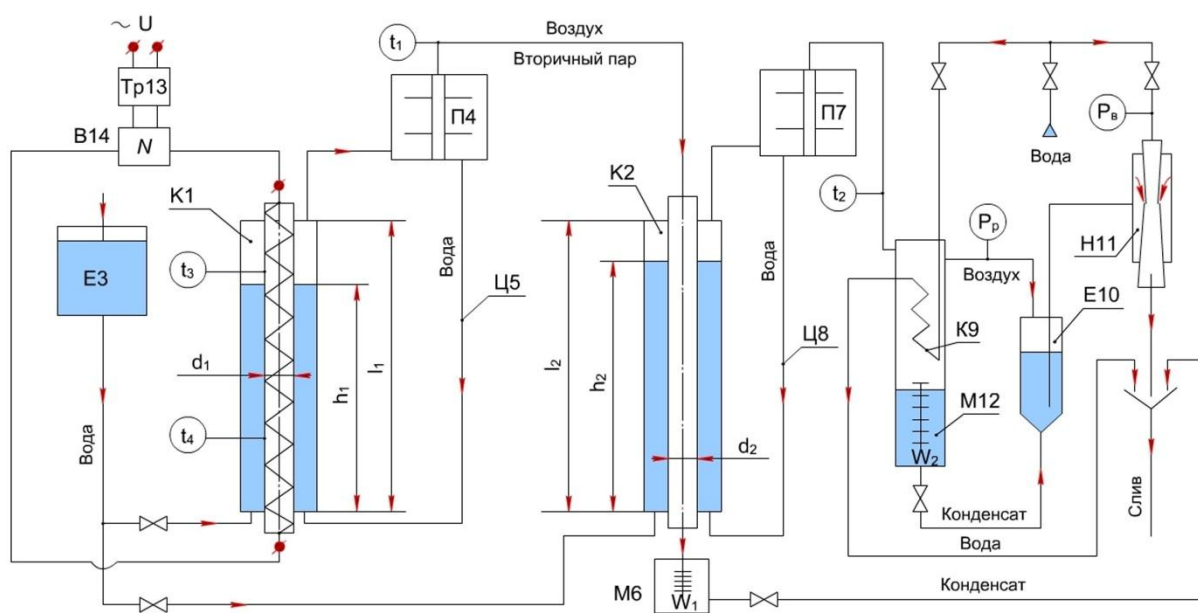


Рисунок 1 - Схема двухкорпусной выпарной установки

Пароотделитель П4 центробежного типа состоит из стеклянного корпуса, внутри которого вмонтирован паропровод, соединенный с кипятыльником. В этом трубопроводе установлен патрубок, пробка и отражатель. Патрубок установлен касательно к корпусу, что обеспечивает вращательное движение парожидкостной смеси. При вращении раствор отбрасывается к стенке корпуса и стекает по циркуляционной трубе Ц5 обратно в кипятыльник, а вторичный пар проходит через отверстия отражателя и уходит через трубу во второй корпус К2 установки.

Вторичный пар, поступающий из первого корпуса подается внутрь кипятыльной трубки, установленной по центру стеклянной трубы, где конденсируется и собирается в мернике М6. Во второй корпус жидкость также поступает из мерника Е3. Второй корпус имеет пароотделитель П7 и циркуляционную трубу Ц8, которые работают так же как в первом корпусе.

Вторичный пар из второго пароотделителя П7 по трубе уходит в конденсатор К9. Пар сначала омывает наружную трубу кольцевого конденсатора, затем внутреннюю. Освободившийся от конденсата воздух уходит через патрубок в промежуточную емкость Е10 и далее откачивается водоструйным насосом Н11. Конденсат стекает в стеклянный корпус, который одновременно является мерником М12. При открытии

крана конденсат из мерника М12 поступает в промежуточную емкость Е10, откуда через водоструйный насос Н11 удаляется из установки.

Мощность, потребляемая электронагревателем первого корпуса, измеряется ваттметром В12 и регулируется при помощи автотрансформатора (ЛАТР) Тр13.

Порядок выполнения работы

Все значения, полученные в ходе наблюдения, записываются в таблицу 1.

1. Откройте клапан Кл1 и заполните корпус К2 водой. Измерьте и запишите значение высоты столбиков воды в корпусах К1 и К2.

2. Откройте вентиль (полностью). Снимите и запишите показания приборов измеряющих давление воды перед насосом и разрежение воздуха в К2.

3. Включите ЛАТР и установите максимальную мощность нагрева воды в К1. Снимите и запишите показания ваттметра в режиме увеличения изображения экрана «Zoom In».

4. Установка постепенно нагревается. Вначале прогревается внутренний корпус К1, затем начинает закипать вода в К1, паром из К1 начинает разогреваться внутренний корпус К2 и в нем также постепенно закипает вода. По завершении всех этих процессов следует снять и записать показания термометров Т1, Т2, Т3 и Т4.

5. Как только установка выйдет на первый режим, необходимо из мерников М6 и М12 слить конденсат. Процесс слива конденсата через клапаны Кл2 и Кл3 следует инициировать до тех пор пока появится команда: «По достижении 100 мл в М6 остановите таймер и измерьте уровень в М12».

6. Для того чтобы поточнее измерить уровень в М12, по достижении 100 мл в М6, нужно перевести работу в режим увеличения экрана и одновременно наблюдать уровни мерников М6 и М12. Значение уровня в М12 нужно запомнить и сразу же остановить таймер. Для остановки таймера достаточно кликнуть левой кнопкой мыши в области вращающихся лепестков. Запишите полученные значения уровня и времени.

7. Вновь слейте конденсат из мерников и при помощи ЛАТР установите новую мощность электрического нагревателя. Снимите и запишите показания ваттметра в режиме увеличения изображения экрана «Zoom In».

8. Установка постепенно перейдет во второй режим работы. По завершении перехода вновь следует снять и записать показания термометров Т1, Т2, Т3 и Т4.

9. Как только установка выйдет на второй режим, необходимо из мерников М6 и М12 слить конденсат. Процесс слива конденсата через клапаны Кл2 и Кл3 следует

инициировать до тех пор пока появится команда: «По достижении 100 мл в М6 остановите таймер и измерьте уровень в М12».

10. Повторите процедуру измерения уровня в М12 и остановите таймер. Запишите измеренные значения уровня и времени.

11. Слейте конденсат из мерников и при помощи ЛАТР установите новую мощность электрического нагревателя. Снимите и запишите показания ваттметра в режиме увеличения изображения экрана «Zoom In».

12. Установка постепенно перейдет в третий режим работы. По завершении перехода вновь следует снять и записать показания термометров Т1, Т2, Т3 и Т4.

13. Как только установка выйдет на третий режим, необходимо из мерников М6 и М12 слить конденсат. Процесс слива конденсата через клапаны Кл2 и Кл3 следует инициировать до тех пор пока появится команда: «По достижении 100 мл в М6 остановите таймер и измерьте уровень в М12».

14. Повторите процедуру измерения уровня в М12 и остановите таймер. Запишите измеренные значения уровня и времени.

На этом работа с установкой завершается. К этому моменту все данные и измеренные значения должны быть внесены в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты экспериментальных наблюдений

№ опыта	t ₁ , °C	t ₂ , °C	t ₃ , °C	t ₄ , °C	N, Вт	W ₁ , см ³	W ₂ , см ³	τ, с	h ₁ , м	h ₂ , м
1										
2										
3										

Расчетная часть

Результаты обработки опытных данных следует записывать в таблицу 2.

1. По формуле (6) рассчитать температуры кипения жидкости в каждом корпусе t_{кип1} и t_{кип2}.

2. Подсчитать поверхность теплообмена в каждом корпусе, м²,

$$F = \pi \cdot d_{нар} \cdot l,$$

где d_{нар} - наружный диаметр кипяточной трубы, м;

l - длина кипяточной трубы, м.

Для первого корпуса: $l = 0,84$ м, $d_{нар.1} = 0,016$ м.

Для второго корпуса: $l = 0,62$ м, $d_{нар.2} = 0,018$ м.

Таблица 2 - Результаты обработки опытных данных

№ опыта	$t_{кип1},$ °С	$t_{кип2},$ °С	$F_1,$ м ²	$F_2,$ м ²	$\alpha,$ Вт/(м ² ·К)	$Q_{п},$ Дж	$K,$ Вт/(м ² ·К)	$q,$ Дж/м ²
1								
2								
3								

3. Из формулы (11) определить коэффициент теплоотдачи от стенки к кипящей жидкости в первом корпусе, Вт/(м² ·К):

$$\alpha = \frac{N}{F_1 \cdot (t_{cm} - t_{кип.1})}$$

4. Вычислить потери тепла в окружающую среду в первом корпусе:

$$Q_{п} = Q - W_1 \cdot r_{en}$$

5. Из формулы (15) рассчитать коэффициент теплопередачи во втором корпусе:

$$K = \frac{W_2 \cdot r_{en}}{F_2 \cdot (t_1 - t_{кип.2})}$$

6. Определить поверхностную плотность теплового потока в первом корпусе:

$$q = \frac{Q}{F_1}$$

7. Проверить заполненность таблицы 2. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение процесса выпаривания.
2. В чем различие между процессами выпаривания и испарения?
3. Что используется в качестве теплоносителя при выпаривании?
4. Какой пар называется вторичным? Экстра-паром?
5. Назовите характеристики греющего пара.
6. Опишите принцип работы выпарного аппарата.
7. В чем заключается необходимость многокорпусного выпаривания?
8. Какая схема многокорпусного выпаривания наиболее эффективна? Почему?
9. Какие виды потерь возникают при выпаривании?
10. Назовите виды выпарных аппаратов.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Основная учебная литература

1. Гнездилова А. И. Процессы и аппараты пищевых производств: учебник и практикум для СПО [Электронный ресурс]. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 270 с. — Режим доступа: <https://biblio-online.ru/bcode/441780>
2. Кошевой, Е. П. Технологическое оборудование пищевых производств. Расчетный практикум: учеб. пособие для СПО [Электронный ресурс]. — М.: Издательство Юрайт, 2018. — 226 с. — Режим доступа: <https://biblio-online.ru/bcode/415869>

Дополнительная учебная литература

1. Гидравлика: учебник и практикум для СПО / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, А. Г. Коваленко, И. В. Кудинов; под ред. В. А. Кудинова [Электронный ресурс]. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 386 с. — Режим доступа: <https://biblio-online.ru/bcode/442515>
2. Оборудование перерабатывающих производств. Растительное сырье: учебник для СПО [Электронный ресурс]/ А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, С. В. Байкин, О. Н. Кухарев; под общ. ред. А. А. Курочкина. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 446 с. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/CF6F0FC1-A7D2-4474-AF1A-6DB6A65C08CB/oborudovanie-pererabatyvayuschih-proizvodstv-rastitelnoe-syre>

Официальные, справочно-библиографические и периодические издания:

а) официальные издания

1. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 N 184-ФЗ (последняя редакция). – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/
2. ГОСТ 3.1001-2011 Единая система технологической документации (ЕСТД). Общие положения. – Введен в действие 01.01.2012. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=STR&n=7982#09245732282139028>

б) справочно-библиографические издания

1. Общетехнический справочник [Текст] / Под ред. Е. А. Скороходова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 415 с. (4 экз.)
2. Шиф, И. Г. Справочник механика рыбоконсервного производства [Текст] / И. Г. Шиф – М.: Агропромиздат, 1988. – 223 с. (1 экз.)
3. Справочные таблицы: справочно-методическое пособие по дисциплине «Процессы и аппараты» [Электронный ресурс]/ Составитель И. Е. Ибрагимова. — Рыбное, 2016. — 19 с. — Режим доступа: <http://www.portal-drti.ru>

в) периодические издания

1. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: «Процессы и аппараты пищевых производств». - 2013 - 2018. - №1 - 4. - Режим доступа: https://elibrary.ru/title_items.asp?id=28284

2. Журнал «Техника и технология пищевых производств», 2015 – 2017. – №1-4 (1 экз.).

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Сайт по отраслям российской промышленности, раздел «Процессы пищевых технологий» – <http://borpak.ru/pishhevaya-promyshlennost/processy-pishhevyyx-technologij.html>
2. Виртуальные лаборатории и технические симуляторы (гидравлика) – <https://www.sunspire.ru/products/hydraulics>
3. Интерактивные программы и учебные материалы по гидравлике и теплотехнике – <http://www.techgidravlika.ru>
4. Информационный портал «Энциклопедия техники», раздел «Массообменные аппараты» – <http://enciklopediya-tehniki.ru/tehnologiya-dobychi-gaza-i-nefti/massooobmennyye-apparaty.html>

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. Ибрагимова И. Е. Методические указания по выполнению внеаудиторной самостоятельной работы по дисциплине «Процессы и аппараты» для студентов очной формы обучения специальности 19.02.06 «Технология консервов и пищевых концентратов» (базовая подготовка) [Электронный ресурс]. – Рыбное, 2019. – 48 с. - Режим доступа: <http://portal-drti.ru>

2. Ибрагимова И. Е. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Процессы и аппараты» для студентов очной формы обучения специальности 19.02.06 «Технология консервов и пищевых концентратов» (базовая подготовка). Часть 1. Свойства веществ и параметры процессов. [Электронный ресурс]. – Рыбное, 2019. – Режим доступа: <http://portal-drti.ru>

2. Ибрагимова И. Е. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Процессы и аппараты» для студентов очной формы обучения специальности 19.02.06 «Технология консервов и пищевых концентратов» (базовая подготовка). Часть 2. Механические и гидромеханические процессы. [Электронный ресурс]. – Рыбное, 2019. – Режим доступа: <http://portal-drti.ru>

3. Ибрагимова И. Е. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Процессы и аппараты» для студентов очной формы обучения специальности 19.02.06 «Технология консервов и пищевых концентратов» (базовая подготовка). Часть 3. Тепловые и массообменные процессы. [Электронный ресурс]. – Рыбное, 2019. – Режим доступа: <http://portal-drti.ru>

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем

Перечень информационных технологий, используемых в учебном процессе

Наименование программного обеспечения	Назначение
Образовательный портал Moodle	Образовательный портал ДРТИ построен на обучающей виртуальной среде Moodle и доступен по адресу www.portal-drti.ru из любой точки, имеющей подключение к сети Интернет, в том

	числе из локальной сети ДРТИ. Образовательный портал ДРТИ подходит как для организации online-классов, так и для традиционного обучения. Портал разделен на «открытую» (общедоступную) и «закрытую» части. Доступ к закрытой части осуществляется после предъявления персональной пары «логин-пароль». преподавателем или студентом.
Электронно-библиотечная система ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»	Обеспечивает доступ к электронно-библиотечным системам издательств, доступ к электронному каталогу книг, трудам преподавателей, учебно-методическим разработкам ДРТИ, периодическим изданиям.

Возможность доступа к электронно-библиотечным системам

Наименование электронного ресурса, адрес сайта	Назначение
ЭБС «Университетская библиотека on-line» http://biblioclub.ru/	Фонд библиотеки насчитывает издания более 160 крупнейших современных издательств, выпускающих учебную, научную и иную литературу. Каталог «Университетской библиотеки онлайн» содержит: новейшие грифованные учебники и учебные пособия; научную, научно-популярную, художественную литературу; обучающие мультимедиа, схемы, тесты, тренажеры, презентации, карты и репродукции; эксклюзивные издательские коллекции, включающие востребованную литературу гуманитарной, социальной, юридической, технической и экономической тематик. Имеется программа «Детектор плагиата», позволяющая выявлять нарушения авторских прав в Интернете. Работа может осуществляться из любого места, в котором имеется доступ к сети Интернет.
ЭБС Юрайт https://www.biblio-online.ru	Фонд ЭБС «Юрайт» – это более 5000 наименований учебников и учебных пособий для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОС. В ЭБС присутствует возможность: индивидуального неограниченного доступа пользователей к содержимому из любой точки, в которой имеется подключение к сети Интернет; одновременного индивидуального доступа пользователей к содержимому в соответствии с требованиями ФГОС; полнотекстового поиска по содержимому, формирования статистических отчетов по пользователям. Издания в ЭБС представлены с сохранением вида страниц (оригинальной верстки).
ЭБС издательства «Лань» https://e.lanbook.com	ЭБС включает в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. Предоставляет возможность круглосуточного дистанционного индивидуального пользования для каждого обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет, адрес в сети Интернет, с возможностью просмотра и скачивания на сайте в он-лайн режиме. Предоставляет право доступа к отдельным коллекциям, в частности таким, как «Инженерно-технические науки – Издательство Лань», «Информатика – Издательство Лань», «Физкультура и Спорт – Издательство Физическая культура» ЭБС Лань.

Перечень лицензионного учебного программного обеспечения

Наименование программного обеспечения	Назначение
КОМПАС-3D V15	Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3DV15.Проектирование и конструирование в машиностроении.
ABBYY FineReader 8.0 CorporateEdition	Система оптического распознавания текста
STDU Viewer	Программа для просмотра электронных документов
GoogleChrome, Opera	Браузер
Windows NT	Графические, интерактивные, многозадачные оперативные системы корпорации Microsoft
Dr.Web	Антивирусные программные продукты
Microsoft Office	Приложения – офисные редакторы для работы с текстовыми документами, электронными таблицами, электронными сообщениями, базами данных, изображениями и т.д.
Moodle	Образовательный портал ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»
7-zip	Архиватор

Перечень информационных справочных систем

Наименование ИСС	Назначение
ИСС «Консультант +»	Содержит российское и региональное законодательство, судебную практику, финансовые и кадровые консультации, консультации для бюджетных организаций, комментарии законодательства, формы документов, проекты нормативных правовых актов, международные правовые акты, правовые акты по здравоохранению, технические нормы и правила

Сведения об обновлении информационного обеспечения обучения представлены в локальной сети ДРТИ по адресу: <\\Base\192.168.10.10> для обмена по дфагту ИТ в обучении

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Пример оформления титульного листа отчета по практической работе



- **Федеральное агентство по рыболовству**
- **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**
- **«Астраханский государственный технический университет»**
- Система менеджмента качества в области образования, воспитания, науки и инноваций сертифицирована DQS по международному стандарту ISO 9001:2015

- **Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал)**
 - **Отделение среднего профессионального образования**
- **Специальность 19.02.06 Технология консервов и пищевых концентратов**

-
-
-

• **ОТЧЕТ ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ**

- _____
 - (название работы)
- по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств»

-
-
-
-

- Отчет выполнил (а):
- студент (ка) группы _____
- _____ А. В. Иванова

- Отчет проверил:
- преподаватель
- _____ И. Е.

Ибрагимова

- Оценка, полученная на защите отчета:
- «_____»
- _____
- «___» _____ 20__ г.

- п. Рыбное, 20__



ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Плотность некоторых веществ и водных растворов в зависимости от температуры

Вещество	Плотность, кг/м ³							
	-20°C	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C
Бутиловый спирт	838	824	810	795	781	766	751	735
Вода	—	1000	998	992	983	972	958	943
Глицерин,50%	—	1136	1126	1116	1106	1006	996	986
Диоксид серы (жидк.)	1484	1434	1383	1327	1264	1193	1111	1010
Диэтиловый эфир	758	736	714	689	666	640	611	576
Изопропиловый спирт	817	801	785	768	752	735	718	700
Кальций хлористый, 25% раствор	1248	1239	1230	1220	1210	1200	1190	1180
Метиловый спирт 100%	828	810	792	774	756	736	714	—
Метиловый спирт 40%	—	946	935	924	913	902	891	880
Муравьиная кислота	—	1244	1220	1195	1171	1147	1121	1096
Натр едкий 50%раствор	—	1540	1525	1511	1497	1483	1469	1454
Натр едкий 40%	—	1443	1430	1416	1403	1389	1375	1360
Натр едкий 30%	—	1340	1328	1316	1303	1289	1276	1261
Натр едкий 20%	—	1230	1219	1208	1196	1183	1170	1155
Натр едкий 10%	—	1117	1109	1100	1089	1077	1064	1049
Натрий хлористый, 20% раствор	—	1157	1148	1189	1130	1120	1110	1100
Октан	734	718	702	686	669	653	635	617
Пропиловый спирт	—	819	804	788	770	752	733	711
Серная кислота 98%	—	1857	1837	1817	1798	1779	1761	1742
Серная кислота 92%	1866	1845	1824	1803	1783	1765	1744	1723
Серная кислота 75%	1709	1689	1669	1650	1632	1614	1597	1580
Серная кислота 60%	1532	1515	1498	1482	1466	1450	1434	1418
Соляная кислота 30%	1173	1161	1149	1138	1126	1115	1103	1090
Уксусная кислота 100%	—	1072	1048	1027	1004	981	958	922
Уксусная кислота 50%	—	1074	1058	1042	1026	1010	994	978
Хлороформ	1563	1526	1489	1450	1411	1380	1326	1280
Этиловый спирт 100%	823	806	789	772	754	735	716	693
Этиловый спирт, 80%	—	857	843	828	813	797	783	768
Этиловый спирт 60%	—	904	891	878	864	849	835	820
Этиловый спирт 40%	—	947	935	923	910	897	885	872

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Зависимость динамической вязкости воды от температуры

Температура, °С	Динамический коэффициент вязкости, мПа·с (сП)	Температура, °С	Динамический коэффициент вязкости, мПа·с (сП)	Температура, °С	Динамический коэффициент вязкости, мПа·с (сП)
0	1,792	33	0,7523	67	0,4233
1	1,731	34	0,7371	68	0,4174
2	1,673	35	0,7225	69	0,4117
3	1,619	36	0,7085	70	0,4061
4	1,567	37	0,6947	71	0,4006
5	1,59	38	0,6814	72	0,3952
6	1,473	39	0,6685	73	0,39
7	1,428	40	0,6560	74	0,3849
8	1,386	41	0,6439	75	0,3799
9	1,346	42	0,6321	76	0,375
10	1,308	43	0,6207	77	0,3702
11	1,271	44	0,6097	78	0,3655
12	1,236	45	0,5988	79	0,361
13	1,203	46	0,5883	80	0,3565
14	1,171	47	0,5782	81	0,3521
15	1,140	48	0,5683	82	0,3478
16	1,111	49	0,5588	83	0,3436
17	1,083	50	0,5494	84	0,3395
18	1,056	51	0,5404	85	0,3355
19	1,030	52	0,5315	86	0,3315
20	1,005	53	0,5229	87	0,3276
20,2	1,000	54	0,5146	88	0,3239
21	0,9810	55	0,5064	89	0,3202
22	0,9579	56	0,4985	90	0,3165
23	0,9358	57	0,4907	91	0,313
24	0,9142	58	0,4832	92	0,3095
25	0,8937	59	0,4759	93	0,306
26	0,8737	60	0,4688	94	0,3027
27	0,8545	61	0,4618	95	0,2994
28	0,8360	62	0,4550	96	0,2962
29	0,8180	63	0,4483	97	0,293
30	0,8007	64	0,4418	98	0,2899
31	0,7840	65	0,4355	99	0,2868
32	0,7679	66	0,4293	100	0,2838

Значения коэффициента теплопередачи для различных вариантов теплообмена,
Вт/(м²·К) [9]

Вид теплообмена	Вынужденное движение	Свободное движение
От газа к газу (при невысоких давлениях)	10 – 40	4 – 12
От газа к жидкости (газовые холодильники)	10 – 60	6 – 20
От конденсирующегося пара к газу (воздухонагреватели)	10 – 60	6 – 12
От жидкости к жидкости (вода)	800 – 1700	140 – 340
От жидкости к жидкости (органические)	120 – 270	30 – 60
От конденсирующегося пара к воде (конденсаторы, подогреватели)	800 – 3500	300 – 1200
От конденсирующегося пара к органическим жидкостям (подогреватели)	120 – 340	60 – 170
От конденсирующегося пара органических веществ к воде (конденсаторы)	300 – 800	230 – 460
От конденсирующегося пара к кипящей жидкости (испарители)	–	300 – 2500

Коэффициенты теплопроводности некоторых твёрдых материалов при 0 - 100°С

Материал	Плотность (для сыпучих материалов насыпная плотность), кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
1	2	3
Асбест	600	0,151
Бетон	2 300	1,280
Винипласт	1 380	0,163
Войлок шерстяной	300	0,047
Дерево (сосна) поперек волокон	600	0,140 — 0,174
» » вдоль волокон	600	0,384
Кладка из обыкновенного кирпича	1 700	0,698 — 0,814
» » огнеупорного кирпича	1 840	1,050
» » изоляционного кирпича	600	0,116 — 0,209
Лед	920	2,330
Литье каменное	3 000	0,698
Магнезия 85% в порошке	216	0,070
Накипь, водяной камень	—	1,163 — 3,490
Опилки древесные	230	0,070 — 0,093
Пенопласт	30	0,047
Песок сухой	1 500	0,349 — 0,814
Пробковая мелочь	160	0,047
Ржавчина (окалина)	—	1,160
Совелит	450	0,098
Стекло	2 500	0,698 — 0,814

1	2	3
Стекланная вата	200	0,035 — 0,070
Текстолит	1 380	0,244
Торфоплиты	220	0,064
Фаолит	1 730	0,419
Шлаковая вата	250	0,076
Эмаль	2 350	0,872 — 1,163
Металлы		
Алюминий	2 700	203,5
Бронза	8 000	64,0
Латунь	8 500	93,0
Медь	8 800	384,0
Свинец	11 400	34,9
Сталь	7 850	46,5
» нержавеющая	7 900	17,5
Чугун	7 500	46,5 — 93,0