

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского

федерального университета

Дата подписания: 19.03.2024 11:05:09

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по организации лабораторных работ

по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств» для
студентов направления подготовки /специальности

19.03.04 «Технология продукции и организация общественного питания»

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания разработаны для выполнения лабораторного практикума по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств» для студентов по направлению подготовки 19.03.04 - Технология продукции и организация общественного питания, профиль подготовки – «Технология и организация ресторанного и пекарского дела» всех форм обучения.

Методические указания содержат: тему, цель работы, формируемые компетенции, теоретическую часть, оборудование и материалы, указания по технике безопасности; указания и задания по порядку выполнения работы, содержание отчета, контрольные вопросы и список литературы, рекомендуемый к использованию по каждой теме лабораторных работ.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Пищевые технологии и инжиниринг».

Составитель: проф., д.т.н. А.А. Борисенко

Рецензент – проф., д.т.н. С.П. Бабенышев

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение	2
Лабораторная работа № 1 Изучение конструкции жидкостного сепаратора и процесса разделения жидкостей	4
Лабораторная работа № 2 Изучение влияния температуры и плотности сепарируемой жидкости на ее разделяемость	14
Лабораторная работа № 3 Определение линейных размеров микро-объектов в пищевой жидкости (на примере молока)	21
Лабораторная работа № 4 Определение количества микро-объектов в пищевой жидкости (на примере молока) с помощью камеры Горяева	26
Лабораторная работа № 5 Изучение процесса нагрева воды с помощью теплообменника	29
Лабораторная работа № 6 Определение коэффициента теплопередачи при движении жидкости в трубе при различных скоростях течения	36
Лабораторная работа № 7 Определение коэффициента теплопередачи и передаваемой тепловой мощности пластинчатого теплообменника при прямоточной схеме и при противоточной схеме	46
Лабораторная работа № 8 Исследование процесса адсорбции	53
Лабораторная работа № 9 Исследование процесса экстракции	62

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Изучение конструкции жидкостного сепаратора и процесса разделения жидкостей

1 Цель работы - изучение устройства сепаратора-сливкоотделителя, назначения его отдельных частей, правил эксплуатации, сборки и разборки, процесса сепарирования молока.

Задачи работы

1. Изучение классификации жидкостных сепараторов.
2. Изучение устройства, особенностей конструкции и технических характеристик молочного сепаратора - сливкоотделителя.
3. Знать технологический процесс и основные настроечные регулировки сепаратора - сливкоотделителя.

2. Формируемые компетенции

Код	Формулировка:
ОПК-3	Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов
ОПК-5	Способен организовывать и контролировать производство продукции питания

3. Теоретическая часть

Сепарирование, разделение жидких неоднородных смесей (суспензий) в поле центробежных сил на сепараторах. Поле центробежных сил характеризуют фактором разделения F_g (критерием Фруда), представляющим собой отношение ускорения центробежной силы к ускорению силы тяжести при определенном геометрическом размере. При сепарировании вся масса обрабатываемой суспензии разделяется на тонкие слои, движущиеся в сужающихся радиальных каналах, что отличает сепарирование от центрифугирования, при котором процесс разделения идет во всем объеме суспензии без разделения на отдельные слои. Сепарирование не обеспечивает полной прозрачности жидкости до блеска, поэтому оно применяется для грубого осветления сусла перед брожением, а также для предварительного осветления виноматериалов и соков обычно с последующей фильтрацией.

Сепараторы могут быть классифицированы по следующим признакам (рис.1.1): технологическое назначение сепараторов; тип сепараторов по конструкции барабана; способ выгрузки осадка (шлама); принцип и характер выгрузки осадка; конструкция устройства для выгрузки осадка; способ

подвода исходной гетерогенной системы и отвода продуктов сепарирования; область применения (отрасль промышленности); вид привода сепаратора.

По технологическому назначению сепараторы делятся на три основных класса:

- 1) сепараторы-разделители, применяемые для разделения смеси жидкостей, не растворимых одна в другой, и для концентрирования суспензий и эмульсий;
- 2) сепараторы-осветлители, предназначенные для выделения твердых частиц из жидкости;
- 3) комбинированные сепараторы, служащие для выполнения двух или более операций переработки жидкой смеси.

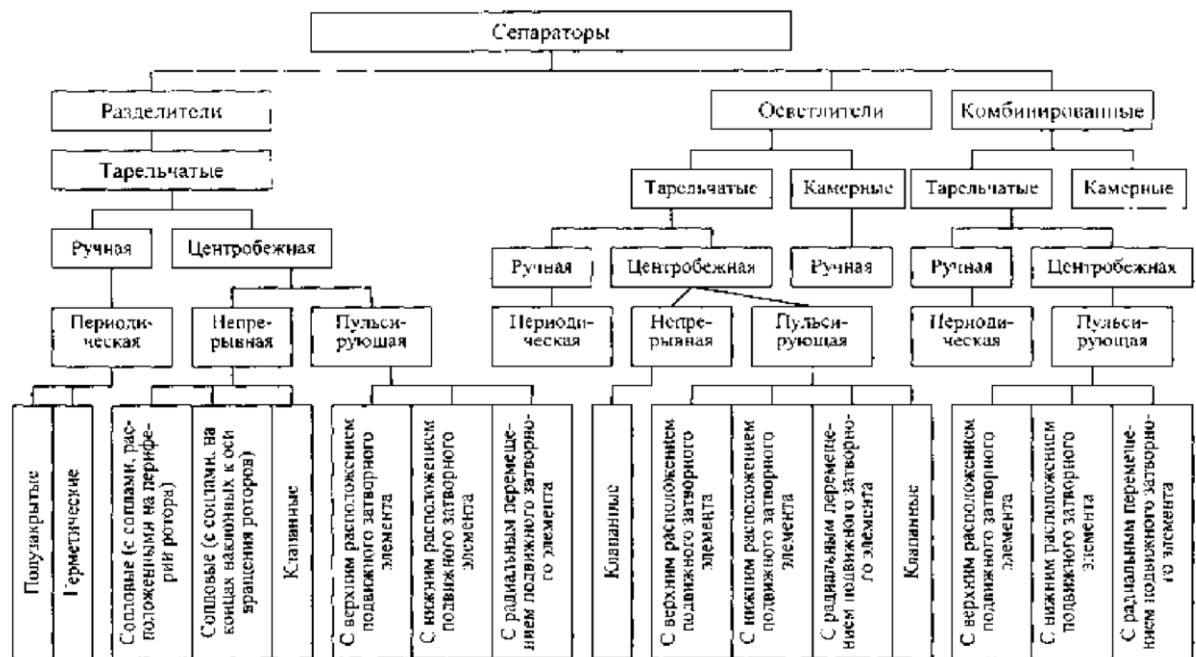


Рисунок 1.1 – Классификация жидкостных сепараторов

Комбинированные сепараторы называют универсальными, что подчеркивает их многостороннее назначение. К классу комбинированных относят сепараторы, в которых процесс разделения совмещается с какимлибо другим процессом. Так, известны сепараторы-экстракторы, сепараторы-реакторы.

К классу сепараторов-осветлителей можно отнести еще две группы: сепараторы, предназначенные для дальнейшего диспергирования (гомогенизации) дисперсной фазы эмульсий и их очистки от примесей (эти сепараторы получили название тарификаторы, иногда их относят к комбинированным), и сепараторы для удаления из жидкостной системы микроорганизмов, скапливаемых в шламовом пространстве вместе с другими механическими примесями.

Типы сепараторов по конструкции барабана разделяют на две группы:

тарельчатые и камерные. Ротор тарельчатых сепараторов укомплектован пакетом конических вставок (тарелок), которые делят поток обрабатываемой жидкости на параллельные тонкие слои, рис. 1.2; ротор камерных сепараторов имеет реберную вставку (при одной камере) или комплект концентрических цилиндрических вставок, разделяющих его объем на кольцевые камеры, по которым обрабатываемая жидкость протекает последовательно.

Тарельчатые сепараторы независимо от отрасли их применения и назначения можно подразделить на два основных типа. Первый тип сепараторов имеет тарелки, обеспечивающие подачу жидкости в межтарелочные пространства через отверстия, имеющиеся в самих тарелках.

Такие сепараторы очень часто называют сепараторами с центральной подачей жидкости на тарелки. К этому типу относятся и сепараторы, в которых жидкость на вершину тарелок поступает из прорезей в тарелкодержателях. Второй тип сепараторов характеризуется тем, что жидкость в межтарелочные пространства поступает с периферии и движется к центру барабана. Тарелки в этих сепараторах в большинстве своем отверстий не имеют.

По способу подвода исходной гетерогенной системы и отвода продуктов сепарирования различают сепараторы трех типов: открытые, полужакрытые и герметические.

В открытых сепараторах подача в ротор жидкой смеси и отвод полученных жидких фракций осуществляются открытым потоком. Процесс сепарирования не изолирован от доступа воздуха.

В полужакрытых сепараторах жидкость подается в ротор открытым или закрытым потоком, а отвод одной или обеих жидких фракций происходит под давлением по закрытым трубопроводам. Процесс сепарирования не изолирован от доступа воздуха. Роторы полужакрытого типа отличаются от роторов открытого типа наличием устройства для вывода продуктов сепарирования под давлением.

В герметических сепараторах подача в ротор исходной жидкости и отвод жидких фракций происходят под давлением по закрытым трубопроводам, герметически соединенным с выпускными патрубками, процесс сепарирования в них изолирован от доступа воздуха. Роторы герметических сепараторов отличаются от роторов открытых и полужакрытых сепараторов конструкцией подводящих и отводящих устройств.

По виду привода сепараторы подразделяют на три группы: с ручным, комбинированным и электромеханическим приводом. Фильтры классифицируются в зависимости от признака на следующие типы:

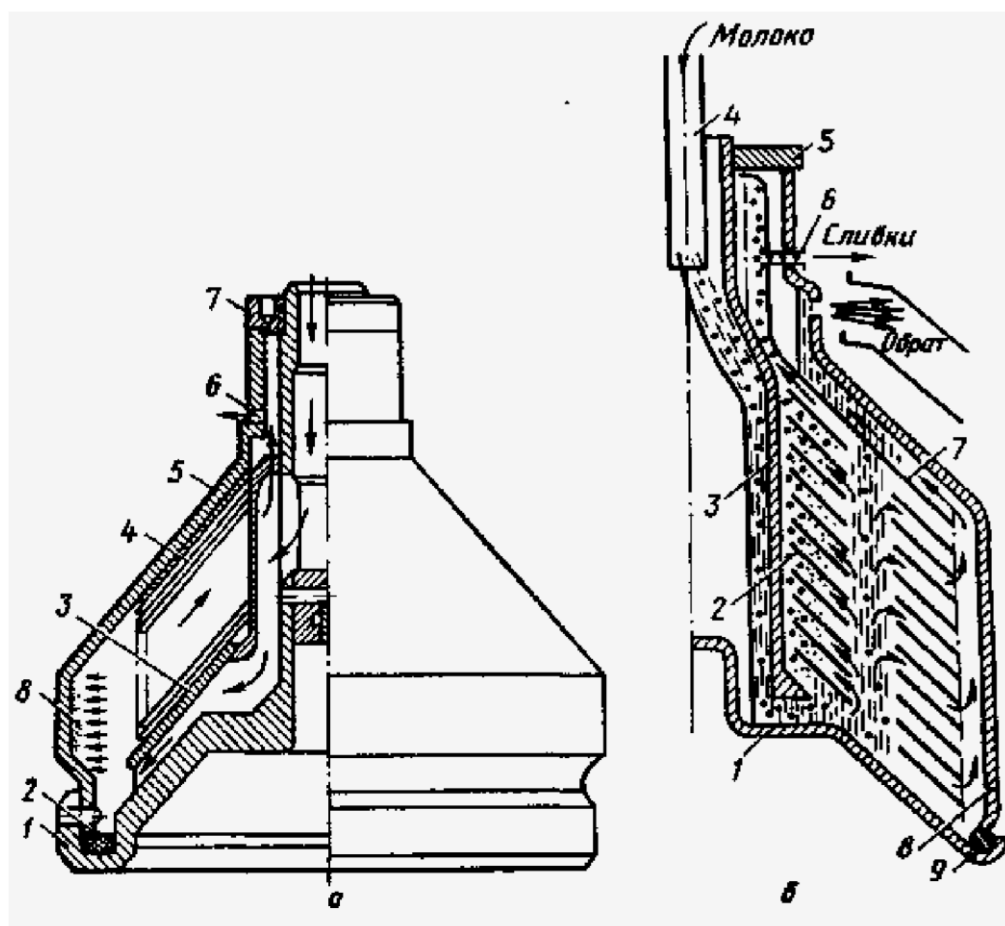


Рисунок 1.2- Барабаны сепаратора: а – молокоочистителя: 1 – дно; 2 – резиновое кольцо; 3 – тарелкодержатель; 4– пакет разделительных тарелок; 5 – корпус; 6 – выходное отверстие для молока; 7 – накидная гайка; 8 – грязевая камера барабана; б – сливоотделителя: 1 – дно; 2 – пакет тарелок; 3 – тарелкодержатель; 4 – калиброванная трубка поплавковой камеры; 5 – накидная гайка; 6 – винт регулировки жирности; 7 – верхняя (разделяющая) тарелка; 8 – резиновое уплотнительное кольцо; 9 – корпус

- по виду давления, создаваемого для движения фильтруемой среды,
- на вакуум-фильтры и фильтр-прессы;
- по типу фильтрующих перегородок — на рамные, листовые, дисковые, патронные, трубчатые;
- по способу очистки—с ручной, механизированной и с регенеративной очисткой;
- по способу действия — периодического и непрерывного действия.

В пищевой промышленности прессы применяются для отделения жидкой фазы от твердой (например, предварительного или окончательного отжатия пищевого растительного сырья при производстве соков), для брикетирования, гранулирования и т. д.

Сепаратор-сливоотделитель имеет пакет 2 (рис. 1.2, б) тарелок- вставок. В зазоре между ними в потоке происходит выделение жировой фракции

молока, которая за счёт меньшей плотности движется к оси вращения барабана, а снятое молоко (обрат) – к периферии, где освобождается от загрязнений, отлагающихся на стенках грязевой камеры корпуса 9. Пакет тарелок имеет межтарельчатые пространства высотой от 300 до 600 мкм в зависимости от конструкции. Сливки проходят к выгрузному окну (отверстию), снабжённому регулировочным винтом 6, при помощи которого сепаратор устанавливают на получение сливок заданной жирности. Обрат выходит в окна корпуса.

Производительность сепаратора можно определить по эмпирической зависимости, л/ч,

$$Q = 4,8 n^2 z t g \alpha (R_{\text{б}}^2 - R_{\text{м}}^2) d^2 t, \quad (1.1)$$

где, n – частота вращения барабана, с-1; z – число тарелок; α – угол подъёма тарелки, град ($\alpha = 45 \dots 60^\circ$); $R_{\text{б}}$ и $R_{\text{м}}$ – больший и меньший радиус тарелки, см; d – диаметр жирового шарика, см; t – температура молока, $^\circ\text{C}$.

4. Оборудование и материалы

Описание лабораторной установки.

Установка предназначена для изучения конструкции молочного сепаратора-сливкоотделителя и процесса сепарирования. Общий вид установки представлен на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Основной вид лабораторной установки: 1 – сепаратор, 2 – анализатор Лактан 1-4М, 3 – микроскоп, 4 -измеритель ТРМ 200, 5 – РНметр, 6 - емкости для сбора сливок и обрат, 7 – датчик температуры

Общий вид сепаратора-сливкоотделителя представлен на рис. 1.4 и состоит из электропривода, распределительного устройства (посуды) и барабана.

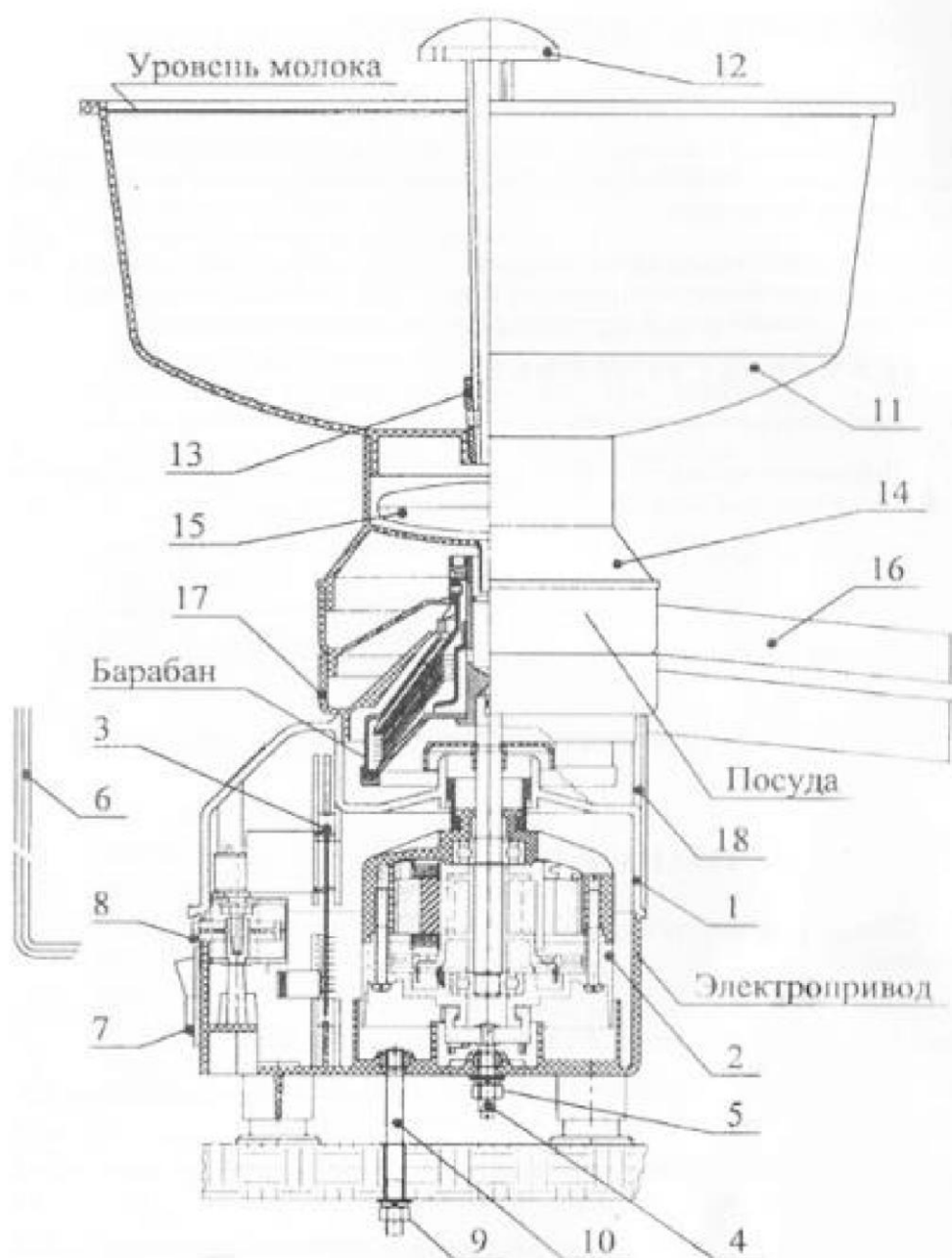


Рисунок 1.4 – Схема конструкции сепаратора – сливкоотделителя: 1 – корпус, 2 – электродвигатель, 3 – плата управления, 4 – винт специальный, 5 – гайка, 6 – шнур сетевой, 7 – выключатель, 8 – регулятор частоты вращения, 9 – шпилька, 10 – гайка, 11 – молокоприемник, 12 – кран, 13 – пробка, 14 – камера поплавковая, 15 – поплавок, 16 – приемник сливок, 17 – приемник обраты, 18 – паз дренажный

Регулировку жирности сливок можно производить непосредственно во время работы сепаратора с помощью регулятора частоты вращения барабана 8, расположенного на передней панели электропривода. Указатель регулятора показывает изменение числа оборотов от минимального (9000 об/мин) до

максимального 12000 об/мин. При возрастании числа оборотов жирность сливок увеличивается.

Жирность получаемых сливок зависит также от положения регулировочного винта 6 (рис. 1.5). Регулировку производить только при выключенном из розетки устройстве, специальным ключом 11. Вкручивая винт можно повысить жирность получаемых сливок.

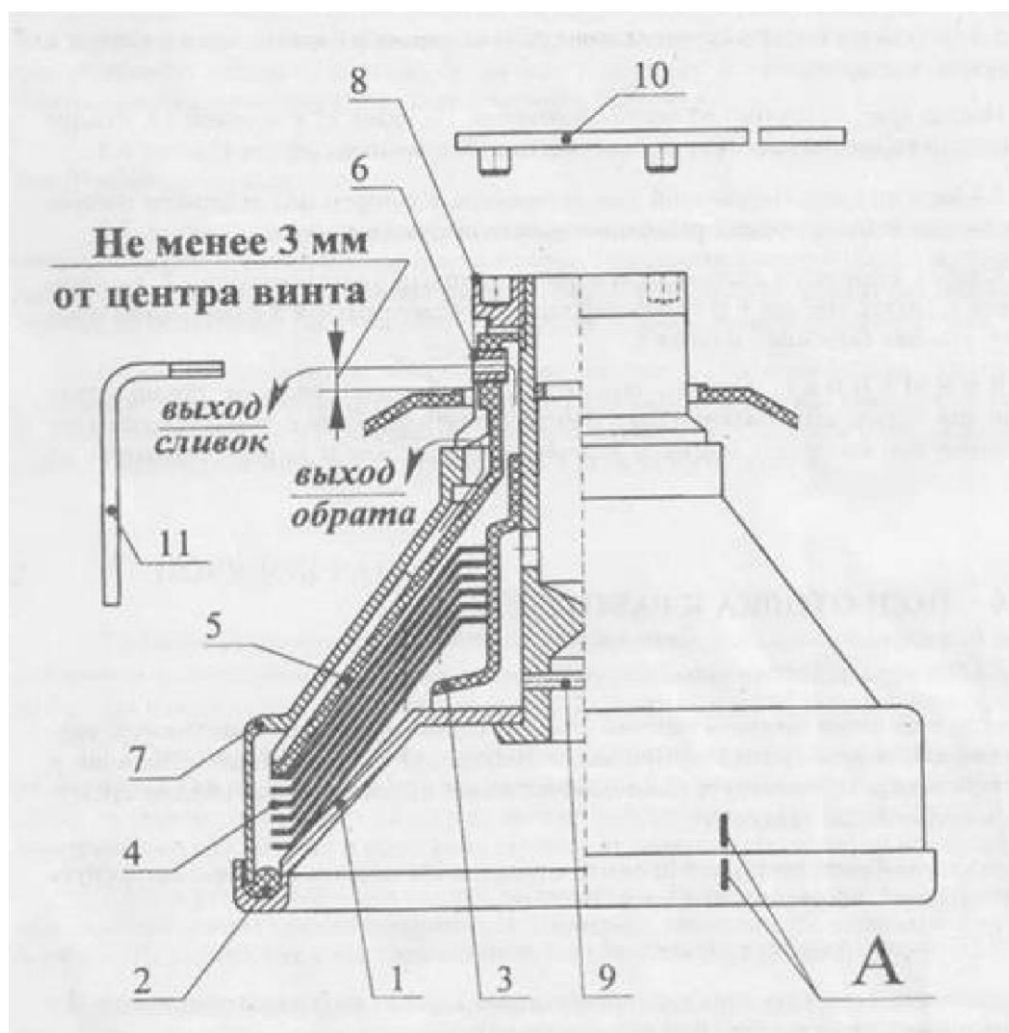


Рисунок 1.5 – Барабан сепаратора: 1–основание, 2 – кольцо уплотнительное, 3 – тарелкодержатель, 4 – пакет тарелок, 5 – тарелка разделительная, 6 – винт регулировочный, 7 – крышка, 8 – гайка, 9 – штифт, 10 – ключ, 11 – ключ регулировочный

5. Указания по технике безопасности

До проведения лабораторных работ на установках студенты обязательно должны пройти инструктаж по технике безопасности согласно инструкции, которая включает в себя следующие основные положения:

Общего назначения.

Все работы на установках должны проводиться только в присутствии и участии преподавателя или ответственного лица, прошедшего полной инструктаж по соблюдению правил техники безопасности.

Место, где размещена установка, запрещается загромождать посторонними предметами.

Перед включением установки произвести тщательный осмотр оборудования и приборов для определения их пригодности к работе.

Электрические шнуры, вилки, розетки и выключатели не должны иметь видимых повреждений. Включать установку при наличии неисправностей запрещается.

Во время выполнения задания студент не должен заниматься посторонними делами, не относящимися к выполнению данной работы.

Запрещается оставлять без наблюдения действующую установку.

Запрещается работать в лаборатории одному. Обязательно присутствие второго лица для оказания первой помощи в случае необходимости.

Студентам запрещается самостоятельно устранять неисправности лабораторных установок.

По электрической части.

Ввиду наличия на установке высокого напряжения 220 В для питания электродвигателей, ТЭНов и контрольно - измерительных приборов **запрещается:**

- а) проникать за защитные ограждения подсоединительных клемм;
- б) открывать распределительный щит и защитные кожухи установок;
- в) включать и отключать установку без разрешения преподавателя.
- г) во избежание возможного поражения электрическим током, запрещается касаться при включенной установке:

- одновременно к проводам измерительного прибора и к трубопроводу отопления, водопровода или замыкающему контуру;
- одновременно к корпусу измерительного прибора и к трубопроводу отопления, водопровода или замыкающему контуру.

д) установка должна быть немедленно отключена, если обнаружено повреждение заземления, защитного ограждения и при внезапном прекращении подачи энергии.

При появлении дыма из электронагревателя или пускорегулирующей аппаратуры, поломки оборудования его перегрева сверх допустимой.

При поражении электрическим током необходимо немедленно вызвать врача, а до его прибытия при необходимости сделать пострадавшему искусственное дыхание.

По окончании работы установка должна быть отключена в строгом соответствии с указаниями, приведенными в данном методическом указании.

Перед уходом студенты обязаны привести в порядок свое рабочее место и поставить в известность преподавателя об окончании работы.

6.Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания и руководство по эксплуатации на сепаратор-сливкоотделитель, заготовить форму отчета, в которую внести название и цель работы, основные сведения об изучаемых процессах, схему экспериментальной установки, заготовить табл. 1.1 для записи результатов измерений и вычислений.

2. Собрать барабан в следующей последовательности (рис. 1.5).

3. В основание 1 вложить кольцо уплотнительное 2, установить тарелкодержатель 3 выступом на торец в небольшое углубление на основании.

4. Надеть на тарелкодержатель пакет тарелок 4. Сборка пакета тарелок начинается с тарелки, имеющей шипики, следующая гладкая и т.д. чередуя их через одну. Последняя тарелка должна быть с шипиками. Надеть тарелку разделительную 5 и крышку барабана.

ВНИМАНИЕ Риски «А» на крышке барабана 7 и основании 2 должны быть совмещены.

5. Навернуть на питающую трубку барабана гайку 8 и специальным ключом 10 затянуть, обеспечив герметичность барабана.

6. Одеть барабан на электропривод. Внимательно посмотреть, чтобы паз оси и барабана сошлись.

7. Далее плотно надеть приемник обрата 17 и приемник сливок 16.

8. Проверить и при необходимости отрегулировать положение барабана по высоте, выдержав размер 3 мм, как показано на рис. 5. Регулировка производится специальным винтом 4 (рис. 1.4) в основании корпуса электропривода. После окончания регулировки, гайка 5 должна быть затянута.

9. После этого установить поплавковую камеру 14 с поплавком 15 внутри.

10. Плотнo закрепить молокоприемник 11. Вставить пробку 13 и кран 12.

11. Подключить автоматизированный стенд к USB разъему компьютера и запустить программу Пуск → Программы → MeasLAB → «Сепарирование».

12. Подогрейте молоко до $40 \div 50^{\circ}\text{C}$.
13. Установить с помощью регулятора 8 частоту вращения барабана в min положение (9000 об/мин). Включите привод барабана кнопкой 7.
14. После выхода барабана на рабочий режим для прогревания распределительного устройства и барабана пропустить через сепаратор не менее **1 л воды, нагретой до температуры $40 \div 50^{\circ}\text{C}$** .
15. Не выключая электродвигатель, закройте кран 12 и **налейте не менее 1,5 л молока в приемник 11**, после чего откройте кран 12.
16. Первые порции просепарированного молока будут разбавлены водой, поэтому их нужно собрать в отдельную посуду (100 – 150 мл) и далее не использовать.
17. После сепарирования основной части молока замерить показатели, и внести их табл. 1.1.
18. Установить с помощью регулятора 8 частоту вращения барабана в max положение (12000 об/мин) и проведите сепарацию не менее 1 л молока.
19. Полученные результаты записать в табл.1.1.
20. Сравнить полученные результаты по всем пунктам, для каждого сделать и записать выводы.
21. Ответить на контрольные вопросы.

Обработка полученных результатов.

Произвести разборку сепаратора и замерить необходимые параметры.

Определить расчетную производительность по формуле 1.1.

Определить действительную производительность

$$Q_d = V/\tau \quad (1.2)$$

где V – объем обезжиренного молока полученного в результате проведения опыта, л; τ – время сепарирования, ч.

Определить содержание жира в обезжиренном молоке прибором Лактан 1-4М.

Результаты расчетов занести в табл.1.1.

Таблица 1.1 - Результаты замеров и расчетов

№ п/п	Содержание жира	в		Производительность, л/ч
----------	--------------------	---	--	----------------------------

	Температура сепарирования молока, °С	обезжирен. молоке, %	Время сепарирования, τ, ч	Объем молока, V, л	Действительная	Расчетная
1						
2						

7.Содержание отчета

1. Краткое описание работы установки.
2. Схема установки.
- 3.Основные расчетные формулы.
4. Результаты измерений и расчеты.
5. Анализ полученных результатов.

8.Контрольные вопросы

1. Что такое сепарирование?
2. В каких областях производства применяется сепарация?
3. На какие основные классы по технологическому назначению делятся сепараторы?
4. Какие сепараторы называют универсальными и почему?
5. На какие типы по конструкции барабана разделяют сепараторы?
6. Какие сепараторы называют с центральной подачей жидкости на тарелки и почему?
7. Какой принцип положен в основу разделения молока на фракции в сепараторе?
8. Каким путём можно повысить жирность сливок при сепарировании?
9. По каким каналам движутся в барабане сепаратора сливки и обезжиренное молоко?
10. Для какой цели тарелки барабана сепаратора имеют отверстия?
11. Как в барабане сепаратора молоко разделяется на сливки и обрат?
12. Каким образом сливки и обрат отводятся из барабана сепаратора?
13. Для какой цели подогревают молоко перед сепарированием?

14. Из каких материалов изготавливают детали барабана сепаратора?

15. Как регулируют барабан сепаратора по высоте?

9.Список используемых источников Перечень

основной литературы:

1.Вобликова Т. В., Шлыков С. Н. , Пермяков А. В. Процессы и аппараты пищевых производств: учебное пособие Ставрополь: Агрус, 2017, 212 с. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks, http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=277522&sr=1

Перечень дополнительной литературы:

1. Процессы и аппараты пищевых производств : учебник / А. Н. Остриков [и др.] ; ред. А. Н. Остриков. - СПб. : ГИОРД, 2012. - 616 с. : ил. - УМО. - Библиогр.: с. 613. - ISBN 978-5-98879-124-9,
2. Холодилин, А. Лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств» : учебное пособие / А. Холодилин, С.Ю. Соловых ; Министерство образования и науки Российской Федерации. - 2-е изд. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 142 с. : схем., табл., ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330536>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Изучение влияния температуры и плотности сепарируемой жидкости на ее разделяемость

1 Цель работы - изучение влияния температуры, плотности сепарируемого молока на содержание жира в обезжиренном молоке.

Задачи работы:

1. Влияние теплофизических свойств молока на процесс сепарирования.
2. Определение фактических потерь жира в процессе сепарирования.

2. Формируемые компетенции

Код	Формулировка:
ОПК-3	Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов
ОПК-5	Способен организовывать и контролировать производство продукции питания

3. Теоретическая часть

Общие сведения

Молоко представляет собой эмульсию молочного жира и плазмы. Молочный жир находится в молоке в виде жировых шариков, диаметр которых колеблется в основном от 1 до 2 мкм. Разделение жира и плазмы возможно благодаря различной плотности молочного жира (930 кг/м^3) и плазмы молока (не ниже 1032 кг/м^3)

Сепарирование, или разделение жидкостей, осуществляется под действием центробежной силы, возникающей в результате вращения барабана сепаратора.

В процессе сепарирования молоко проходит через центральную трубку барабана сепаратора и из отверстия в трубке попадает в каналы тарелкодержателя, затем в отверстия пакета тарелок и далее движется вверх. По мере подъема оно растекается тонким слоем между тарелками, где под действием центробежной силы жировые шарики молока как более легкие продвигаются к оси вращения барабана, а обезжиренное молоко как более тяжелая фракция устремляется к периферии - к внутренней поверхности корпуса барабана. Под давлением новых порций молока, поступающего в барабан, обезжиренное молоко и сливки поднимаются вверх. Сливки собираются под верхней разделительной тарелкой и через отверстие выходят в сборник для сливок. Обезжиренное молоко проходит над верхней разделительной тарелкой и выводится через отверстие в корпусе барабана сепаратора.

Для регулирования жирности сливок на их выходе, в верхней части разделительной тарелки, имеется регулировочный винт. Его вращением изменяют соотношение между количеством сливок и обезжиренного молока.

Ввинчивая винт внутрь, ближе к оси барабана, уменьшают выход сливок, следовательно, содержание в них жира увеличивается. При вывинчивании винта увеличивается выход сливок и снижается их жирность.

Полнота отделения сливок от молока в барабане сепаратора зависит от скорости вращения барабана, температуры и качества сепарируемого молока, скорости его поступления, величины жировых шариков и уровня установки барабана на веретене.

С увеличением числа оборотов барабана повышается центробежная сила и, следовательно, скорость движения жировых шариков. В результате более мелкие из них успевают попасть в поток сливок, и степень обезжиривания молока повышается.

Чем крупнее жировые шарики, тем лучше отделяется жир от плазмы молока.

Молоко загрязненное и с повышенной кислотностью имеет большую вязкость, а скорость выделения жировых шариков обратно пропорциональна вязкости молока. Кроме того, частички грязи и слизи оседают на поверхности тарелок и на внутренней поверхности крышки барабана сепаратора, что мешает движению молока и ухудшает обезжиривание. Поэтому сепарируемое молоко должно быть отфильтровано, а его кислотность не должна превышать 22 °Т.

В зависимости от условий сепарирования в обезжиренном молоке может остаться различное количество жира. При правильно проведенном процессе сепарирования в обезжиренном молоке должно оставаться не более 0,05 % жира. Значительно улучшается сепарирование с повышением температуры молока, что обусловлено уменьшением его вязкости.

В процессе сепарирования всегда происходят потери сырья, сливок и обезжиренного молока в виде остатков на тарелках барабана, посуде и т.д.

Размеры потерь характеризуют работу предприятия – чем совершеннее процесс, тем меньше потери.

Каждый студент самостоятельно, см. лабораторную работу №1 (ЛР №1), должен ознакомиться с правилами эксплуатации, устройством и принципами работы лабораторного сепаратора - сливоотделителя Ирид-50-12 (предназначенного для разделения цельного молока на сливки и обезжиренное молоко с одновременной очисткой их от загрязнений, оставшихся после процеживания). Особое внимание нужно обратить на основную рабочую часть сепаратора – барабан, устройство и назначение тарелок сепаратора.

Исследовать влияние температуры нагрева молока на степень обезжиривания (содержание жира в обезжиренном молоке). С этой целью сепарирование производят при температуре 15, 30 и 45 °С и постоянном притоке молока.

Исследовать влияние плотности исходного молока на степень обезжиривания.

4. Оборудование и материалы

Описание лабораторной установки.

Установка предназначена для изучения конструкции молочного сепаратора-сливоотделителя и процесса сепарирования. Общий вид установки представлен на рис. 2.1.

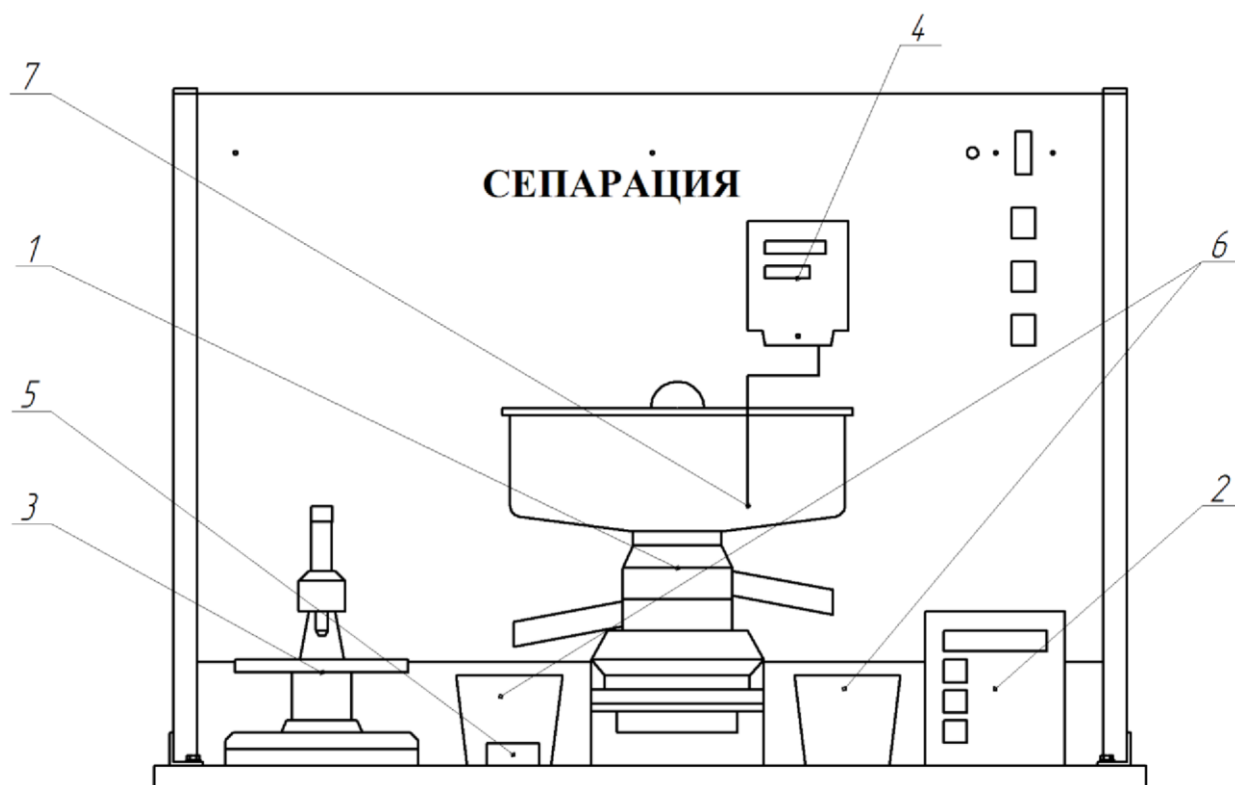


Рисунок 2.1 – Основной вид лабораторной установки: 1 – сепаратор, 2 – анализатор Лактан 1-4М, 3 – микроскоп, 4 -измеритель ТРМ 200, 5 – РНметр, 6 - емкости для сбора сливок и обраты, 7 – датчик температуры

В пробе исходного молока необходимо определить массовую долю жира, титруемую кислотность, плотность, температуру. Для проверки правильности сборки барабана сепаратора и его прогрева через сепаратор пропустить 2 – 3 л воды с температурой $40 \div 45$ °С. Для сепарирования использовать 1 л молока при каждой температуре.

Разделить молоко на 3 порции, каждую порцию подогреть до нужной температуры. Первоначально, просепарировать молоко, подогретое до 45 °С.

Первые порции просепарированного молока разбавлены водой, поэтому их нужно собрать в отдельную посуду (100 – 150 мл) и далее не использовать.

После окончания сепарирования необходимо отобрать среднюю пробу обезжиренного молока и определить в ней содержание жира. Аналогично поступить со следующими порциями молока, последовательно сепарируя их при температуре 30 и 15 °С.

5. Указания по технике безопасности

До проведения лабораторных работ на установках студенты обязательно должны пройти инструктаж по технике безопасности согласно инструкции, которая включает в себя основные положения, представленные в описании лабораторной работы №1.

6.Порядок выполнения работы

Последовательность выполнения работы.

1. Изучить методические указания, заготовить форму отчета в которую внести название и цель работы, основные сведения об изучаемых процессах, схему экспериментальной установки, таблицы записи результатов экспериментальных данных.
 2. Проверить настройки сепаратора, см. ЛРН№1.
 3. Включить питание установки с помощью автомата «Сеть 220 В».
 4. Подключить стенд к USB разъему компьютера.
 5. Запустить программу «Пуск→MeasLAB→Сепарирование».
 6. Исследовать пробу молока по показателям кислотность, плотность, массовая доля жира.
 7. Разделить молоко на 3 порции, подобрать для исследования требуемые значения плотности молока, добавляя крахмал, воду, обезжиренное молоко (увеличить или уменьшить плотность до требуемой величины).
 8. Провести сепарирование каждой порции молока при соответствующей температуре, результаты внести в табл. 2.1.
 9. Определить количество, массовую долю, кислотность, плотность в полученных сливках и обезжиренном молоке. Кислотность замеряется по РН-метром, а затем по табл. 2.3 переводится в градусы Тернера, °Т.
 10. Составить баланс сепарирования.
 11. По окончании работы все детали сепаратора промыть следующим образом:
 - вначале произвести споласкивание теплой водой;
 - затем помыть раствором кальцинированной соды (концентрация 0,5 %) при температуре 50 – 55 °С;
 - в заключении ополоснуть теплой водой и продезинфицировать хлорной водой (160 – 200 мг активного хлора в 1л) при температуре 50 – 55 °С.
- Обработка полученных результатов.**

По окончании сепарирования для каждой из температур (15, 30 или 45 °С – по указанию преподавателя) необходимо взвесить полученные сливки и обезжиренное молоко и определить в них содержание жира и теоретический выход сливок, которые рассчитывают по формуле:

$$B_T = (J_M - J_{OB}) / (J_{СЛ} - J_{OB}) \cdot 100, \quad (2.1)$$

где J_M – массовая доля жира в исходном молоке, %;
 J_{OB} – массовая доля жира в обезжиренном молоке (нормативная), %;
 $J_{СЛ}$ – массовая доля жира в сливках, %.

Фактический выход сливок рассчитывают по формуле:

$$B_F = (K_{СЛ} / K_M) \cdot 100, \quad (2.2)$$

где $K_{СЛ}$ – масса сливок, кг; K_M – масса молока, кг.

Фактические потери сливок определяют по формуле:

$$P_F = (B_T - B_F) \cdot 100 / B_T, \quad (2.3)$$

Следует сравнить фактические потери сливок с нормативными (0,42 %).
 Рассчитать степень использования жира, %:

$$a = (J_{СЛ} \cdot (J_M - J_{OB})) \cdot 100 / (J_M \cdot (J_{СЛ} - J_{OB})) = B_T \cdot (J_{СЛ} / J_M) \quad (2.4)$$

В полученных сливках и обезжиренном молоке определить следующие показатели: массовая доля жира, плотность, кислотность.

Массовую долю жира, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), плотность определяем с помощью анализатора качества молока «Лактан 1-4М» (Методика измерения основана на изменении параметров ультразвука в молоке в зависимости от температуры и состава молока.) Полученные результаты внести в табл. 2.2.

Таблица 2.1– Результаты измерений

№ опыта	Температура сепарирования молока, °С	Содержание жира в обезжиренном молоке, %
---------	--------------------------------------	--

1		
2		
3		
4		
5		
6		

Таблица 2.2 – Результаты измерений

Молоко		Сливки		Обезжиренное молоко		Потери сливок, %	Степень Исполни- вания жира, %
Масса, кг	Жир, %						

Таблица 2.3 - Соотношения кислотности в градусах Тернера и pH

Титруемая кислотность, в Т	Пределы pH, ед.
16	6.75-6.72
17	6.71-6.67
19	6.60-6.55
20	6.54-6.49
21	6.48-6.44
22	6.43-6.39
23	6.38-6.34
24	6.33-6.29
25	6.28-6.24
26	6.23-6.19
27	6.18-6.14

7.Содержание отчета

1. Схема установки.
2. Дать схему разделения молока на сливки и обезжиренное молоко в барабане сепаратора. Описать процесс сепарирования молока.
3. На основании полученных данных следует построить график, отражающий зависимость содержания жира в обезжиренном молоке от температуры сепарирования молока.
4. Сделать выводы о влиянии температуры молока на содержание жира в обезжиренном молоке и теоретически обосновать этот вывод.
5. Приложить расчеты по определению теоретического и фактического выхода сливок, фактических потерь сливок, сравнить их с допустимыми потерями и обосновать причины потерь.

8. Контрольные вопросы

1. Назначение процесса сепарирования в молочной промышленности.
2. Виды сепараторов.
3. Устройство, принцип работы сепаратора-сливкоотделителя.
4. Факторы, влияющие на степень обезжиривания молока. 5. Как составить баланс сепарирования.

9.Список используемых источников

Перечень основной литературы:

- 1.Вобликова Т. В., Шлыков С. Н. , Пермяков А. В. Процессы и аппараты пищевых производств: учебное пособие Ставрополь: Агрус, 2017, 212 с. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks, http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=277522&sr=1

Перечень дополнительной литературы:

1. Процессы и аппараты пищевых производств : учебник / А. Н. Остриков [и др.] ; ред. А. Н. Остриков. - СПб. : ГИОРД, 2012. - 616 с. : ил. - УМО. - Библиогр.: с. 613. - ISBN 978-5-98879-124-9,
2. Холодилин, А. Лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств» : учебное пособие / А. Холодилин, С.Ю. Соловых ; Министерство образования и науки Российской Федерации. - 2-е изд. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 142 с. : схем., табл., ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330536>

Определение линейных размеров микро-объектов в пищевой жидкости (на примере молока)

1 Цель работы - изучение методов исследования микрообъектов и определение количества и диаметра жировых шариков.

Задачи работы:

1. Определение цены деления окулярной сетки при различных увеличениях микроскопа.
2. Определение размеров жировых шариков молока и характеристика распределения их по размерам.

2. Формируемые компетенции

Код	Формулировка:
ОПК-3	Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов
ОПК-5	Способен организовывать и контролировать производство продукции питания

3. Теоретическая часть

Молоко – это типичная эмульсия жира в воде, которая при пониженных температурах переходит в суспензию.

Молочный жир находится в плазме молока в виде жировых шариков, окруженных защитными пленками – лецитино-белковыми оболочками. Размеры и количество жировых шариков в молоке непостоянны и зависят от породы животных, стадии лактации, кормления и других факторов. В 1 см³ молока содержится около 2,3 млрд жировых шариков. Их средний диаметр равен 2,5 мкм с колебаниями от 0,1 до 10 мкм. Размеры жировых шариков имеют практическое значение, так как определяют степень перехода жира в продукт при производстве сливок, масла, сыра, творога.

4. Оборудование и материалы

1. Микроскоп биологический.
2. Окулярная сетка (окулярмикрометр).
3. Объектмикрометр.(в качестве окулярной сетки и объектмикрометра можно использовать камеру Горяева)
4. Предметные и покровные стекла.

5. Пипетка на 1 мл.
6. Мерная колба на 100 мл.
7. Молоко свежее пастеризованное, дистиллированная вода.

5. Указания по технике безопасности

До проведения лабораторных работ на установках студенты обязательно должны пройти инструктаж по технике безопасности согласно инструкции, которая включает в себя основные положения, представленные в описании лабораторной работы №1.

6.Порядок выполнения работы

Определение цены деления окулярной сетки при различных увеличениях микроскопа

1. На предметный столик микроскопа поместить объектмикрометр таким образом, чтобы его линейка, нанесенная в центре круглого станда, совпала с оптической осью микроскопа. Так как саму линейку объектмикрометра рассмотреть невооруженным глазом трудно, то точно разместить ее на предметном столике микроскопа можно, применив слабый объектив.

2. Получив четкое изображение линейки объектмикрометра при малом увеличении, нужно, не изменяя ее положения на предметном столике микроскопа, установить требуемый объектив и снова настроить микроскоп на четкое изображение линейки. Если используют иммерсионные объективы, то на поверхность объектмикрометра нужно поместить каплю соответствующей иммерсии(кедровое или иммерсионное масло).

Линейка объектмикрометра должна быть закреплена на предметном столике пружинными зажимами, а перемещение ее в поле зрения микроскопа нужно производить с помощью винтов предметного столика.

3. Окулярную сетку, представляющую собой стеклянный кружок, на котором размещен квадрат, разделенный на 250 маленьких квадратиков, нужно поместить внутрь окуляра поверх диафрагмы поля, для чего сначала отвинтить оправу верхней линзы окуляра, положить сетку, а затем снова аккуратно привинтить оправу.

4. Если изображение сетки в окуляре будет нечетким, а буквенные и цифровые индексы делений сетки перевернутыми, то операцию необходимо повторить и повернуть сетку другой стороной.

5. Окуляр с сеткой вложить в тубус микроскопа и настроить так, чтобы одновременно видеть четкие изображения делений объектмикрометра и окулярной сетки.

6.С помощью винтов предметного столика сместить изображение линейки в верхнюю или нижнюю часть поля так, чтобы деления линейки выступали за край квадрата окулярной сетки (рис. 3.1)

7.После этого нужно выбрать отрезок длиной l на линейке объектмикрометра, целое число делений которого совпадало бы с целым числом делений (квадратиков) окулярной сетки.

8.Подсчитать число делений объектмикрометра a и сетки b , уместающихся на отрезке l , вычислить цену деления.

9 После определения цены деления окулярной сетки объектмикрометр нужно снять с предметного столика, удалить иммерсию с поверхности микрометра и фронтальной линзы объектива, если она применялась, и уложить объектмикрометр в футляр.

Полученные значения цены деления окулярной сетки соответствуют только тем увеличениям микроскопа, при которых они были определены.

Обработка полученных результатов.

. Цену деления X окулярной сетки вычислить по формуле, мкм

$$X = \frac{a * 10}{b} \quad (3.1)$$

где a – число делений объектмикрометра; b

– число делений окулярной сетки;

10 – цена деления объектмикрометра (0,01 мм), мкм.



Рисунок – 3.1 Совмещение линий объектмикрометра и делений окулярной сетки.

В примере, изображенном на рис. 3.1, $a = 16$, $b = 4$, $X = 40$ мкм.

Следовательно, если микрообъект размещен в пределах одного квадрата окулярной сетки, то действительный размер его поперечника составляет 40 мкм.22

Таким же образом можно определить цену деления окулярной сетки при другом увеличении микроскопа. Результаты измерений, повторенных трижды, сводят в таблицу следующей формы (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Результаты измерений

Определяемые величины	Результаты измерений		
	1	2	3
Собственное увеличение объектива			
Собственное увеличение окуляра			
Применяемая иммерсия			
Общее увеличение микроскопа			
Число делений объектмикрометра, а			
Число делений окулярной сетки, b			
Цена деления окулярной сетки, X			

Определение размеров жировых шариков молока и характеристика распределения их по размерам

1. В мерной колбе разбавить молоко водой в соотношении 1:100 (1 мл молока и 99 мл воды).

2. Поместить одну каплю разведенного молока на предметное стекло (камеру Горяева) и накрыть покровным стеклом.

3. Жировые шарики молока рассматривать при увеличениях, для которых определена цена деления окулярной сетки (280х, 400х или 600х).

4. Подсчитать количество и определить диаметр шариков на площади, ограниченной размерами окулярной сетки.

Обработка полученных результатов.

Жировые шарики относятся: с диаметром 2 мкм и менее – к мелким; от 2 до 6 мкм – к средним; 6 мкм и более – к крупным.

Такой подсчет следует произвести не менее чем в 10 полях зрения. Результаты наблюдения свести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты измерений

Поля зрения	Количество жировых шариков с диаметром			Общее число шариков
	до 2 мкм	от 2 до 6 мкм	6 мкм и более	
1				
2				
3				
4				

Всего				
В % к общему числу				

Итоговые результаты использовать для построения графика. По оси ординат отложить количество жировых шариков каждого размера в процентах к общему их количеству, которое принимается за 100 %. По оси абсцисс отложить размеры жировых шариков. Полученные точки соединить плавной кривой, характеризующей дисперсность эмульсии жира в молоке. Подобным образом можно определять размеры жировых шариков в восстановленном сухом молоке, детских молочных смесях и других жидких молочных продуктах.

Для получения более точной характеристики дисперсности жировых шариков молока нужно сузить пределы измерений до 1 мкм.

7.Содержание отчета

1. Краткое описание методики и порядок выполнения работы.
2. Результаты измерений и расчеты.
3. График зависимости изменения количества и размеров жировых шариков.
4. Анализ результатов проведенных экспериментов и выводы.

8. Контрольные вопросы

1. Каковы размеры жировых шариков и от чего они зависят?
2. Какое влияние оказывает количество и размера жировых шариков на качество молочных продуктов?
3. Как определить размеры жировых шариков? 4. Как определить цену деления окулярной сетки?

9.Список используемых источников

Перечень основной литературы:

- 1.Вобликова Т. В., Шлыков С. Н. , Пермяков А. В. Процессы и аппараты пищевых производств: учебное пособие Ставрополь: Агрус, 2017, 212 с. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks, http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=277522&sr=1

Перечень дополнительной литературы:

1. Процессы и аппараты пищевых производств : учебник / А. Н. Остриков [и др.] ; ред. А. Н. Остриков. - СПб. : ГИОРД, 2012. - 616 с. : ил. - УМО. - Библиогр.: с. 613. - ISBN 978-5-98879-124-9,
2. Холодили́н, А. Лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств» : учебное пособие / А. Холодили́н, С.Ю. Соловых ; Министерство образования и науки Российской Федерации. - 2-е изд. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 142 с. : схем., табл., ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330536>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Определение количества микро-объектов в пищевой жидкости (на примере молока) с помощью камеры Горяева

1 Цель работы - определение количества жировых шариков в единице объема молока (мм^3 , см^3).

Задачи работы:

1. Приобретение практических навыков работы с микроскопом.
2. Освоение методики экспериментального исследования.
3. Определение количества жировых шариков в молоке.

2. Формируемые компетенции

Код	Формулировка:
ОПК-3	Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов
ОПК-5	Способен организовывать и контролировать производство продукции питания

3. Теоретическая часть

Эффект сепарирования даже при правильно установленном и отрегулированном сепараторе зависит от целого ряда факторов: размера и количества жировых шариков, чистоты, свежести и температуры молока, интенсивности его поступления и др. Предварительная обработка, охлаждение, подогревание, пастеризация молока и механические воздействия на него(перекачивание насосами) отрицательно влияют на степень обезжиривания, что следует учитывать при организации переработки молока.

Рассмотрим метод определения количества жировых шариков с помощью камеры Горяева.

Камера Горяева представляет собой толстое предметное стекло, на котором отшлифованы три площадки. Средняя площадка на 0,1 мм ниже, чем боковые (рис. 4.1). Кроме того, она разделена каналом на две одинаковые половинки. Вертикальными и горизонтальными линиями площадка разделена на 25 крупных квадратов, в каждом из которых имеется, в свою очередь, 16 мелких. Площадь каждого квадрата (рис. 4.2) со стороной $1/20$ мм равна $1/400$ мм, глубина – 0,1 мм, тогда объем молока в этом квадратике составляет:

Рассматривая камеру Горяева под различным углом зрения, можно различить среднюю площадку с нанесенной сеткой.

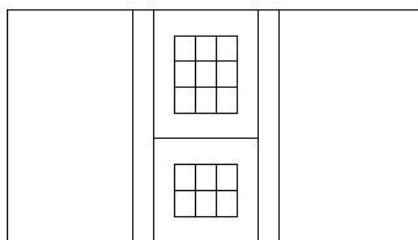


Рисунок 4.1 Камера Горяева

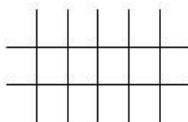


Рисунок 4.2 Счётная сетка камеры Горяева

4. Оборудование и материалы

1. Микроскоп биологический.
2. Счетная камера Горяева.
3. Мерная колба на 100 мл, пипетка на 1 мл.
4. Покровные стекла.
5. Спирт этиловый (ректификат).
6. Глазная пипетка. 7. Марля, фланель.

5. Указания по технике безопасности

До проведения лабораторных работ на установках студенты обязательно должны пройти инструктаж по технике безопасности согласно инструкции, которая включает в себя основные положения, представленные в описании лабораторной работы №1.

6.Порядок выполнения работы

- 1.Молоко предварительно развести водой в 100 раз (к 1 мл молока добавить 99 мл воды) и тщательно перемешать.
- 2.Одну каплю разведенного молока поместить в центр счетной камеры и покрыть покровным стеклом, слегка прижав его края (а не середину).
- 3.Оставить в покое на 5 – 10 мин.
- 4.Положить камеру Горяева на предметный столик микроскопа, расположив центр сетки как можно ближе к оптической оси микроскопа, предварительно закрепив ее зажимом на (56 х , 80 х или 120 х), а затем при рабочем увеличении,(280х, 400х или 600х).
- 5.Настроить микроскоп на четкое изображение жировых шариков и сетки камеры.
6. Подсчитать количество жировых шариков в пяти больших квадратах (или 80 малых), расположенных в различных частях препарата. При этом если шарик большей своей частью лежит вне границ квадрата, то его не считают.

Обработка полученных результатов.

Количество шариков, подсчитанное в пяти больших квадратах, суммируют, вычисляют их среднее количество X , которое содержится в 1 мм³ молока, учитывая степень разведения, по формуле:

$$X = \frac{10^5 \cdot 100 \cdot M}{25 \cdot 80} \quad (4.2)$$

где M – количество жировых шариков в 80 квадратах;

100 – степень разведения;

80 – количество квадратов, в которых проведен подсчет количества жировых шариков;

$25 \cdot 10^{-5}$ – емкость квадрата, мм³ .

Для более точного определения количества жировых шариков в молоке подсчет производят 2-3 раза, заправляя каждый раз камеру Горяева новой каплей молока той же пробы (представить среднее арифметическое значение

полученных величин). После выполнения работы необходимо протереть камеру.

Горяева чистой фланелью, а затем спиртом (ректификатом). Все полученные данные внести в табл. 4.1 и сделать общие выводы.

Таблица 4.1 – Полученные данные и измерения

№ опыта	Количество жировых шариков							
	в квадратах					всего	в 1мм ³ молока	в 1 мл молока
	1	2	3	4	5			
1								
2								
3								
Средняя								
величина								

7.Содержание отчета

1. Краткое описание методики и порядок выполнения работы.
2. Результаты измерений и расчеты. 3. Анализ результатов проведенных экспериментов и выводы.

8. Контрольные вопросы

1. Как определить количество жировых шариков в молоке?
2. Какие приборы и устройства необходимы для определения количества жировых шариков?
3. Факторы, влияющие на степень обезжиривания молока?
4. Какова допустимая норма содержания жира в обезжиренном молоке и каковы допустимые потери жира при сепарировании?

9.Список используемых источников Перечень

основной литературы:

- 1.Вобликова Т. В., Шлыков С. Н. , Пермяков А. В. Процессы и аппараты пищевых производств: учебное пособие Ставрополь: Агрус, 2017, 212 с. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks, http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=277522&sr=1

Перечень дополнительной литературы:

1. Процессы и аппараты пищевых производств : учебник / А. Н. Остриков [и др.] ; ред. А. Н. Остриков. - СПб. : ГИОРД, 2012. - 616 с. : ил. - УМО. - Библиогр.: с. 613. - ISBN 978-5-98879-124-9,
2. Холодидин, А. Лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств» : учебное пособие / А. Холодидин, С.Ю. Соловых ; Министерство образования и науки Российской Федерации. - 2-е изд. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 142 с. : схем., табл., ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330536>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Изучение процесса нагрева воды с помощью теплообменника

1 Цель работы – изучить процесс нагрева воды с помощью теплообменника

2. Формируемые компетенции

Код	Формулировка:
ОПК-2	способностью разрабатывать мероприятия по совершенствованию технологических процессов производства продуктов питания из растительного сырья
ПК-1	способностью определять и анализировать свойства сырья и полуфабрикатов, влияющие на оптимизацию технологического процесса и качество готовой
	продукции, ресурсосбережение, эффективность и надежность процессов производства
ПК-2	способностью владеть прогрессивными методами подбора и эксплуатации технологического оборудования при производстве продуктов питания из растительного сырья
ПК-7	способностью осуществлять управление действующими технологическими линиями (процессами) и выявлять объекты для улучшения технологии пищевых производств из растительного сырья
ПК-13	способностью изучать и анализировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования

3. Теоретическая часть

В прямоточном теплообменнике теплоносители движутся параллельно друг другу в одном направлении. При значительном изменении температуры теплоносителей располагаемая разность температур в прямоточных теплообменных аппаратах (ТА) используется плохо. В этом случае, если эффективность передачи теплоты является определяющим фактором при проектировании, такого типа ТА не применяют. Однако

температура теплопередающей стенки в таких ТА оказывается более однородной, чем при противотоке.

В зависимости от взаимного направления потоков теплоносителей различают схемы (рис. 5.1): прямоток, противоток, перекрестный ток, смешанный ток, а также сложные схемы тока.

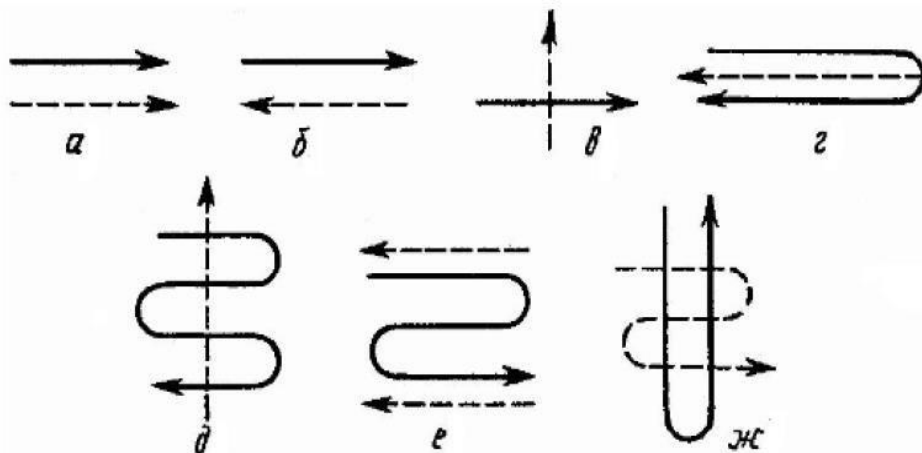


Рисунок – 5.1. Схемы тока теплоносителей:

а – прямоток; *б* – противоток; *в* – перекрестный ток;
г – смешанный ток; *д* – многократный перекрестный ток; *е, ж* –
 сложные схемы

Следует подчеркнуть, что перечисленные схемы теплоносителей представляют собой некую идеализацию реальных ситуаций. На практике никогда нельзя достигнуть течения теплоносителя, совпадающего с идеальным вариантом.

В противоточных ТА два теплоносителя движутся параллельно друг другу, но в противоположных направлениях (см. рис. 5.1, б). Противоточные ТА наиболее эффективны: они обеспечивают наилучшее использование располагаемой разности температур; в них также может быть достигнуто наибольшее изменение температуры каждого носителя. Прямоточная схема (см.рис.5.1, а), как правило, наименее эффективна. В ТА перекрестного тока два теплоносителя движутся под прямым углом друг к другу (см. рис. 5.1, в). Например, первый поток может течь внутри труб, собранных в пучок, тогда как второй поток может двигаться в пространстве между трубами в направлении, в целом перпендикулярном оси этих труб. По эффективности эти ТА занимают промежуточное положение между ТА с прямотоком и ТА с противотоком. Исходя из практических соображений, связанных с подачей теплоносителей к поверхностям теплообмена, то такие ТА сконструировать проще, чем указанные выше.

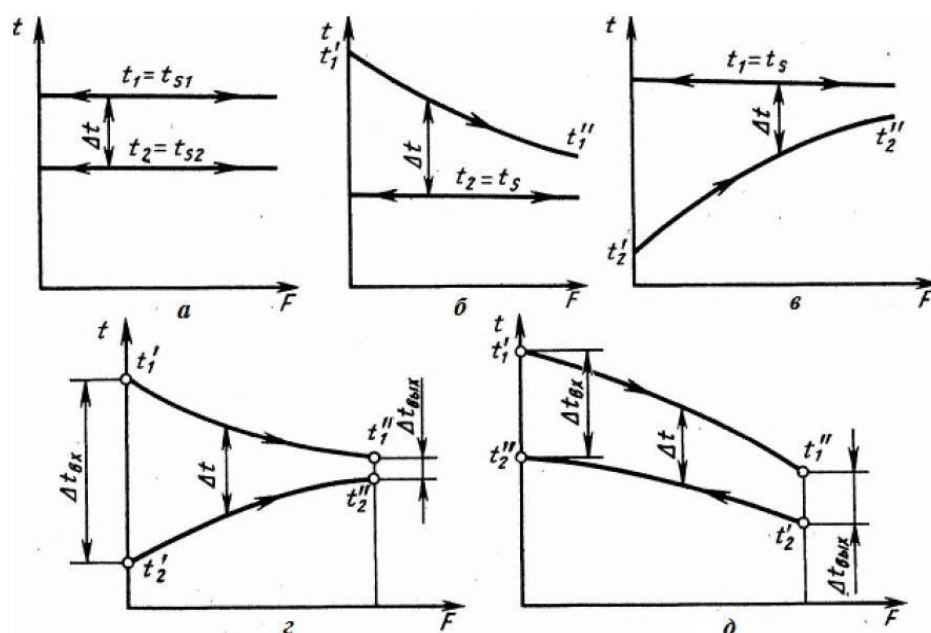


Рисунок – 5.2. Изменение температуры теплоносителей в рекуперативном ТА: а – при фазовых превращениях обоих теплоносителей (конденсация одного, испарение другого); б – при испарении нагреваемого теплоносителя; в – при конденсации греющего теплоносителя; г – при прямоточном движении теплоносителей без фазовых превращений; д – при противоточном движении теплоносителей без фазовых превращений

Теплообменники со смешанным током (см. рис. 5.1, г) и с многократным перекрестным током (см. рис. 5.1, д) можно рассматривать как компромиссный вариант между требованием высокой эффективности аппарата и простотой конструкции. Чем больше число ходов в таком теплообменнике, тем ближе он по экономичности к противоточному варианту. Также встречаются и более сложные схемы движения теплоносителей (см. рис. 5.1, е, ж).

Схемы однократного и многократного перекрестного тока можно подразделить на три группы в зависимости от наличия градиента температуры теплоносителя в сечениях ТА, нормальных к направлению движения теплоносителя. Если, например, жидкость протекает внутри труб, а газ движется перпендикулярно к трубному пучку и может свободно перемешиваться в межтрубном пространстве, то его температура в сечении, нормальном к направлению движения, выравнивается. Поскольку жидкость проходит внутри труб отдельными не перемешиваемыми между собой потоками, в сечении пучка всегда имеет место градиент температур. В рассмотренном примере газообразный теплоноситель считается идеально перемешанным, а жидкость внутри труб абсолютно не перемешанной. С этой

точки зрения возможны следующие случаи: оба теплоносителя идеально перемешаны и градиенты их температур в поперечном сечении равны нулю; один из теплоносителей идеально перемешан, а другой абсолютно не перемешан; оба теплоносителя абсолютно не перемешаны.

Характер изменения температур теплоносителей в рекуперативных ТА зависит от фазовых превращений в теплоносителях и от схемы их тока (рис. 5.2): постоянная температура (t_1 и t_2) обоих теплоносителей, равная температуре t_{s1} и t_{s2} (см. рис. 5.2, а), например, конденсаторы испарители индивидуальных веществ; постоянная температура одного теплоносителя (см.рис. 5.2, б, в), например конденсаторы и испарители индивидуальных веществ; переменная температура обоих теплоносителей (см. рис. 5.2, г, д).

В регенеративных ТА, где греющий и нагреваемый теплоносители проходят через насадку поочередно, реализуются две схемы движения – прямоток и противоток. Эффективность аппарата при противотоке теплоносителей выше, чем при прямотоке.

4. Оборудование и материалы Техническое описание стенда



Рисунок 5.3 – Внешний вид стенда



Рисунок 5.4 - Блок управления стендовым оборудованием.

Стенд включает в себя:

- блок управления стендовым оборудованием (рис.5.4):
автомат «Сеть» для включения/отключения питания стенда;
переключатель «Вкл» для включения/отключения питания ЖК дисплея «отображение данных»;
ЖК дисплей «отображение данных», регистрирующий показания всех измерительных устройств стенда;
переключатели «Насос 1» и «Насос 2» для запуска/остановки циркуляционных насосов.
- автомат «Котел» для запуска/остановки нагрева жидкости в котле;
- бак для воды;
- циркуляционные насосы Н-1 и Н-2 для осуществления циркуляции горячего и холодного теплоносителя в системе. Они оборудованы регулятором мощности, с помощью которого при необходимости можно изменять производительность насосов;
- расходомеры Q-1 и Q-2 для определения расхода горячего и холодного теплоносителя;
- теплообменный аппарат «Пластинчатый теплообменник»;
- группу безопасности;
- фильтр;
- датчики температуры и шаровые краны для изменения направления течения воды. Схема стенда представлена на рис.5.5.

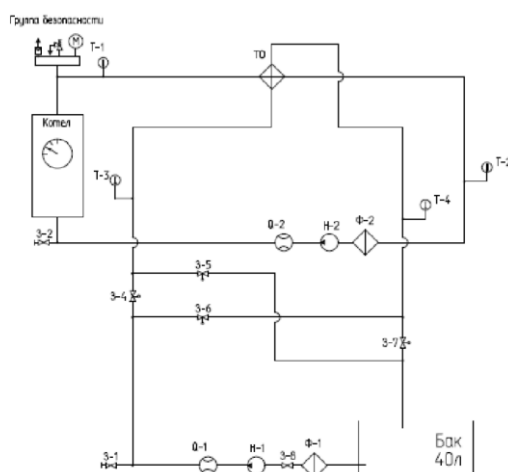


Рисунок 5.5 - Схема стенда

5. Указания по технике безопасности

До проведения лабораторных работ на установках студенты обязательно должны пройти инструктаж по технике безопасности согласно инструкции, которая включает в себя основные положения, представленные в описании лабораторной работы №1.

6.Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите описание лабораторного оборудования;
2. Проверьте готовность стенда к работе согласно пункту 6;
3. Подключите стенд к шине защитного заземления;
4. Включить оборудование в сеть 220 В, 50 Гц;
5. Включить автомат Сеть. Красная лампа сигнализирует о наличии напряжения;
6. Используя кнопочный пост управления, включите питание оборудования;
7. Все краны должны быть закрыты;
8. Открываем краны 3-8;
9. Запускаем насос Н-2 одноименным автоматом;
10. Включить котел одноименным автоматом.
11. Настроить температуру на котле до 60° С по указанию преподавателя.
12. Вода начинает циркулировать в системе. Расход воды определяется с помощью расходомера Q-2;
13. Включите насос Н-1, используя переключатель «Насос 1». Холодный теплоноситель начнет циркулировать в системе, об этом свидетельствуют показания расходомера Q-1. Наблюдайте за изменением показаний датчиков температур на входе и выходе из теплообменного аппарата холодного и горячего теплоносителя (Т-1 и Т-2 соответственно температура горячего теплоносителя на входе и выходе из теплообменного аппарата (ТОА), Т-3 и Т-4 – температуры холодного теплоносителя на входе и выходе из ТОА). Горячий теплоноситель, контактируя со стенкой, выполненной из меди, отдает часть своего тепла через нее холодному теплоносителю. Тот, в свою очередь, нагревается. Эффективность процесса передачи теплоты зависит от материалов, из которых выполнена контактная стенка, а также ее площади. Медь обладает одним из наивысших значений коэффициента теплопроводности;
14. Приготовьте секундомер;
15. Запишите начальные показания энергии, включите секундомер.

16. Наблюдайте процесс нагрева воды в течении 3 и более минут.
17. Выключите секундомер, запишите конечные показания энергии.
18. При необходимости занесите показания датчиков температур и расходов в таблицу после стабилизации процесса теплопередачи;
19. Выключите насосы Н-1 и Н-2, а также котел.
20. Отключите питание оборудования и стенда;
21. Наведите порядок на рабочем месте;

Обработка полученных результатов

1. По таблицам 7.1 и 7.2 определите плотность и теплоемкость воды;
2. По формуле 7.2 определите массовый расход горячего и холодного теплоносителя;
3. По формуле 7.3 определите тепловой поток.
4. Посчитайте количество энергии, затраченное котлом.

Таблица 5.1 Таблица результатов эксперимента

№ п/п	Q-1, л/мин	Q-2, л/мин	T-1, °C	T-2, °C	T-3, °C	T-4, °C
1						
2						
3						

№ п/п	$\rho_{\text{г}}, \text{кг/м}^3$	$\rho_{\text{х}}, \text{кг/м}^3$	$c_{\text{г}}, \text{Дж/кг}$	$c_{\text{х}}, \text{Дж/кг}$	Q, Вт	Q _{кот} , Вт
1						
2						
3						

7.Содержание отчета

1. Краткое описание работы установки.
2. Схема установки.
3. Результаты измерений.

8.Контрольные вопросы

- 1.Приведите схемы тока теплоносителей.

2. Покажите изменение температуры теплоносителей в рекуперативном теплообменнике.

3. Эффективность аппарата при противотоке теплоносителей выше или ниже, чем при прямотоке?

4. От чего зависит характер изменения температур теплоносителей в рекуперативных теплообменниках?

5. Эффективность аппарата при противотоке теплоносителей выше, чем при прямотоке?

9. Список используемых источников

Перечень основной литературы:

1. Вобликова Т. В., Шлыков С. Н., Пермьяков А. В. Процессы и аппараты пищевых производств: учебное пособие Ставрополь: Агрус, 2017, 212 с.

Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks, http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=277522&sr=1

Перечень дополнительной литературы:

1. Процессы и аппараты пищевых производств : учебник / А. Н. Остриков [и др.] ; ред. А. Н. Остриков. - СПб. : ГИОРД, 2012. - 616 с. : ил. - УМО. - Библиогр.: с. 613. - ISBN 978-5-98879-124-9,

2. Холодилин, А. Лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств» : учебное пособие / А. Холодилин, С.Ю. Соловых ; Министерство образования и науки Российской Федерации. -

2-е изд. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 142 с. : схем., табл., ил. ; То же

[Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330536>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Определение коэффициента теплопередачи при движении жидкости в трубе при различных скоростях течения.

1 Цель работы - определить коэффициента теплопередачи при движении жидкости в трубе при различных скоростях течения.

2. Формируемые компетенции

Код	Формулировка:
ОПК-3	Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов
ОПК-5	Способен организовывать и контролировать производство продукции питания

3. Теоретическая часть

Теплообменным аппаратом называется любое устройство, в котором осуществляется процесс передачи тепла от одной среды (горячего теплоносителя) к другой (холодному теплоносителю). В качестве теплоносителей в теплообменных аппаратах (теплообменниках) используются разнообразные жидкости, газы, пары в широком диапазоне давлений и температур.

По принципу действия теплообменные аппараты делятся на поверхностные и смесительные. В поверхностных аппаратах передача тепла от одного теплоносителя к другому осуществляется с участием твёрдой стенки. Поверхностные теплообменные аппараты, в свою очередь, подразделяются на рекуперативные и регенеративные.

В рекуперативных аппаратах тепло от одного теплоносителя к другому передаётся через разделяющую их стенку. Примером таких аппаратов являются паровые котлы, подогреватели, конденсаторы, приборы центрального отопления и т.п.

В регенеративных аппаратах теплоносители попеременно соприкасаются с одной и той же поверхностью нагрева, которая сначала нагревается, аккумулируя тепло горячего теплоносителя, а затем охлаждается, отдавая тепло холодному теплоносителю. К таким аппаратам относятся регенераторы мартеновских и сталеплавильных печей, воздухоподогреватели доменных печей.

В смесительных теплообменных аппаратах теплообмен осуществляется путём непосредственного контакта и смешения жидких и газообразных теплоносителей. В этом случае передача тепла часто сопровождается массопередачей. Такими аппаратами являются башенные охладители (градирни), скрубберы и др.

В теплообменных аппаратах движение теплоносителей осуществляется по трём основным схемам. Если направление горячего и холодного теплоносителей совпадает, такая схема движения называется прямоточной. Если направление их движения противоположно – противоточной. В случае,

когда направления движения пересекается, схема движения называется поперечным током.

Наиболее распространённым типом рекуперативных теплообменных аппаратов являются кожухотрубные теплообменники. Они имеют развитую поверхность нагрева и применяются для нагрева или охлаждения жидкостей и газов.



Рисунок – 6.1. Теплообменный аппарат типа «Пластинчатый теплообменник»

Пластинчатые теплообменники (рис. 6.1) обычно состояются из нескольких секций и используются преимущественно при невысоких скоростях потоков и высоких температурах и давлениях из-за сравнительно небольших диаметров труб.

Преимущества пластинчатых теплообменников:

- простота обслуживания, В тех случаях, когда происходит засорение данного агрегата, необходимо разобрать устройство и тщательно промыть его. После этого его следует просушить и собрать. При этом для данной процедуры не потребуются какие-то большие физические или временные затраты;

- при использовании данного типа теплообменника можно наблюдать низкий уровень загрязняемости поверхности теплообмена. Это достигается за счёт высокой турбулентности потока жидкости, которая образуется рифлением. Кроме того, на данный фактор влияет также и то, что теплообменные пластины имеют качественную полировку.

- экономичность. Данный агрегат способен прослужить более 20 лет. При этом если в процессе потребуется провести замену пластин, то это легко можно сделать.

- объём такого типа теплообменника в любой момент можно увеличить или уменьшить. Всё, что для этого требуется, - только добавить нужное количество пластин или, наоборот, убрать их.

Недостатки этих теплообменников:

- Самым главным минусом пластинчатого теплообменника будет то, что если использовать некачественный теплоноситель, то устройство в скором времени загрязнится;

Существует два вида теплового расчёта теплообменных аппаратов: конструкторский (проектный) и поверочный.

Конструкторский расчёт производят при проектировании теплообменного аппарата, когда заданы расходы теплоносителей и их параметры на входе и выходе из теплообменного аппарата. Целью конструкторского расчёта является определение величины поверхности теплообмена выбранного типа теплообменного аппарата.

Поверочные тепловые расчёты выполняют при выявлении возможности использования готовых или стандартных теплообменных аппаратов для тех или иных целей.

Несмотря на большое разнообразие теплообменных аппаратов по назначению, конструкции, схеме движения теплоносителей, основные положения теплового расчёта, остаются общими.

Тепловой расчёт теплообменных аппаратов сводится к совместному решению уравнений теплового баланса и теплопередачи.

Тепловой поток Q , необходимый для нагревания одного теплоносителя за счёт охлаждения другого, определяется по изменению энтальпии:

$$Q = M_1 h_{1'} - M_1 h_{1''} = M_2 h_{2'} - M_2 h_{2''} \quad (6.1)$$

где $h_{1'}$ и $h_{2'}$ – начальная и конечная энтальпии теплоносителей, Дж/кг; M_1 и M_2 – массовые расходы горячего и холодного теплоносителей, кг/с.

$$M = \rho V \quad (6.2)$$

где: V – объемный расход воды, м³/с;

ρ – плотность воды в зависимости от температуры, кг/м³.

Так как $h = c_{pm} t$, уравнение (1) можно записать как:

$$Q = M_1 \int_{t_1''}^{t_1'} c_{pm1} dt = M_2 \int_{t_2'}^{t_2''} c_{pm2} dt \quad (6.3)$$

где c_{pm} – удельная теплоёмкость теплоносителя в интервале температур от 0 до t , Дж/кг К.

Коэффициент теплопередачи k можно выразить из уравнения 6.4:

$$Q = K \Delta t F, \quad (6.4)$$

$$Q = K \cdot \pi \cdot \overline{\Delta t} \cdot l, \quad (6.4)$$

где: Q – тепловой поток;

Δt – средняя разность температур между теплоносителями или средний температурный напор, °С или К;

F – площадь поверхности нагрева теплообменного аппарата. Для данного теплообменника 0,14 м².

K – линейный коэффициент теплопередачи, Вт/(м К), определяется по формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}, \quad (6.5)$$

\

где: $\alpha_{1,2}$ – коэффициенты теплоотдачи холодного и горячего теплоносителя, Вт/(м² К);

Коэффициент теплоотдачи зависит от большого числа переменных – плотности, вязкости, теплоемкости, теплопроводности, скорости, геометрии потока, режима его движения. Это затрудняет определение численного значения α . В инженерных применяется теория подобия, с помощью которой множество влияющих на процесс параметров можно заменить некими безразмерными комплексами (критериями), составленными из этих параметров. В результате число переменных резко сокращается (критерий Рейнольдса Re, Нуссельта Nu, критерий Прандтля Pr и тп).

λ – коэффициент теплопроводности материала стенки, Вт/(м К); d

$d_{1,2}$ – наружный и внутренний диаметр стенки внутренней трубы, м.

В процессе эксплуатации на теплопередающей поверхности возможно отложение различного рода загрязнений (ржавчина, парафиновые соединения

и т.д.), которые ухудшат работу теплообменника. Поэтому в практике проектирования принято в формулу (5) вводить соответствующие слагаемые, учитывающие уменьшение со временем интенсивности передачи теплоты.

Характер сужения температур теплоносителей в теплообменнике зависит от схемы движения теплоносителей (рис. 6.2).

Численные значения средней разности температур между теплоносителями в случае противотока при одинаковых условиях больше, чем при прямотоке, поэтому аппараты с противотоком имеют меньшие размеры.

Средняя логарифмическая разность температур определяется из соотношения:

$$\bar{\Delta t} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}}, \quad (6.6)$$

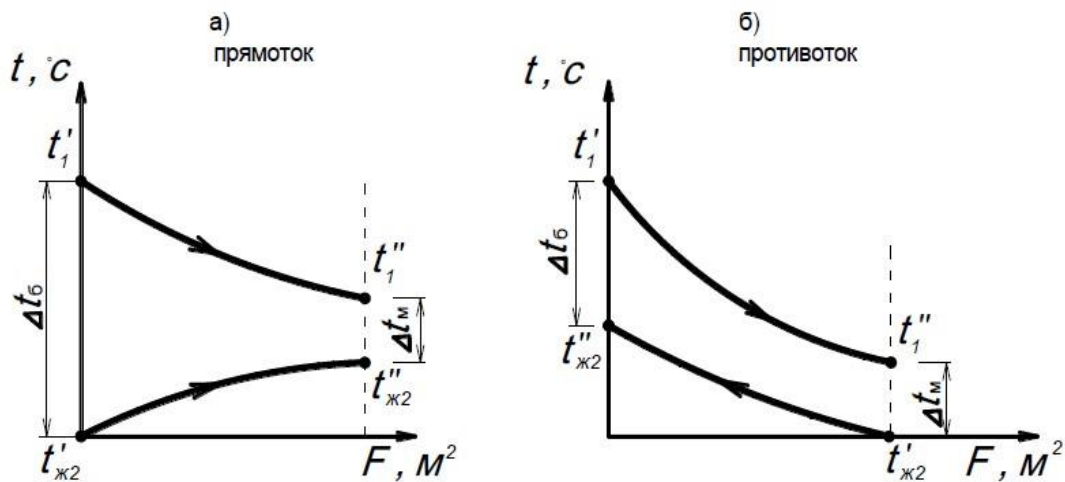


Рисунок 6.2. Схема изменения температуры теплоносителей:

а) прямоточного теплообменника;

б) противоточного теплообменника

где: $t'_1 \neq t'_{ж2}$ — большая разность температур между теплоносителями (рис. 6.2а);

$t'_1 \neq t''_{ж2}$ — большая разность температур между теплоносителями (рис.

6.2б); $t_1'' - t_{жс}''$ — меньшая разность температур между теплоносителями (рис. 6.2а);

$t_1'' - t_{жс}'$ — меньшая разность температур между теплоносителями (рис. 6.2б)

Плотность и средняя теплоемкость воды определяются по таблицам, приведенным ниже.

Таблица 6.1. Плотность воды в зависимости от температуры 3

Температура в °С	$\rho, 10^3 \text{ кг/м}^3$	Температура в °С	$\rho, 10 \text{ кг/м}^3$
-10	0,99815	17	0,99880
-9	0,99843	18	0,99862
-8	0,99869	19	0,99843
-7	0,99892	20	0,99823
-6	0,99912	21	0,99802
-5	0,99930	22	0,99780
-4	0,99945	23	0,99757
-3	0,99958	24	0,99732
-2	0,99970	25	0,99702
-1	0,99979	26	0,99681
0	0,99987	27	0,99652
1	0,99993	28	0,99622
2	0,99997	29	0,99592
3	0,99999	30	0,99561
4	1,00000	31	0,99521
5	0,99999	32	0,99479
6	0,99997	33	0,99436
7	0,99993	34	0,99394
8	0,99988	35	0,99350
10	0,99973	40	0,99118
11	0,99963	50	0,98804
12	0,99952	60	0,98318
13	0,99940	70	0,97771
14	0,99927	80	0,97269
15	0,99913	90	0,96534
16	0,99897		

Таблица 6.2. Теплоемкость воды в зависимости от температуры

Температура в °С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	4,2174	4,2138	4,2104	4,2074	4,2045	4,2021	4,1996	4,1974	4,1954	4,1936
10	4,1919	4,1904	4,1890	4,1877	4,1866	4,1855	4,1846	4,1837	4,1829	4,1822
20	4,1816	4,1810	4,1805	4,1801	4,1767	4,1793	4,1790	4,1787	4,1785	4,1783
30	4,1782	4,1781	4,1780	4,1780	4,1779	4,1779	4,1780	4,1780	4,1781	4,1782
40	4,1783	4,1784	4,1786	4,1788	4,1789	4,1792	4,1794	4,1796	4,1799	4,1801
50	4,1804	4,1807	4,1811	4,1814	4,1817	4,1821	4,1825	4,1829	4,1833	4,1837
60	4,1841	4,1846	4,1850	4,1855	4,1860	4,1865	4,1871	4,1876	4,1882	4,1887
70	4,1893	4,1899	4,1905	4,1912	4,1918	4,1925	4,1932	4,1939	4,1946	4,1954
80	4,1961	4,1969	4,1977	4,1985	4,1994	4,2002	4,2011	4,2020	4,2029	4,2039
90	4,2048	4,2058	4,2068	4,2078	4,2089	4,2100	4,2111	4,2122	4,2133	4,2145

Значения с даны в единицах $\text{дж/г} \cdot \text{град} \cdot \text{C}$

4. Оборудование и материалы Техническое описание стенда



Рисунок 6.3 – Внешний вид стенда



Рисунок 6.4 - Блок управления стендовым оборудованием.

Стенд включает в себя:

- блок управления стендовым оборудованием (рис.6.4):
автомат «Сеть» для включения/отключения питания стенда;
переключатель «Вкл» для включения/отключения питания ЖК
дисплея «отображение данных»;
ЖК дисплей «отображение данных», регистрирующий
показания всех измерительных устройств стенда; переключатели
«Насос 1» и «Насос 2» для запуска/остановки циркуляционных
насосов.
- автомат «Котел» для запуска/остановки нагрева жидкости в котле;
- бак для воды;
- циркуляционные насосы Н-1 и Н-2 для осуществления циркуляции
горячего и холодного теплоносителя в системе. Они оборудованы
регулятором мощности, с помощью которого при необходимости
можно изменять производительность насосов;
- расходомеры Q-1 и Q-2 для определения расхода горячего и
холодного теплоносителя;
- теплообменный аппарат «Пластинчатый теплообменник»;
- группу безопасности;
- фильтр;
- датчики температуры и шаровые краны для изменения
направления течения воды.

Схема стенда представлена на рис.6.5.

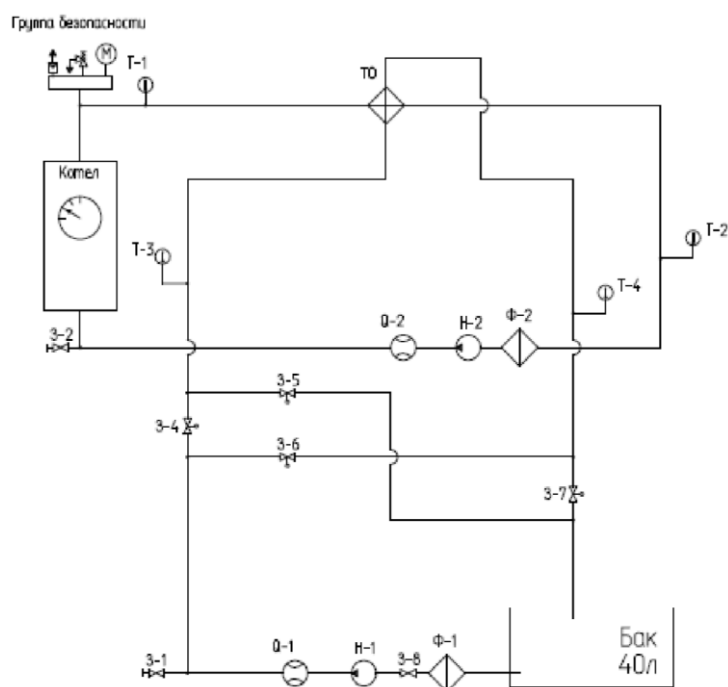


Рисунок 6.5 - Схема стенда

5. Указания по технике безопасности

До проведения лабораторных работ на установках студенты обязательно должны пройти инструктаж по технике безопасности согласно инструкции, которая включает в себя основные положения, представленные в описании лабораторной работы №1.

6. Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите описание лабораторного оборудования;
2. Проверьте готовность стенда к работе;
3. Подключите стенд к шине защитного заземления;
4. Включить оборудование в сеть 220 В, 50 Гц;
5. Включить автомат Сеть. Красная лампа сигнализирует о наличии напряжения;
6. Используя кнопочный пост управления включите питание оборудования;
7. Все краны должны быть закрыты;
8. Открываем кран 3-8;
9. Переводим тумблер в режим прямотока.
10. Запускаем насос Н-2 одноименным автоматом;
11. Включить котел одноименным автоматом.

12. Настроить температуру на котле до 60 °C по указанию преподавателя.

13. Дождитесь, пока котел прогреет теплоноситель до заданной температуры;

14. Вода начинает циркулировать в системе. Расход воды определяется с помощью расходомера Q-2. Установите переключатель мощности насоса в положение 2;

15. Включите насос Н-1, используя красный переключатель «Насос 1. Холодный теплоноситель начнет циркулировать в системе, об этом свидетельствуют показания расходомера Q-1. Занесите данные расходов и температур на входе и на выходе в таблицу (Т-1 и Т-2 соответственно температура горячего теплоносителя на входе и выходе из теплообменного аппарата (ТОА), Т-3 и Т-4 – температуры холодного теплоносителя на входе и выходе из ТОА);

16. Отключите насос Н-1. Дождитесь нагрева теплоносителя до установленной температуры и повторите эксперимент, изменив расход холодного и/или горячего теплоносителя. Для этого переведите регулятор мощности насоса в положение 2 или 1. Расход холодного или горячего теплоносителя в системе можно изменять как при помощи регулятора мощности насосов.

17. Для большей точности измерений съем показаний с датчиков необходимо проводить через 5-10 минут после изменений системы.

18. Выключите насосы Н-1 и Н-2, а также котел.

19. Отключите питание оборудования и стенда;

20. Наведите порядок на рабочем месте;

Обработка полученных результатов.

1. По таблицам 6.1 и 6.2 определите плотность и теплоемкость воды;

2. По формуле 2 определите массовый расход горячего и холодного теплоносителя;

3. По формулам 6.3, 6.4 и 6.6 определите тепловой поток и экспериментальный коэффициент теплопередачи;

4. Так как измерение объёмных расходов и температур потоков на входе в аппарат и выходе из него выполнено с некоторой погрешностью, то не следует ожидать точного совпадения Q1 и Q2.

Таблица 6.3 Таблица результатов эксперимента

№ п/п	Q-1, л/мин	Q-2, л/мин	T-1, °C	T-2, °C	T-3, °C	T-4, °C
----------	------------	------------	---------	---------	---------	---------

1						
2						
3						

Таблица 6.4 Таблица результатов эксперимента

№ п/п	ρ_{Γ} , кг/м ³	ρ_{χ} , кг/м ³	c_{Γ} , Дж/кг	c_{χ} , Дж/кг	Q, Вт	k , Вт/ (м ² К)
1						
2						
3						

7.Содержание отчета

1. Краткое описание работы установки.
2. Схема установки.
3. Результаты измерений.

8.Контрольные вопросы

1. По какой формуле определяют коэффициент теплопередачи?
2. От каких переменных зависит коэффициент теплоотдачи?
- 3.Расскажите о преимуществах пластинчатых теплообменников.
- 4.Приведите краткую классификацию теплообменников.
- 5 В каких случаях проводят конструкторский расчёт теплообменного аппарата?

9.Список используемых источников

Перечень основной литературы:

- 1.Вобликова Т. В., Шлыков С. Н. , Пермяков А. В. Процессы и аппараты пищевых производств: учебное пособие Ставрополь: Агрус, 2017, 212 с.
- Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks,
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=277522&sr=1

Перечень дополнительной литературы:

1. Процессы и аппараты пищевых производств : учебник / А. Н. Остриков [и др.] ; ред. А. Н. Остриков. - СПб. : ГИОРД, 2012. - 616 с. : ил. - УМО. - Библиогр.: с. 613. - ISBN 978-5-98879-124-9,

2. Холодили́н, А. Лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств» : учебное пособие / А. Холодили́н, С.Ю. Соловых ; Министерство образования и науки Российской Федерации. - 2-е изд. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 142 с. : схем., табл., ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330536>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Определение коэффициента теплопередач и передаваемой тепловой мощности теплообменника типа «пластинчатый теплообменник» при прямоточной схеме и при противоточной схеме

1 Цель работы - определить коэффициент теплопередач и передаваемой тепловой мощности теплообменника типа «пластинчатый теплообменник» при прямоточной схеме и при противоточной схеме. Задачи работы:

1. Закрепление сведений о физической сущности переноса тепла от горячего теплоносителя к холодному и анализ факторов, влияющих на оптимизацию этого процесса.
2. Определение коэффициентов теплоотдачи в рекуперативных теплообменниках при прямоточной и противоточной схемах движения теплоносителя.

2. Формируемые компетенции

Код	Формулировка:
ОПК-3	Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов
ОПК-5	Способен организовывать и контролировать производство продукции питания

3. Теоретическая часть

В прямоточном теплообменнике теплоносители движутся параллельно друг другу в одном направлении. При значительном изменении температуры теплоносителей располагаемая разность температур в прямоточных ТА используется плохо. В этом случае, если эффективность передачи теплоты является определяющим фактором при проектировании,

такого типа ТА не применяют. Однако температура теплопередающей стенки в таких ТА оказывается более однородной, чем при противотоке.

В зависимости от взаимного направления потоков теплоносителей различают схемы (рис. 7.1): прямоток, противоток, перекрестный ток, смешанный ток, а также сложные схемы тока.

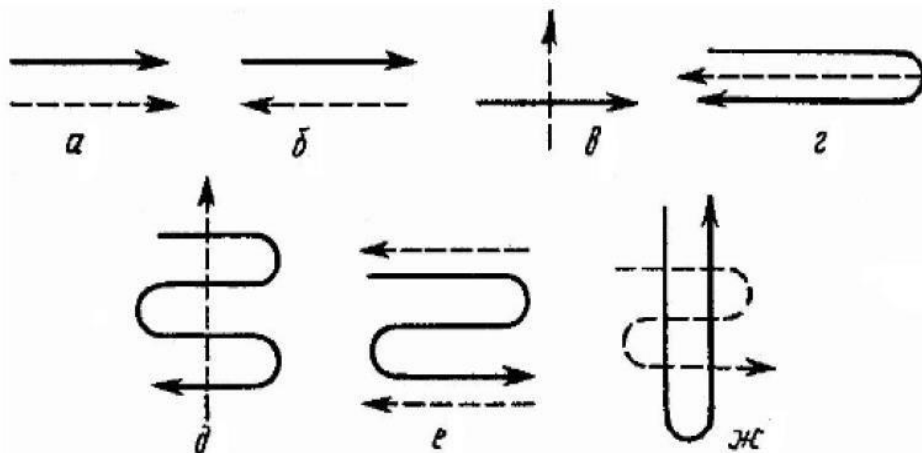


Рисунок – 7.1. Схемы тока теплоносителей:

а – прямоток; *б* – противоток; *в* – перекрестный ток;
г – смешанный ток; *д* – многократный перекрестный ток; *е, ж* – сложные схемы

Следует подчеркнуть, что перечисленные схемы теплоносителей представляют собой некую идеализацию реальных ситуаций. На практике никогда нельзя достигнуть течения теплоносителя, совпадающего с идеальным вариантом.

В противоточных ТА два теплоносителя движутся параллельно друг другу, но в противоположных направлениях (см. рис. 7.1, б). Противоточные ТА наиболее эффективны: они обеспечивают наилучшее использование располагаемой разности температур; в них также может быть достигнуто наибольшее изменение температуры каждого носителя. Прямоточная схема (см.рис.7.1, а), как правило, наименее эффективна. В ТА перекрестного тока два теплоносителя движутся под прямым углом друг к другу (см. рис. 7.1, в). Например, первый поток может течь внутри труб, собранных в пучок, тогда как второй поток может двигаться в пространстве между трубами в направлении, в целом перпендикулярном оси этих труб. По эффективности эти ТА занимают промежуточное положение между ТА с прямотоком и ТА с противотоком. Исходя из практических соображений, связанных с подачей теплоносителей к поверхностям теплообмена, то такие ТА сконструировать проще, чем указанные выше.

Теплообменники со смешанным током (см. рис. 7.1, г) и с многократным перекрестным током (см. рис. 7.1, д) можно рассматривать как компромиссный вариант между требованием высокой эффективности

аппарата и простотой конструкции. Чем больше число ходов в таком теплообменнике, тем ближе он по экономичности к противоточному варианту. Также встречаются и более сложные схемы движения теплоносителей (см. рис. 7.1, е, ж).

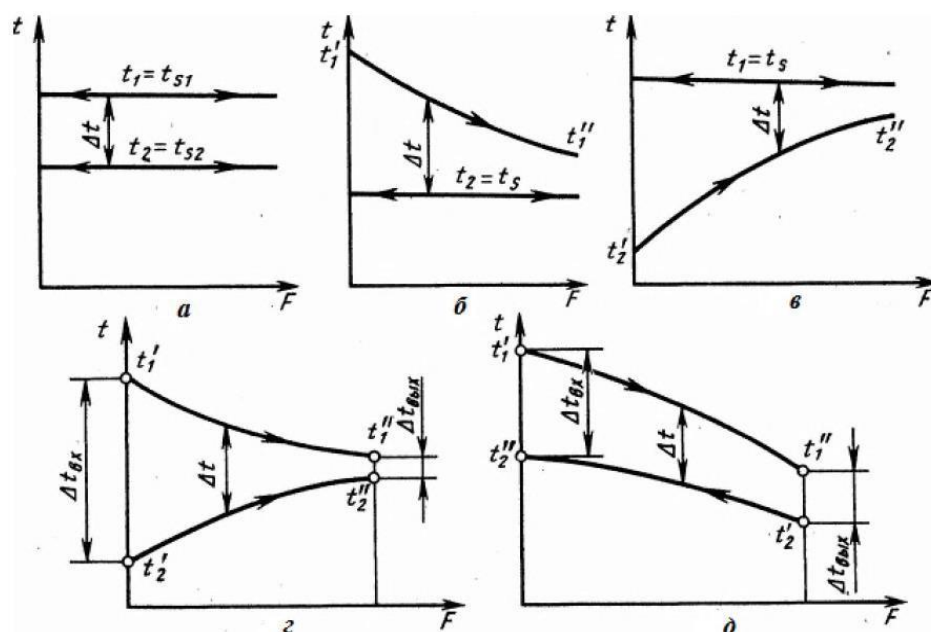


Рисунок – 7.2. Изменение температуры теплоносителей в рекуперативном ТА: а – при фазовых превращениях обоих теплоносителей (конденсация одного, испарение другого); б – при испарении нагреваемого теплоносителя; в – при конденсации греющего теплоносителя; г – при прямоточном движении теплоносителей без фазовых превращений; д – при противоточном движении теплоносителей без фазовых превращений

Схемы однократного и многократного перекрестного тока можно подразделить на три группы в зависимости от наличия градиента температуры теплоносителя в сечениях ТА, нормальных к направлению движения теплоносителя. Если, например, жидкость протекает внутри труб, а газ движется перпендикулярно к трубному пучку и может свободно перемешиваться в межтрубном пространстве, то его температура в сечении, нормальном к направлению движения, выравнивается. Поскольку жидкость проходит внутри труб отдельными не перемешиваемыми между собой потоками, в сечении пучка всегда имеет место градиент температур. В рассмотренном примере газообразный теплоноситель считается идеально перемешанным, а жидкость внутри труб абсолютно не перемешанной. С этой точки зрения возможны следующие случаи: оба теплоносителя идеально

перемешаны и градиенты их температур в поперечном сечении равны нулю; один из теплоносителей идеально перемешан, а другой абсолютно не перемешан; оба теплоносителя абсолютно не перемешаны.

Характер изменения температур теплоносителей в рекуперативных ТА зависит от фазовых превращений в теплоносителях и от схемы их тока (рис. 7.2): постоянная температура (t_1 и t_2) обоих теплоносителей, равная температуре t_{s1} и t_{s2} (см. рис. 7.2, а), например, конденсаторы испарители индивидуальных веществ; постоянная температура одного теплоносителя (см.рис. 7.2, б, в), например конденсаторы и испарители индивидуальных веществ; переменная температура обоих теплоносителей (см. рис. 8, г, д).

В регенеративных ТА, где греющий и нагреваемый теплоносители проходят через насадку поочередно, реализуются две схемы движения – прямоток и противоток. Эффективность аппарата при противотоке теплоносителей выше, чем при прямотоке.

4. Оборудование и материалы

Техническое описание стенда



Рисунок 7.3 – Внешний вид стенда



Рисунок 7.4 - Блок управления стендовым оборудованием.

Стенд включает в себя:

- блок управления стендовым оборудованием (рис.7.4):
автомат «Сеть» для включения/отключения питания стенда;
переключатель «Вкл» для включения/отключения питания ЖК дисплея «отображение данных»;
ЖК дисплей «отображение данных», регистрирующий показания всех измерительных устройств стенда;
переключатели «Насос 1» и «Насос 2» для запуска/остановки циркуляционных насосов.
- автомат «Котел» для запуска/остановки нагрева жидкости в котле;
- бак для воды;
- циркуляционные насосы Н-1 и Н-2 для осуществления циркуляции горячего и холодного теплоносителя в системе. Они оборудованы регулятором мощности, с помощью которого при необходимости можно изменять производительность насосов;
- расходомеры Q-1 и Q-2 для определения расхода горячего и холодного теплоносителя;
- теплообменный аппарат «Пластинчатый теплообменник»;
- группу безопасности;
- фильтр;
- датчики температуры и шаровые краны для изменения направления течения воды.

Схема стенда представлена на рис.7.5.

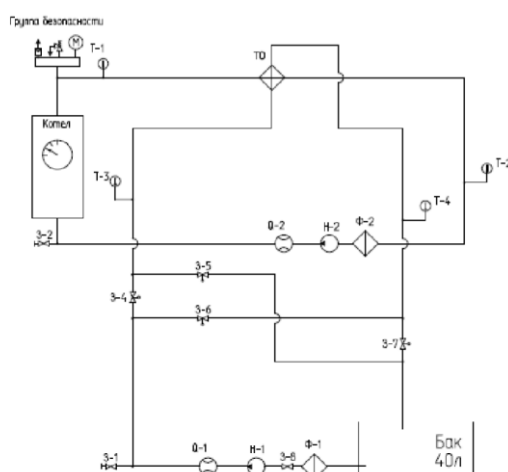


Рисунок 7.5 - Схема стенда

5. Указания по технике безопасности

До проведения лабораторных работ на установках студенты обязательно должны пройти инструктаж по технике безопасности согласно инструкции, которая включает в себя основные положения, представленные в описании лабораторной работы №1.

6.Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите описание лабораторного оборудования;
2. Проверьте готовность стенда к работе согласно пункту 6;
3. Подключите стенд к шине защитного заземления;
4. Включить оборудование в сеть 220 В, 50 Гц;
5. Включить автомат Сеть. Красная лампа сигнализирует о наличии напряжения;
6. Используя кнопочный пост управления, включите питание оборудования;
7. Все краны должны быть закрыты;
8. Открываем кран 3-8;
9. Запускаем насос Н-2 одноименным автоматом; 10. Включить котел одноименным автоматом.
11. Настроить температуру на котле до 60 °С по указанию преподавателя.
12. Дождитесь, пока котел прогреет теплоноситель до заданной температуры;
13. Вода начинает циркулировать в системе. Расход воды определяется с помощью расходомера Q-2. Установите переключатель мощности насоса в положение 2;
14. Включите котел одноименным автоматом и установите на нем желаемую температуру теплоносителя. Дождитесь, пока котел прогреет теплоноситель до заданной температуры;
15. Включите насос Н-1, используя красный переключатель «Насос 1. Холодный теплоноситель начнет циркулировать в системе, об этом свидетельствуют показания расходомера Q-1. Занесите данные расходов и температур на входе и на выходе в таблицу (Т-1 и Т-2 соответственно температура горячего теплоносителя на входе и выходе из теплообменного аппарата (ТОА), Т-3 и Т-4 – температуры холодного теплоносителя на входе и выходе из ТОА);
16. Включите тумблер прямоток.
17. Снимите показания и занесите их в таблицу.
18. Включите тумблер «противоток» для реализации противоточной системы течения теплоносителя;

19. Наблюдайте за изменением температуры холодного

(нагреваемого) теплоносителя на выходе. Дождитесь установившегося режима и повторно запишите результаты в таблицу;

20. Выключите насосы Н-1 и Н-2, а также котел.

21. Отключите питание оборудования и стенда;

22. Наведите порядок на рабочем месте;

Обработка полученных результатов.

1. По таблицам 6.1 и 6.2 определите плотность и теплоемкость воды;
2. По формуле 6.2 определите массовый расход горячего и холодного теплоносителя;
3. По формулам 6.3 и 6.4 определите тепловой поток и коэффициент теплопередачи. Сравните температуры холодного и горячего теплоносителей на выходе и входе соответственно для различных схем организации течения и сделайте вывод.

Таблица 7.1 Таблица результатов эксперимента

№ п/п	Q-1, л/мин	Q-2, л/мин	T-1, °C	T-2, °C	T-3, °C	T-4, °C
1						
2						

Таблица 7.2 Таблица результатов эксперимента

№ п/п	$\rho_{\text{г}}, \text{кг/м}^3$	$\rho_{\text{х}}, \text{кг/м}^3$	$c_{\text{г}}, \text{Дж/кг}$	$c_{\text{х}}, \text{Дж/кг}$	Q, Вт	$k, \text{Вт/}(\text{м}^2 \text{ К})$
1						
2						

7.Содержание отчета

1. Краткое описание работы установки.
2. Схема установки. 3. Результаты измерений.

8.Контрольные вопросы

- 1.Что называется коэффициентом теплопередачи?
- 2.Каков физический смысл единицы его измерения?
3. Какие факторы и параметры теплообменных аппаратов влияют на величину коэффициента теплопередачи?
4. В чем заключаются преимущества противоточной схемы по сравнению с прямоточной?
5. Может ли температура горячего теплоносителя на выходе из теплообменника быть меньше температуры холодного теплоносителя на выходе из теплообменника?
6. В каких случаях при расчете теплообменника можно пользоваться средним арифметическим температурным напором?
7. В каких технологических процессах используются теплообменные аппараты?

9.Список используемых источников Перечень

основной литературы:

- 1.Вобликова Т. В., Шлыков С. Н. , Пермяков А. В. Процессы и аппараты пищевых производств: учебное пособие Ставрополь: Агрус, 2017, 212 с.
Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks,
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=277522&sr=1 **Перечень**

дополнительной литературы:

1. Процессы и аппараты пищевых производств : учебник / А. Н. Остриков [и др.] ; ред. А. Н. Остриков. - СПб. : ГИОРД, 2012. - 616 с. : ил. - УМО. - Библиогр.: с. 613. - ISBN 978-5-98879-124-9,
2. Холодилин, А. Лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств» : учебное пособие / А. Холодилин, С.Ю. Соловых ; Министерство образования и науки Российской Федерации. - 2-е изд. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 142 с. : схем., табл., ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330536>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

Исследование процесса адсорбции

1.Цель работы - ознакомление с работой адсорбционной установки периодического действия и процессом адсорбции. Определение

коэффициентов массопередачи и предельной величины адсорбции при поглощении водяного пара. Задачи работы:

1. Определение равновесной величины адсорбции.
2. Определение константы скорости адсорбции.
3. Определение предельной величины константы адсорбции при поглощении водяного пара.
4. Приобретение практических навыков работы с современными технологиями сбора и обработки экспериментальных данных.

2. Формируемые компетенции

Код	Формулировка:
ОПК-3	Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов
ОПК-5	Способен организовывать и контролировать производство продукции питания

3. Теоретическая часть

Адсорбцией называют процесс поглощения вещества из смеси газов, паров или растворов поверхностью или объемом пор твердого тела – адсорбента.

Явление адсорбции известно очень давно. Такие природные материалы, как песок и почва, использовали для очистки воды еще на заре человеческого общества. В конце XVIII века К. Шееле и одновременно Фонтана обнаружили способность свежепрокаленного древесного угля поглощать различные газы в объемах, в несколько раз превышающих его собственный объем. Вскоре выяснилось, что величина поглощенного объема зависит от типа угля и природы газа. Т.Е. Ловиц в 1785 году открыл явление адсорбции углем в жидкой среде, подробно исследовал его и предложил использовать уголь для очистки фармацевтических препаратов, спирта, вина, органических соединений. Ловиц показал, что древесный уголь способен быстро очищать испорченную воду и делать ее пригодной для питья. И сейчас основным действующим началом фильтров для воды служат углеродные материалы, конечно более современные, чем природные угли. Адсорбция отравляющих веществ из воздуха была использована Н.Д.Зелинским при создании противогаза во время первой мировой войны.

Адсорбция газов на твердых поверхностях используется в некоторых отраслях пищевой промышленности, а именно масложировой (например, в производстве маргарина) и в бродильной (например, в производстве дрожжей)

для очистки технологических газовых потоков с целью предотвращения выбросов вредных веществ в атмосферу. Поглощение паров воды происходит на пористых веществах, которые выполняют роль твердого адсорбента. Подобные процессы наблюдаются в отношении сахара, соли и сухарей. Адсорбционный способ регулирования газового состава хранилищ скоропортящихся продуктов позволяет в несколько раз сократить потери и увеличить сроки хранения. Адсорбция различных пищевых кислот, лимонной в частности, снижает по сравнению с водой поверхностное натяжение большинства прохладительных напитков. Адсорбция веществ на поверхности раздела жидкость — газ способствует устойчивости пен. Подобный процесс имеет место в бродильной промышленности при производстве дрожжей и некоторых других полупродуктов. Усиление смачивания водой различных поверхностей широко используется в промышленности в качестве сопутствующего процесса при мойке оборудования, подготовке сырья, обработке полуфабрикатов и т.д. Адсорбция на границе твердое тело - жидкость широко применяется при очистке жидкостей (например, диффузионного сока при производстве сахара, растительных масел и соков) от примесей.

Развитие теории адсорбционных сил еще не достигло такой стадии, когда по известным физико-химическим свойствам газа и твердого тела можно было бы рассчитать изотерму адсорбции, не проводя экспериментальных исследований. Поэтому попыткам описать экспериментальные изотермы с помощью различных теоретических уравнений, которым соответствуют определенные модели адсорбции, посвящено огромное количество работ.

Основные понятия процесса адсорбции.

Адсорбцией называется самопроизвольно протекающий диффузионный процесс взаимодействия двух фаз — твердого тела — адсорбента и газа, пара или растворенного вещества—адсорбтива, происходящий поглощением газа, пара или растворенного вещества поверхностью твердого тела.

Поглощение газов, паров и растворенных веществ твердыми телами обычно сопровождается процессами проникновения поглощаемого вещества в твердое тело (абсорбцией), капиллярной конденсацией и химическими реакциями (хемосорбцией), что весьма затрудняет изучение собственно адсорбции. Поэтому поглощение газов, паров и растворенных веществ твердыми телами обычно рассматривается как общий процесс сорбции.

Адсорбция всегда сопровождается выделением тепла. В большинстве случаев тепловой эффект адсорбции по своей величине приближается к теплоте конденсации поглощаемого газа или пара.

Адсорбцию подразделяют на два вида: физическую и химическую. Физическая адсорбция в основном обусловлена поверхностными

вандervальсовыми силами, которые проявляются на расстояниях, значительно превышающих размеры адсорбируемых молекул, поэтому на поверхности адсорбента обычно удерживаются несколько слоев молекул адсорбата.

При химической адсорбции поглощаемое вещество вступает в химическое взаимодействие с адсорбентом с образованием на его поверхности обычных химических соединений.

Силы притяжения возникают на поверхности адсорбента благодаря тому, что силовое поле поверхностных атомов и молекул не уравновешено силами взаимодействия соседних частиц. По физической природе силы взаимодействия молекул поглощаемого вещества и адсорбента относятся в основном к дисперсионным, возникающим благодаря перемещению электронов в сближающихся молекулах. В ряде случаев при адсорбции большое значение имеют электростатические и индукционные силы, а также водородные связи. Поэтому адсорбция является самопроизвольным процессом, течение которого сопровождается уменьшением свободной энергии и энтропии системы.

Процессы адсорбции избирательны и обратимы. Процесс, обратный адсорбции, называют десорбцией, которую используют для выделения поглощенных веществ и регенерации адсорбента.

Наиболее рационально применять адсорбцию для обработки смесей с низкой концентрацией извлекаемых веществ.

Статическая и динамическая активность адсорбентов.

Основной характеристикой адсорбента является его активность, определяемая весовым количеством вещества, поглощенного единицей объема или веса поглотителя. Различают активность статическую и динамическую.

Статическая активность адсорбента характеризуется максимальным количеством вещества, адсорбированного к моменту достижения равновесия весовой или объемной единицей адсорбента при данной температуре и концентрации адсорбируемого вещества в газо-воздушной смеси.

Динамическая активность является характеристикой адсорбента при протекании паро-воздушной смеси через слой адсорбента до момента проскока адсорбируемого газа.

Если газовая смесь проходит через слой адсорбента, то в начальный период процесса адсорбтив полностью извлекается из газовой смеси. По истечении определенного промежутка времени в газовой смеси, уходящей из поглотителя, начинают появляться заметные, все возрастающие количества адсорбтива (проскок), и к концу процесса концентрация уходящего газа становится равной начальной концентрации паро-воздушной смеси.

В адсорберах промышленного типа с активированным углем динамическая активность составляет 85-95% от статической, а в случае применения силикагеля динамическая активность оказывается меньше статической на 60-70%.

Селективные свойства адсорбентов.

В процессах адсорбции, так же, как и в процессах абсорбции, поглощающие вещества (адсорбенты обладают селективными свойствами по отношению к поглощаемым газам и парам. Иными словами, применение адсорбционных процессов в качестве метода разделения газовых смесей основано на том, что газовая смесь, приведенная в соприкосновение с адсорбентом, освобождается лишь от одного компонента, в то время как другие оказываются непоглощенными.

Если в процессах абсорбции селективные качества процесса определялись растворимостью или нерастворимостью газа в поглощающей жидкости, то в процессах адсорбции критерием селективных качеств является статическая активность адсорбента.

Из смеси газов, приведенных в соприкосновение с адсорбентом, в первую очередь и в значительно большем количестве поглощается газ или пар того вещества, которое имеет более высокую температуру кипения. В большинстве случаев температура кипения поглощаемого газа (например, паров бензола) сильно отличается от температуры кипения инертного газа (например, воздуха) и присутствие инертного газа почти не оказывает влияния на ход процесса.

Разделение адсорбционным методом смеси газов, компоненты которой имеют близко лежащие температуры кипения, предоставляет большие трудности или практически невозможно.

Основные промышленные адсорбенты и их свойства.

Основными промышленными адсорбентами являются пористые тела, обладающие большим объемом микропор. Свойства адсорбентов определяются природой материала, из которого они изготовлены, и пористой внутренней структурой.

В промышленных адсорбентах основное количество поглощенного вещества сорбируется на стенках микропор ($r < 10^{-9}$ м). Роль переходных пор ($10^{-9} < r < 10^{-7}$ м) и макропор ($r < 10^{-7}$ м) в основном сводится к транспортированию адсорбируемого вещества к микропорам.

Адсорбенты характеризуются своей поглотительной, или адсорбционной способностью, определяемой максимально возможной концентрацией адсорбтива в единице массы или объема адсорбента, его пористой структуры, природы поглощаемого вещества, его концентрации, температуры, а для газов и паров – от их парциального давления. Максимально

возможную при данных условиях поглотительную способность адсорбента условно называют *равновесной активностью*.

По химическому составу все адсорбенты можно разделить на углеродные и неуглеродные. К углеродным адсорбентам относятся активные (активированные угли), углеродные волокнистые материалы, а также некоторые виды твердого топлива. Неуглеродные адсорбенты включают в себя силикагели, активный оксид алюминия, алюмагели, цеолиты и глинистые породы.

Активные угли, состоящие из множества беспорядочно расположенных микрокристаллов графита, обычно используют для поглощения органических веществ в процессах очистки и разделения жидкостей и газов (паров). После этого уголь активируют, например, прокаливают его при температуре $850-900^{\circ}\text{C}$, что приводит к освобождению пор от смолистых веществ и образованию новых микропор. Активацию проводят также экстрагированием смол из пор органическими растворителями, окислением кислородом воздуха и др. Более однородная структура углей получается при их активации химическими методами: путем их обработки горячими растворами солей (сульфатами, нитратами и др.) или минеральными кислотами (серной, азотной и др.)

Активированный уголь применяется при адсорбции либо в виде зерен величиной от 1 до 7 мм, либо в виде порошка. Зерна и порошок получают путем измельчения и классификации. Удельная активная поверхность активных углей выражается величиной от 600 до 1700 м^2 на один грамм. Применяются активированные угли главным образом для поглощения паров органических жидкостей, находящихся в газовых смесях, и для очистки различных растворов от примесей.

Серьезным недостатком этих углей является горючесть, и применять их можно при температурах не выше 200° . Для уменьшения горючести к ним подмешивают силикагель, однако такая добавка приводит к понижению активности адсорбента, поэтому активированные угли с добавкой к ним силикагеля практически применяют сравнительно редко.

Силикагелем называют продукт обезвоживания геля кремневой кислоты, получаемого действием серной или соляной кислот, или растворов кислых солей на раствор силиката натрия. Выпавший гель кремневой кислоты после промывки высушивается при температуре $115-130^{\circ}$ до влажности 5-7%.

Силикагель отличается однородностью пор как по величине, так и распределению. Применяется силикагель в виде зерен диаметром от 0,2 до 7 мм главным образом для поглощения паров воды, т. е. для сушки газов. Удельная активная поверхность силикагеля выражается величиной порядка 600 м^2 на один грамм.

К достоинствам силикагелей относятся их негорючесть и большая механическая прочность. Недостатком относится резкое снижение поглотительной способности по отношению к парам органических веществ в присутствии влаги.

По сорбционным свойствам к силикагелю близко примыкают алюмагели, получаемые термической обработкой гидроксида алюминия при температурах 600-1000°C. Поры полученного сорбента имеют диаметр 1-3 нм, удельную поверхность $2 \cdot 10^5 - 4 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{кг}$; насыпная плотность такого сорбента 1600 кг/м³. Алюмагели используют для осушки газов, очистки водных растворов и минеральных масел.

Цеолиты представляют собой природные или синтетические минералы, которые являются водными алюмосиликатами, содержащими оксиды щелочных щелочноземельных металлов. Эти адсорбенты отличаются регулярной структурой пор, размеры которых соизмеримы с размерами поглощаемых молекул. Особенность цеолитов состоит в том, что адсорбционные поверхности соединены между собой окнами определенного диаметра, через которые могут проникать только молекулы меньшего размера. На этом основано разделение смесей с разными по размеру молекулами, что послужило причиной называть цеолиты молекулярными ситами.

Для разделения газовых смесей применяют цеолиты в виде шариков или гранул размером от 1 до 5 мм, а для разделения жидких смесей – в виде мелкозернистого порошка.

Особенно широко цеолиты используют для глубокой осушки газов и жидкостей, в процессах очистки и разделения смесей веществ с близкой молекулярной массой, а также в качестве катализаторов и их носителей.

Для очистки жидкостей от различных примесей в качестве адсорбентов применяют природные глинистые породы. Эти глины для их активации обрабатывают серной или хлороводородной кислотами и получают адсорбент с удельной поверхностью пор порядка $(1,0 \div 1,5) \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{кг}$.

4. Оборудование и материалы

Описание лабораторной установки

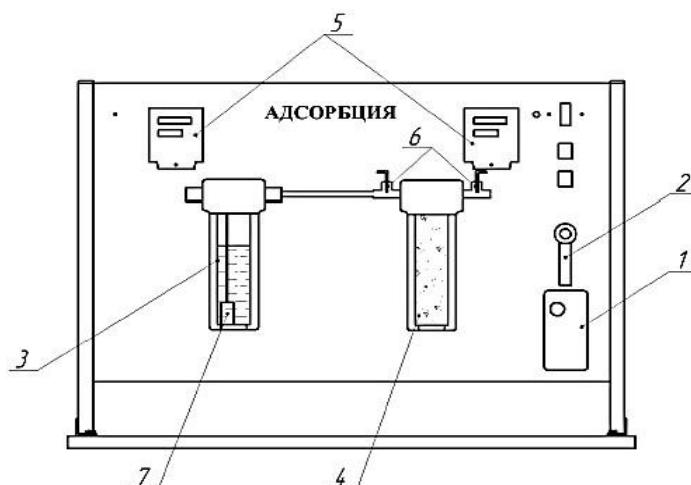


Рисунок 8.1 Схема лабораторной установки. 1-компрессор, 2-расходомер, 3-колба с водой, 4-колба с адсорбентом, 5-цифровой преобразователь ТРМ, 6-датчики влажности, 7-рассекатель воздуха

Работа проводится на установке (рис. 8.1), которая работает по следующей схеме. Воздух компрессором 1 нагнетается через расходомер 2 с игольчатым вентилем в колбу 3 заполненную водой. С помощью рассекателя 7 воздух равномерно распределяется и барботирует через слой воды, что приводит к увеличению его влагосодержания. Далее влажный воздух поступает в колбу 4 где воздух осушается за счет взаимодействия с адсорбентом (процесс адсорбции). Влагосодержание воздуха измеряется датчиками относительной влажности 6. Параметры влажности и температуры воздуха отображаются на цифровых приборах ТРМ200 (5).

5. Указания по технике безопасности

До проведения лабораторных работ на установках студенты обязательно должны пройти инструктаж по технике безопасности согласно инструкции, которая включает в себя основные положения, представленные в описании лабораторной работы №1.

6. Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания, заготовить форму отчета о проведенной работе, в которую внести название и цель работы, основные сведения об изучаемых процессах, схему экспериментальной установки, заготовить таблицы для записи результатов измерений и вычислений.

2. Подготовить стенд, залить (долить) воды в колбу 3. **Колба должна быть заполнена водой на 2/3.**

3. Подключить стенд к сети 220 В.

4. Подключить автоматизированный стенд к USB разъему компьютера и запустить программу Пуск → Программы → MeasLAB → «Адсорбция». Запуск программы производится кнопкой «Пуск».

5. Включить питание стенда автоматическим выключателем «Сеть» (должна загореться лампочка «Сеть 220В»).

6. Запустить компрессор 1, включив ВК1.

7. Установить расход воздуха 4 л/мин игольчатым краном на расходомере 2.

8. Опыт проводить до тех пор, пока показания датчика влажности 7 на выходе из колбы 4 не стабилизируется. Результаты замеров внести в табл.

5.1. Интервал между замерами 10 с.

9. Поменяйте расход воздуха (в пределах от 3 до 6 л/мин) и повторите опыт. Результаты замеров внести в табл. 8.1.

10. При условии насыщения адсорбента необходимо провести его регенерацию. Для этого необходимо извлечь адсорбент из колбы, открутив стеклянную часть и посушить при температуре (110÷150) °С. 11. Окончив опыты, выключите компрессор.

Таблица 8.1 - Результаты измерений

τ, с	До колонны			После колонны		Расчетные данные					
	φ, %	x ₀ , кг/кг	t _c , °С	φ, %	x, кг/кг	x ₀ / x	ln(x ₀ / x)	ln(x ₀ / x)-1	a, кг/м ³	K, с/м	Kv, 1/с
10											
...											

Обработка полученных данных

Длительность работы слоя адсорбента в стадии параллельного движения фронта сорбции (при $L > L_0$) рассчитывается по уравнению Н.А. Шилова [1]:

$$\tau = K \cdot L - \tau_0, \quad (8.1)$$

где τ - время защитного действия слоя, с;

K - коэффициент защитного действия, с/м, показывающий время защитного действия слоя высотой 1 м; L - высота слоя, м;

τ_0 - потеря времени защитного действия, с (кинетическая константа, пропорциональная скорости массообмена, при бесконечно большой скорости становится равной нулю).

При изучении сорбционного процесса обычно измеряют выходную кривую сорбции - изменение концентрации поглощаемого вещества во времени за слоем адсорбента.

$$\tau = K \cdot L - K \cdot W \left(\frac{\ln \left[\left(\frac{x_0}{x} \right) - 1 \right]}{K_{V_1}} \right) \quad (5.2)$$

Затем, пользуясь развернутым уравнением динамики сорбции построить график в координатах $(\ln (x_0/x - 1)) = f(\tau)$.

Отрезок, отсекаемый на оси абсцисс, равен $K \cdot L$, а котангенс угла наклона прямой есть $K \cdot W/KV$. Здесь в уравнении W - объемная скорость потока, отнесенная к полному сечению аппарата, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

$$K = a_0 / (W \cdot x_0), \quad (8.3)$$

где a_0 - предельная величина сорбции, кг сорбированного вещества на 1 м^3 слоя адсорбента; KV - коэффициент массопередачи, с^{-1} .

Объемная скорость парогазовой смеси W определяется по уравнению расхода:

$$V = W \cdot S. \quad (8.4)$$

Определяем влагосодержание воздуха на входе x_0 и на выходе x адсорбционной колонны для каждого момента времени:

$$x = 0,622 \cdot j \cdot P_c / (735 - j P_c), \quad (8.5)$$

где P_c - давление насыщенного водяного пара в воздухе при температуре сухого термометра t_c , мм рт. ст.

Давление насыщенного водяного пара может быть рассчитано по уравнению, аналогичному уравнению Антуана, которое для водяного пара в диапазоне температур от 0 до 60 °С имеет вид:

$$\ln P_c = 18,76 - 4081,18 / (236,77 + t_c) \quad (8.6)$$

$$P_c = e^{18,76-4081,18/(236,77+t_c)} \quad (8.7)$$

Построить по экспериментальным данным выходную кривую сорбции в координатах:

$$x = f(\tau) \quad (8.8)$$

Рассчитать и построить выходную кривую сорбции в координатах:

$$(\ln(x_0/x) - 1) = f(\tau) \quad (8.9)$$

Вычислить коэффициент защитного действия по отрезку, отсекаемому прямой на оси абсцисс K , с/м:

$$K = \tau_1 / L. \quad (8.10)$$

Вычислить предельную величину сорбции по уравнению:

$$a_0 = K \cdot V \cdot x_0' / S, \quad (8.11)$$

где S - площадь сечения колбы, m^2 V -
объемный расход газовой смеси, m^3/c ;

x_0 - влажность газовой смеси, кг воды на $1m^3$ воздуха на входе в слой адсорбента: $x_0' = x_0 \cdot \rho$, ρ - плотность воздуха при температуре газовой смеси (при t_c), рассчитанная по уравнению Клапейрона:

$$\rho = M \cdot 273 / [22,4 \cdot (273 + t_c)], \quad (8.12)$$

где M - молярная масса газа, кг/кмоль.

Вычислить коэффициент массопередачи K_V по котангенсу угла наклона прямой: $\text{ctg } \alpha = -K \cdot W / K_V$;

$$K_V = -K \cdot W / \text{ctg } \alpha. \quad (8.13)$$

7. Содержание отчета

1. Краткое описание работы установки.
2. Схема установки.
3. Результаты измерений и расчеты.
4. Графики в координатах $x = f(t)$ и $(\ln(x_0/x - 1)) = f(\tau)$.

8. Контрольные вопросы

1. Что такое процесс адсорбции?

2. Назовите основные вещества, являющиеся адсорбентами.
3. Что такое «момент проскока» и чем он характеризуется?
4. Что такое процесс десорбции? 5. Где в промышленности применяется процесс адсорбции?

9.Список используемых источников Перечень

основной литературы:

- 1.Вобликова Т. В., Шлыков С. Н. , Пермяков А. В. Процессы и аппараты пищевых производств: учебное пособие Ставрополь: Агрус, 2017, 212 с.
Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks,
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=277522&sr=1

Перечень дополнительной литературы:

1. Процессы и аппараты пищевых производств : учебник / А. Н. Остриков [и др.] ; ред. А. Н. Остриков. - СПб. : ГИОРД, 2012. - 616 с. : ил. - УМО. - Библиогр.: с. 613. - ISBN 978-5-98879-124-9,
2. Холодилин, А. Лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств» : учебное пособие / А. Холодилин, С.Ю. Соловых ; Министерство образования и науки Российской Федерации. - 2-е изд. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 142 с. : схем., табл., ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330536>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9 **Исследование процесса экстракции**

1.Цель работы - ознакомление с оборудованием для экстракции и изучение процесса экстрагирования.

Задачи работы

1. Выполнить оценку интенсивности окрашивания раствора с помощью фотоколориметра.
2. Экспериментальное изучение процесса экстракции в зависимости от:
 - изменения размера частиц исследуемого материала;
 - изменения температуры;
 - наличия перемешивания в процессе экстракции;
3. Определение оптической плотности растворов с помощью цифрового фотоколориметра.

2. Формируемые компетенции

Код	Формулировка:
ОПК-3	Способен использовать знания инженерных процессов при решении профессиональных задач и эксплуатации современного технологического оборудования и приборов
ОПК-5	Способен организовывать и контролировать производство продукции питания

3. Теоретическая часть

Экстрагированием называется процесс извлечения одного или нескольких компонентов их смеси, находящейся в твердом или жидком состоянии, путем обработки растворителем (экстрагентом), избирательным по отношению к определенным компонентам. Этот процесс осуществляется в экстракторах. В случае если смесь веществ, из которой извлекается один или несколько компонентов, является жидкой, разделяемая система становится однородной, и термин «экстрагирование» заменяется термином «экстракция».

В ходе экстрагирования последовательно протекают четыре простых процесса:

- проникновение растворителя в поры частиц сырья;
- растворение извлекаемого компонента;
- перенос его внутри частицы к ее поверхности;
- перенос от поверхности вещества в объем экстрагента.

В конкретных случаях отдельные процессы могут отсутствовать или не играть существенной роли.

В технологических процессах переработки мяса, рыбы и других неоднородных систем с твердой фазой применяют так называемую обратную экстракцию. Она заключается в насыщении системы одним или несколькими компонентами путем их ввода в растворенном виде диффузией из окружающей среды. Примерами таких процессов являются посол, маринование, копчение и др. В них солевой или другой водный растворы проникают в глубь твердого пористого продукта, смешиваются с водными растворами, заполняющими их поры, и передают им часть своих растворенных веществ. Таким образом, экстрагирование и обратная экстракция – это процессы, описываемые однотипными математическими выражениями. Поэтому их специального рассмотрения не требуется.

Правильный выбор растворителя (экстрагента) – важнейший фактор, определяющий эффективность всего процесса экстрагирования. Он должен обладать избирательной растворимостью, обеспечивать высокую скорость

растворения, иметь низкую температуру кипения (легко отгоняться), быть чистым и однородным, чтобы не портить получаемый продукт, не оставлять запаха и не давать вредных соединений с экстрагируемым веществом, не вызывать коррозии оборудования, быть пожаро- и взрывобезопасным, дешевым. В качестве экстрагентов применяют воду, спирт, водоспиртовую смесь, бензин, бензол, дихлорэтан, сжиженные газы и др.

Среди экстрагентов особое место занимают сжиженные газы: двуокись углерода, этан, пропан, ацетилен, азот, окислы азота, хладоны (R12, R13, R22, R23) и др. В сжиженном состоянии они обладают хорошей растворяющей способностью, высокой селективностью, химической индифферентностью к экстрагируемым веществам, хорошо отгоняются от экстрагированных веществ при относительно низких температурах (до 50°C), обеспечивают стерильность экстрактов, блокируя жизнедеятельность микроорганизмов. Они безвредны для людей и относительно дешевы.

Подходя к процессу экстрагирования с феноменологических позиций, констатируем, что обобщенной движущей силой (X), в данном массообменном процессе является разность концентраций экстрагируемого вещества в твердой и жидкой фазах $X = C_1 - C_2$. Она изменяется по ходу движения продукта. Здесь черта над обозначением параметра означает его осреднение по соответствующему пространству (в данном случае по твердой частице). Результатом процесса является поток экстрагируемого вещества M . Связь между ними записывается стандартно и имеет вид:

$$M = K \cdot X, \quad (9.1)$$

где K – феноменологический коэффициент, физический смысл которого заключается в характеристике интенсивности извлечения экстрагируемого продукта.

Приведенные далее математические зависимости, раскрывающие процесс диффузионного переноса в твердой пластине, можно рассматривать как проникновение вглубь явления с детализацией представлений о процессе диффузии или о величине коэффициента K и его зависимости от действующих факторов.

Если обозначить расходы твердой и жидкой фаз в аппарате как m_1 и m_2 , то справедливо уравнение баланса экстрагируемого компонента в виде:

$$m_1 \cdot (C_{1н} - C_{1к}) = m_2 \cdot (C_{2к} - C_{2н}). \quad (9.2)$$

Отсюда получим соотношение расходов фаз:

Расчет процесса экстрагирования вещества жидкостью из твердой фазы заключается в определении необходимой длительности процесса (длины аппарата при заданной скорости движения по нему) для получения нужной степени экстрагирования. Возможен и обратный расчет – определение степени экстрагирования вещества при заданном времени процесса.

Диффузионный перенос массы в твердой пластине.

Процесс экстрагирования сахара из пластины сахарной свеклы можно рассматривать протекающим в две стадии – диффузия водного раствора сахара внутри пластины к ее поверхности и перенос сахара от поверхности соприкосновения жидкой и твердой фаз в глубину экстрагента. Стадия проникновения растворителя в поры свекловичной пластины протекает быстро и не лимитирует процесс, а стадия растворения сахара в данном процессе отсутствует, т.к. он изначально находится в водном растворе.

Управление процессом экстрагирования.

Оптимизация процесса экстрагирования направлена на повышение его эффективности путем выбора значений действующих факторов, которые, как правило, определяются тем, что по обе стороны от них проявляется существенное влияние различных неблагоприятных воздействий. Укажем эти воздействия для основных факторов.

1. Температура. Ее повышение увеличивает коэффициент диффузии в твердых частицах, но после превышения некоторого уровня изменяет физические характеристики частиц, оцениваемые по изменению их упругих свойств, либо неблагоприятно сказывается на диффузии из них.

2. Размеры частиц. Их уменьшение существенно ускоряет экстрагирование. Однако при малых размерах частиц возможно их «слипание», и в результате эффективная поверхность соприкосновения с экстрагентом может уменьшаться, доходя до 20...25 % и менее от полной внешней поверхности частиц. В значительной мере предотвращению неблагоприятного воздействия «слипания» способствует перемешивание частиц различными способами, включая низкочастотные механические колебания, организацию процесса в кипящем слое, ультразвуковые колебания, электроимпульсные воздействия, периодический отжим продукта. 3. Перемешивание растворителя (дисперсионной среды) вокруг твердых частиц, из которых экстрагируется продукт.

Оборудование для экстрагирования.

По режиму работы экстракторы делятся на периодические, полу непрерывные и непрерывные. По направлению движения продуктов – на

противоточные и прямоточные. По виду циркуляции – с однократным прохождением экстрагента, с рециркуляцией экстрагента и оросительные. По давлению – на атмосферные, вакуумные и работающие под давлением. По свойствам твердых частиц – на экстракторы для крупнозернистых, мелкозернистых, тонкодисперсных, пастообразных, волокнистых и других материалов. По конструкции корпуса аппарата – колонные и камерные; по виду транспортного органа – шнековые, лопастные, цепные, ковшовые, ротационные, ленточные; по расположению корпуса – горизонтальные, вертикальные, наклонные. По гидродинамическому характеру процесса в аппарате – с неподвижным слоем твердых частиц, с движущимся слоем, с кипящим слоем.

Перечень экстракторов, различающихся конструктивно, включает: колонные, ротационные, шнековые, оросительные, экстракторы с кипящим слоем, камерные, батарейные и др.

Колонные аппараты реализуют противоточный непрерывный процесс.

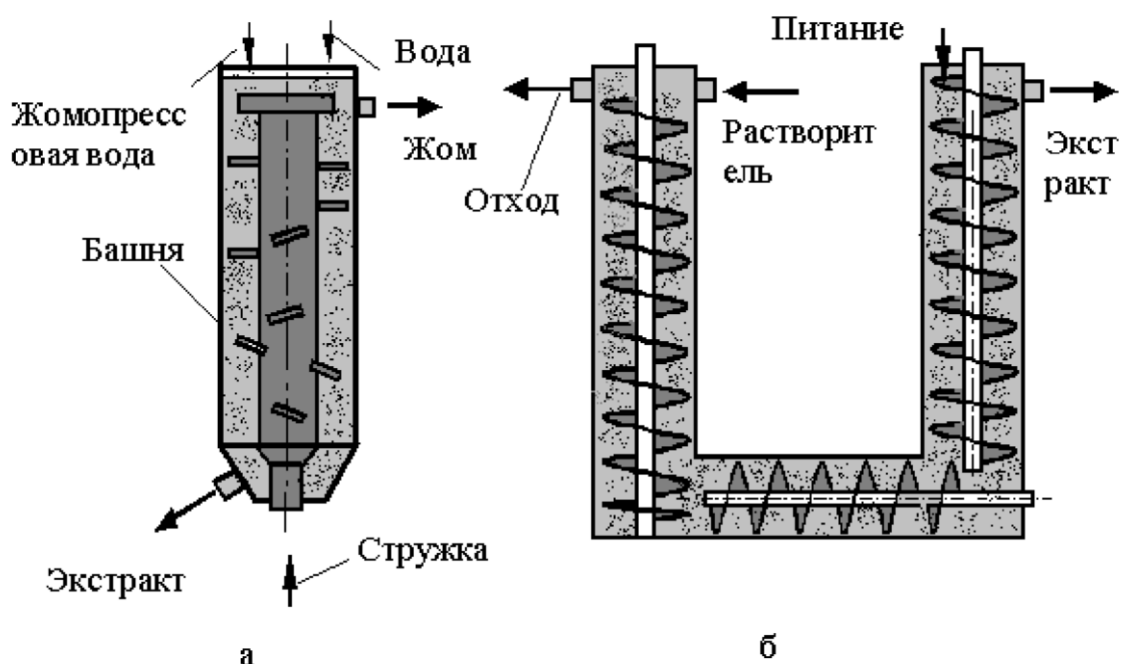


Рис.9.1 Схемы колонных экстракторов:

а – одноколонный с лопастным транспортером; б – двухколонный со шнековым транспортером

Конструктивно эти аппараты выглядят так, как показано на рис. 9.1. В одноколонном аппарате, рис. 9.1 а, внутри корпуса аппарата к верхней опоре подвешен вал. По его высоте размещены лопасти. На внутренней поверхности корпуса установлены контрлапы. Лопасти и контрлапы установлены в разных плоскостях таким образом, чтобы они не мешали друг другу при вращении вала. В двух верхних рядах на внутренней поверхности корпуса расположено

по пять контрлап. Лопасты и контрлапы разрыхляют стружку и помогают перемещению стружки снизу-вверх.

Нижняя часть аппарата оборудована устройством для отвода диффузионного сока. Она состоит из горизонтального щелеобразного сита, дополнительной фильтрующей поверхности, расположенной в десяти контрлапах пятого и первого нижних рядов и двух вращающихся ситоочистительных лопастей. Для удаления жома из аппарата в верхней его части имеется специальное выгрузное устройство.

Двухколонный диффузионный аппарат (рис. 9.1 б) состоит из двух колонн, соединенных в нижней части коленом. Обе колонны состоят из отдельных царг. В обеих колоннах имеются задерживающие решетки, которые открываются в направлении перемещения свекловичной стружки. Они разделяют столб стружки в аппарате на отдельные участки, независимые в гидродинамическом отношении.

Для удаления отработавшей свекловичной стружки (жома) установлен шнек с насадкой и приводом.

Движущей силой для перемещения содержимого в аппарате является разность давлений над содержимым в первой и второй колоннах. Для создания перепада давлений верхняя часть второй колонны подключается к сборнику. Насадка создает гидравлический затвор в период подключения верхней части аппарата к вакуум-сборнику.

Обессахаренная свекловичная стружка удаляется шнеком. После прекращения действия разрежения аппарат соединяется с атмосферой. При этом задерживающие решетки закрываются, и свекловичная стружка

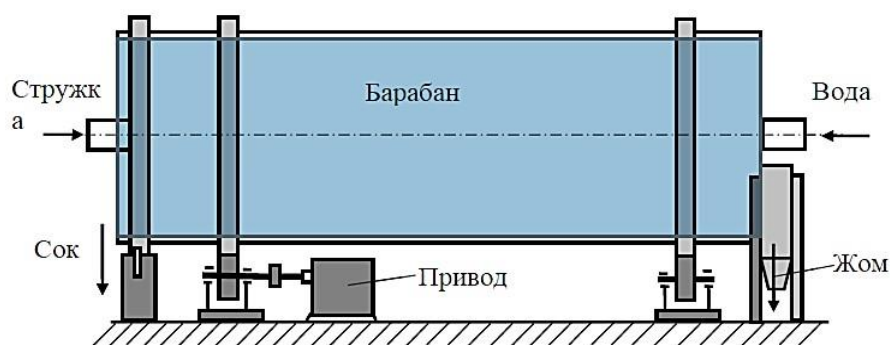


Рис.9.2 Схема барабанного экстрактора

равномерно распределяется в объеме обеих колонн. Экстрагент подается в аппарат через штуцер и перемещается в аппарате противоточно стружке. В двухколонных диффузионных аппаратах скорость перемещения экстрагента по отношению к свекловичной стружке почти в два раза больше по сравнению с другими диффузионными аппаратами. Это положительно сказывается на процессе экстрагирования сахара.

Колонные экстракторы занимают малые площади, имеют небольшую металлоемкость. Недостатками колонных конструкций являются: частичная неконтролируемая рециркуляция жидкости в них; дробление твердых частиц при транспортировке, особенно при переходах между ступенями аппарата; возможное закручивание массы вместе со шнеком; необходимость нагнетания смеси снизу в вертикальные колонны; затруднения с подводом теплоты по высоте (если этот подвод необходим). В *барабанном экстракторе* (рис. 9.2) корпус вращается на опорных роликах; на внутренней части барабана имеется перфорированная перегородка и винтовые поверхности. При вращении барабана экстрагент перемещается от входа к выходу, а твердые частицы увлекаются перфорированной перегородкой, отделяются на ней от жидкости и по наклонным лоткам сползают в полость между соседними витками, перемещаясь таким образом по аппарату. В каждом промежутке между витками процесс близок к прямоточному, а переход между ними близок к противоточному, т.е. процесс является комбинированным. Недостаток аппарата – громоздкость и трудность поддержания теплового режима по длине, малое использование внутреннего объема ($1/3$ и менее). Достоинство – малое деформирование стружки.

Ленточный экстрактор представлен на рис. 9.3. Твердая фаза перемещается вместе с лентой, а экстрагент собирается в сборниках под определенными участками транспортера и направляется насосами на

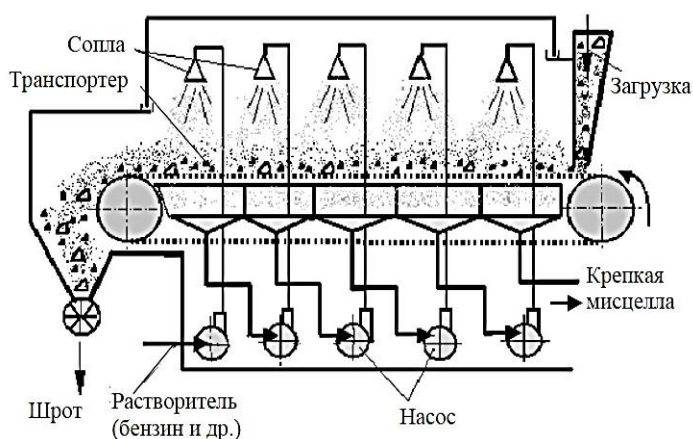


Рис.9.3 Схема ленточного экстрактора

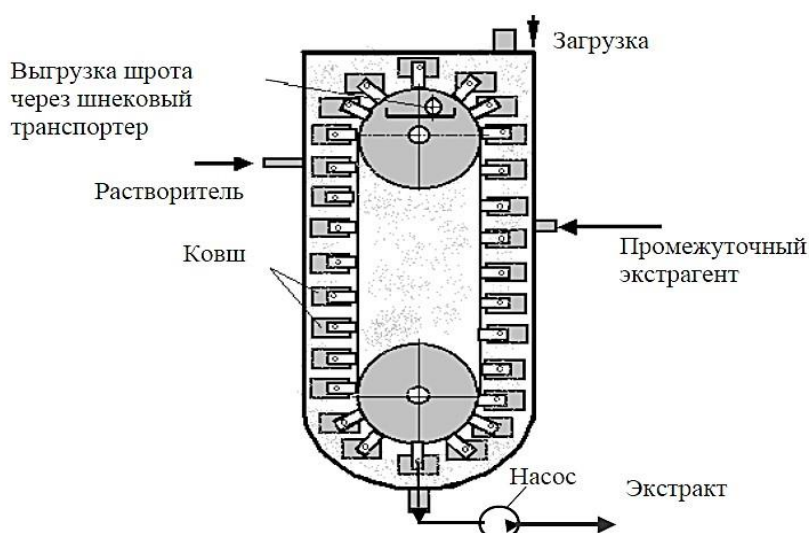


Рис.9.4 Схема вертикального ковшового экстрактора

орошение соседних участков ленты. Процесс в аппарате протекает по сложной схеме – поперечный ток на каждом участке и противоток между участками.

Вертикальный ковшовый экстрактор, являющийся разновидностью ленточного, схематично представлен на рис. 9.4. В этом аппарате твердая фаза перемещается перфорированными ковшами на подвижной ленте. Материал загружается сверху и орошается растворителем по представленной схеме.

В опускающейся ветви ковшей реализуется прямоток. Верхний ковш поднимающегося ряда орошается чистым растворителем, и в этом ряду ковшей имеет место противоток. Недостатки таких аппаратов: нарушение противотока, большие габариты, плохое использование внутреннего объема. Эти же недостатки свойственны и другим ленточным аппаратам. Двухшнековые наклонные экстракторы имеют небольшую металлоемкость, но занимают относительно большой объем производственного корпуса. Они характеризуются наименьшими расходом электроэнергии и стоимостью, просты по конструкции и легко ремонтируются.

Недостаток – рециркуляция твердых частиц и экстрагента по длине аппарата, значительное дробление стружки, трудности с созданием теплового режима.

Экстракторы периодического и полупериодического действия (рис. 9.6) применяются в тех производствах, где вырабатывают небольшие партии продукта разнообразного ассортимента.

К ним относят камерные аппараты (реакторы) с механическим, пневматическим и пневмомеханическим перемешиванием, настоящие чаны с

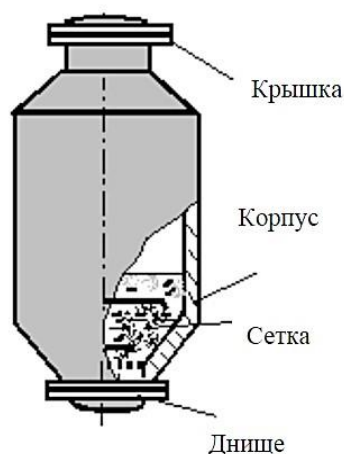


Рис.9.6 Схема перколятора

неподвижным слоем твердой фазы, с циркуляцией (перколяторы) и без циркуляции экстрагента.

Камерные аппараты – сосуды цилиндрической формы с плоским или коническим дном (рис 9.6). В перколяторах экстрагент фильтруется через неподвижный плотный слой частиц. Его циркуляция обеспечивается насосом; для загрузки и выгрузки продукта предусмотрены крышки.

Перколяторы могут соединяться в батареи по 4...16 штук с промежуточным подогревом продукта между ними. Их работа может организовываться по двум схемам:

1. В определенный период жидкость во всех аппаратах неподвижна, потом она продвигается из аппарата в аппарат; из последнего перколятора жидкость сливается, а в первый подается свежий растворитель.

2. После подключения перколятора со свежим продуктом начинается его циркуляция по всей батарее, прерываемая только на период загрузки и выгрузки одного из перколяторов.

В первом случае процесс является комбинированным, во втором – противоточным.

Аппараты с кипящим слоем (рис. 9.7) применяют для интенсификации процесса экстракции. Кипение осуществляется при низких температурах 30...60°C.

Пары растворителя направляют в дефлегматор, а конденсат возвращают в экстрактор, который похож на выпарной аппарат периодического действия. Основное его отличие – наличие загрузочного и выгрузного люков и сита над сливными отверстиями.

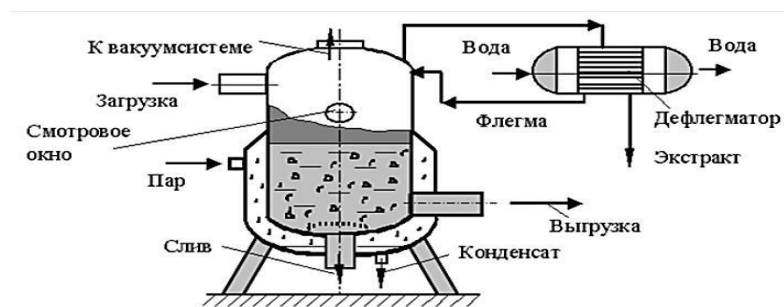


Рис.9.7 Схема экстрактора с кипящим слоем

Экстракция в жидкостно-жидкостных системах

В таких системах в контакт вводятся раствор-сырец и растворитель, хорошо растворяющий выделяемый компонент. Эти жидкости полностью или частично нерастворимы друг в друге и образуют две жидкие фазы. Экстракция подчиняется законам массопередачи, растворимости и межфазового равновесия.

В ходе экстракции должны обеспечиваться: тесный контакт фаз и условия для наиболее полного и быстрого протекания процесса. Растворитель должен обладать плотностью, отличающейся от плотности исходного раствора, малой растворимостью в нем, большим коэффициентом диффузии, хорошо распределяться в исходном растворе, обладать высокой избирательностью растворения экстрагируемого продукта. При достижении равновесия в системе образуются две жидкости – экстракт, обогащенный выделяемым продуктом, и рафинат, обедненный им.

Второй стадией процесса экстракции является разделение экстракта и рафината и выделение экстрагируемого вещества (регенерация растворителя).

Для разделения фаз используют испарение экстрагента, гравитационное отстаивание или центрифугирование, а для регенерации растворителя – дистилляцию или другие массообменные процессы.

В расчетах параметров процесса используются треугольные (тройные) диаграммы состава фаз трехкомпонентных систем.

Методы экстракции и оборудование

Экстракция может выполняться ступенчато или непрерывно. В ступенчатом процессе смешивание и разделение компонентов выполняется в разных аппаратах – в мешалках и отстойниках. Каждая пара «мешалка-отстойник» образует ступень экстрагирования. Непрерывные процессы экстракции выполняются в единых аппаратах – колоннах. (рис.9.8).

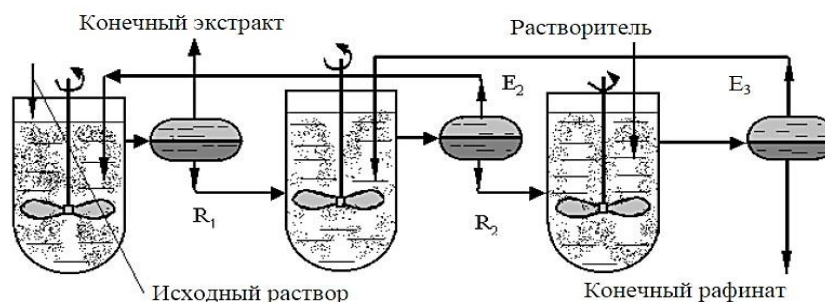


Рис.9.8 Схема многоступенчатой экстракции

4. Оборудование и материалы

Описание лабораторной установки

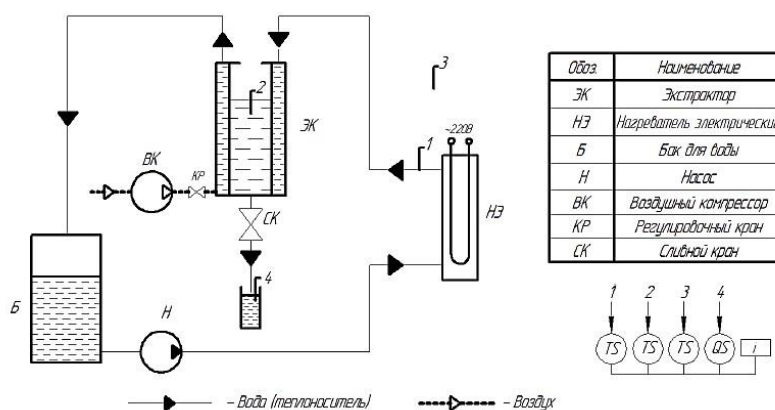


Рис.9.9 Принципиальная схема установки

Лабораторная установка для исследования процесса экстракции состоит из автоматической машины для шинковки, измерителя температуры ТРМ200(красный дисплей – температура раствора, зеленый – окружающей среды), нагревателя электрического, экстрактора с регулируемым нагревом экстрагента снабженного регулятором TC4S, бака для теплоносителя с встроенным насосом и воздушного компрессора, предназначенного для перемешивания экстрагента, колориметра.

5. Указания по технике безопасности

До проведения лабораторных работ на установках студенты обязательно должны пройти инструктаж по технике безопасности согласно инструкции, которая включает в себя основные положения, представленные в описании лабораторной работы №1.

6.Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием лабораторной установки и расположением приборов. Заготовить табл. 9.1 для регистрации результатов испытаний.
2. Подключить стенд к сети 220 В. Включить питание стенда кнопкой «Сеть».
3. Подключить автоматизированный стенд к USB разъему компьютера и запустить программу Пуск → Программы → MeasLAB → «Экстрагирование». Кнопкой «Пуск» запустить выполнение программы измерения.
4. Приготовить очищенную свеклу (красную).
5. Запустить машину для шинкования и приготовить навески по десять грамм в виде стружки и целого кубика.
6. Разместить в стаканы нарезанный материал навеской по 10 г.
7. Поочередно провести серию экспериментов с каждым видом нарезки по следующему алгоритму:
 8. Залить воду (экстрагент) в внутреннюю колбу (примерно 2/3 уровня). **Внимание! Вода должна быть комнатной температуры.**
 9. Опустить контейнер с нарезкой в виде стружки в экстрактор.
 10. Выдержать 10÷15 минут, вынуть контейнер из экстрактора, подставить под сливной кран чистую емкость (колбу), открыть сливной кран и слить раствор.
 11. Взять пробу, наполнив кювету калориметра экстрагентом и определить коэффициент светопропускания через окрашенный раствор и занести полученное значение в табл. 9.1.
 12. Залить воду (экстрагент) в внутреннюю колбу (примерно 2/3 уровня). **Внимание! Вода должна быть комнатной температуры.**
 13. Кнопкой ВК1 включить электронагреватель, одновременно включится циркуляционный насос теплоносителя.
 14. На регуляторе TC4S выставить температуру 30оС.
 15. При достижении заданной температуры. Опустить контейнер с нарезкой в экстрактор.
 16. Выдержать 10÷15 минут, по окончании времени вынуть контейнер из экстрактора, подставить под сливной кран чистую емкость (колбу), открыть сливной кран и слить раствор.
 17. Взять пробу, наполнив кювету калориметра экстрагентом и определить коэффициент светопропускания через окрашенный раствор и занести полученное значение в табл. 9.1.
 18. Повторить пункты 12÷17 при температуре 40оС.
 19. Кнопкой ВК2 включить воздушный компрессор и провести опыты в соответствии с п.п. 12÷18 при перемешивании экстрагента.

20. Повторить опыты п.п 8÷19 для целого кубика.

21. Сделать выводы по результатам проведенных экспериментов.

Обработка полученных данных

Таблица 9.1 – Результаты эксперимента

№ опыта	Форма навески	М, г Масса навески	V, мл, Объем жидкости	t, °C	Коэффициент светопропускания	Оптическая плотность
1						
2						
3						
4						

7. Содержание отчета

1. Краткое описание работы установки.
2. Схема установки.
3. Результаты измерений.
5. Анализ факторов, влияющих на процесс экстракции.

8.Контрольные вопросы

1. Что такое экстракция?
2. Как влияет размер частиц на процесс экстракции?
3. Как влияет температура на процесс экстракции?
4. Как классифицируются экстракторы и в чем отличие их работы?
5. Как влияет перемешивание на процесс экстрагирования? 6. Где в промышленности применяется процесс экстрагирования?

9.Список используемых источников Перечень

основной литературы:

- 1.Вобликова Т. В., Шлыков С. Н. , Пермяков А. В. Процессы и аппараты пищевых производств: учебное пособие Ставрополь: Агрус, 2017, 212 с.
- Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks,
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=277522&sr=1

Перечень дополнительной литературы:

1. Процессы и аппараты пищевых производств : учебник / А. Н. Остриков [и др.] ; ред. А. Н. Остриков. - СПб. : ГИОРД, 2012. - 616 с. : ил. - УМО. - Библиогр.: с. 613. - ISBN 978-5-98879-124-9,
2. Холодилин, А. Лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств» : учебное пособие / А. Холодилин, С.Ю. Соловых ; Министерство образования и науки Российской Федерации. - 2-е изд. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 142 с. : схем., табл., ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330536>

