

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**



Кафедра техники пищевых производств
и торговли

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

Методические указания
к лабораторной работе
для студентов специальности 260601
очной и заочной форм обучения

Санкт-Петербург
2011

УДК 621.56

Арсеньев В.В., Мовчанюк Е.В., Верболоз Е.И. Технологическое оборудование для проведения теплообменных процессов: Метод. указания к лабораторной работе для студентов спец. 260601 очной и заочной форм обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2011. – 28 с.

Содержат классификацию, принцип действия и схемы технологического теплообменного оборудования. Рассмотрены конструкции и технические характеристики теплообменников, приведен пример их технологического расчета.

Рецензент

Канд. техн. наук, доц. К.М. Федоров

Рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

© Санкт-Петербургский государственный
университет низкотемпературных
и пищевых технологий, 2011

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – изучение теплообменного оборудования пищевой промышленности, приобретение навыков составления технологических и кинематических схем, выполнения технологических расчетов.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

При выполнении лабораторной работы студент изучает данные методические указания, литературу, затем (по указанию преподавателя) приступает к изучению имеющегося в лаборатории оборудования. Под контролем механика кафедры он производит разборку оборудования на узлы и детали, уясняет назначение и принцип работы узлов агрегата в целом, проводит необходимые измерения. В заключение студент составляет и оформляет отчет в соответствии с требованиями, изложенными в п. 5 настоящих указаний, и сдает отчет преподавателю. На выполнение лабораторной работы и защиту отчета отводится 4 ч.

3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

К технологическому теплообменному оборудованию относятся:

3.1. *Аппараты для тепловой обработки пищевых продуктов при атмосферном давлении.* Эти аппараты применяют для проведения основных и заключительных тепловых операций в цехах выработки пищевых продуктов и лечебных препаратов, а также для подсобных операций в производственных цехах.

3.2. *Оборудование для огневой обработки мясопродуктов.* Обработку мясопродуктов огнем используют с целью дезинфекции, сушки, создания условий для достижения заданных параметров про-

дукции или придания ей специфического вкуса, а также запекания или варки.

3.3. *Выпарные и вододистилляционные установки.* Применяются для выпаривания клеевых, костных и желатиновых бульонов, спиртовых экстрактов, а также при получении дистиллированной воды.

3.4. *Сушильные установки.* Под сушкой понимают один из видов теплового обезвоживания пищевых продуктов. Данные установки применяются для сушки ряда пищевых продуктов, находящихся в жидком, твердом или вязком состоянии.

3.5. *Оборудование для диффузионной обработки.* К диффузионной обработке пищевых продуктов прибегают при посоле, копчении, извлечении из продукции интересующего производство компонента.

3.6. *Оборудование для тепловой и импульсной обработки жиросодержащих пищевых продуктов.*

3.7. *Экстракционные аппараты и установки.* Экстракция – процесс извлечения из сырья жидкими или парообразными растворителями интересующего производство компонента. Применяют для извлечения жира из костей и шквары, для обезжиривания порошков при производстве органолептических препаратов.

Оборудование для тепловой и импульсной обработки жиросодержащих мясopодуKтов

Оборудование для тепловой и импульсной обработки жиросодержащего (в зависимости от способа воздействия на сырье и контакта теплоносителя с жиросодержащим сырьем) можно разделить на пять групп:

1. Аппараты, работающие по способу прямого контакта теплоносителя с жиросодержащим продуктом при атмосферном давлении: плавильный чан, центробежная машина АВЖ, щеточный дезинтегратор, экспульсор, подогреватели жира, агрегат АТК-260 для извлечения жира из трубчатых костей.

Эти аппараты имеют следующие недостатки:

– в результате воздействия острого пара происходит частичное эмульсирование жира, что при длительном нагревании вызывает гидрому и ухудшение качества продукта;

– водорастворимые белки переходят в раствор, что ведет к по-

тере части белков.

Преимущество данных аппаратов заключается в простоте их устройства и обслуживания, доступности наблюдения за ходом процесса и сравнительно малом расходе теплоты.

2. Аппараты, работающие по способу кондуктивного нагрева: открытые перетопочные котлы, разрушитель-плавитель установки «Ленинград», плавители жира.

Преимущества аппаратов данной группы: возможность получения белковой шквары хорошего качества и высококачественного жира при низкотемпературной его штокке; доступность в обслуживании и наблюдении за ходом процесса.

Недостатки: малая поверхность теплопередачи, низкий коэффициент теплоотдачи; возможность приобретения жиром слабоподжаренного вкуса и запаха, необходимость дополнительного обезжиривания шквары.

3. Аппараты, работающие по способу прямого контакта теплоносителя с жиросодержащим продуктом при избыточном давлении: автоклавы с жиротделителем для извлечения жира из костей.

Данные аппараты универсальны и могут применяться для переработки различных видов мягкого и костного как пищевого, так и не пищевого сырья и конфискатов.

Недостатками указанных аппаратов являются:

- глубокий гидролиз жира и соединительно-тканых белков;
- значительные габаритные размеры и металлоемкость;
- большая продолжительность процесса обработки (так как теплообмен происходит в толстом слое продукта).

4. Аппараты, работающие по способу кондуктивного нагрева под избыточным давлением и вакуумом: вертикальный автоклав для вытопки свиного жира, вертикальный двустенный вакуумный аппарат, горизонтально-вакуумные котлы.

Аппараты данной группы обеспечивают высокий выход жира и шквары и хорошее их качество. Вместе с тем эти аппараты могут работать как под избыточным давлением, так и под вакуумом.

Недостатки аппаратов рассматриваемой группы:

- значительные габаритные размеры, металлоемкость;
- длительность протекания процесса;
- большой расход пара, электроэнергии и холодной воды.

5. Аппараты, работающие по способу непосредственного воздействия механической энергии на сырье: электромеханические машины (костедробилки, статические разделители, плавители, сепараторы и др.); к этой группе аппаратов также относится электрогидроимпульсное оборудование.

Преимущества данных аппаратов:

- быстрота процесса извлечения жира; .
- сохранение качества белка в шроте;
- непрерывность процесса.

Недостатки:

- потеря жира и белка с отходящими водами за счет получения стойких эмульсий;
- мелкое дробление костного шрота, ограничивающее его дальнейшее использование для производства клея и желатина;
- сильное обводнение шрота и трудность его сушки.

3.1. Огневая обработка мясopодуkтов

Обработку мясopодуkтов огнем (или продуктами горения) применяют с целью дезинфекции, сушки, создания условий для осуществления заданных изменений продукции или придания ей специфического вкуса (привкуса), а также для запекания или варки. В зависимости от назначения огневую обработку мясopодуkтов подразделяют на опалку, обжарку, запекание и варку.

Опалку используют для удаления остатков волос и пуха, дезинфекции поверхности продукции и придания последней специфического вкуса, запаха и цвета. Процесс опалки состоит из двух фаз: подсушки поверхности продукции, прошедшей до этого операцию шпарки и собственно опалки, при которой обугливаются и сжигаются остатки волос, щетины, пуха, эпидермиса. Опалке подвергаются свиные туши, шерстные субпродукты и тушки птиц ($\tau = 1000\text{--}1100\text{ }^\circ\text{C}$, $t = 15\text{--}20\text{...}60\text{ с}$). В таких условиях продукт получает качественную опалку и дезинфекцию, приятный запах и требуемый цвет поверхности.

Обжарке подвергаются некоторые сорта колбасных изделий, пирожки. Обжарку колбас используют для прогрева фарша, ускоряющего его покраснение, а также для сушки, уплотнения и упрочения

кишечной оболочки, пропитывания оболочки продуктами горения и соответственно ее дезинфекции. Температура в обжарочной камере $\tau = 60\text{--}120\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 30\text{ мин} - 2,5\text{ ч}$.

При опалке мясопродуктов продукты горения топлива получаются в результате сжигания жидких нефтепродуктов или высококалорийного газа. Для обжарки колбас продукты горения смешиваются с воздухом и могут быть получены путем сжигания дров, опилок или щеп с газом. Пирожки обжариваются продуктами горения дров, газа или с помощью электрообогрева, погружения в масло, инфракрасного облучения. Чем выше температура процесса, тем быстрее он осуществится. Возможность механизации операций загрузки, продвижения продукции во время обработки в непрерывном потоке и выгрузки из аппаратов для обжарки или опалки усложняется из-за повышенной температуры газов, омывающих грузонесущие органы, передачи и их опоры.

Для работы механизмов и передач в условиях обжарки следует применять специальные масла, которые в условиях работы опалочных печей совершенно неприемлемы.

В некоторых установках опорные детали, требующие обязательной смазки, выносят за пределы зоны высоких температур, что несколько упрощает работу смазочной системы, но утяжеляет конструкцию установки. Кроме того, для передачи продукции через зону высоких температур применяют прямые шнеки, опоры которых вынесены за пределы аппаратуры, а вовнутрь вала шнека подается охлаждающая вода.

В зависимости от назначения оборудование для огневой обработки мясопродуктов можно подразделить на опалочные установки и устройства, обжарочные камеры и печи, а также печи для запекания; по роду действий – на установки непрерывного и периодического действия.

3.2. Вакуум-горизонтальный котел

Горизонтальные вакуумные котлы являются основным видом теплового оборудования, широко применяемого для переработки непищевого животного сырья с целью получения различной технологической продукции (кормовой муки, технического и кормового жиров). В настоящее время при производстве сухих животных кор-

мов применяют горизонтальные вакуумные котлы различной конструкции. В основном они отличаются размерами (геометрическим объемом), поверхностью нагрева, способом загрузки, конструкцией привода, частотой вращения мешалки, методом конденсации сокового пара, конструкцией конденсаторов и вакуум-насосов.

Изготавливаемые горизонтальные вакуумные котлы могут иметь в качестве поверхности нагрева: цилиндрические одну или две торцевые стенки (полный обогрев); цилиндрические торцевые стенки, вал и лопасти мешалки; цилиндрическую боковую поверхность, вал и лопасти мешалки.

Горизонтальные вакуумные котлы имеют цилиндрический корпус и мешалку; ось котла и мешалки располагается горизонтально. Горизонтальные вакуумные котлы, применяемые для переработки мелкого жиросодержащего сырья, костей и конфискатов, являются универсальными, так как в них можно производить ряд технологических операций при различных режимах. Привод вала мешалки осуществляется от электродвигателя, который (в зависимости от типа котла) может быть установлен: непосредственно на редукторе; на раме через зубчатую передачу; под котлом через редуктор и гибкую связь; под редуктором.

Горизонтальный вакуумный котел КВМ-4,6 (рис. 1) представляет собой двустенный цилиндрический корпус 3 с двустенными эллиптическими днищами, образующими поверхность обогрева аппарата. Через днища проходит вал мешалки 9, опирающийся на роликовые подшипники 8, 11. Лопасти мешалки 2 (литые со скосами) крепятся на валу с помощью шестигранника. Скосы на лопастях обеспечивают осевое передвижение продукта к выгрузочному люку 1 при обратном вращении мешалки. Расстояние между концами лопастей и внутренней стенкой котла равно 5 мм. Смежные лопасти смещены относительно друг друга на 120°.

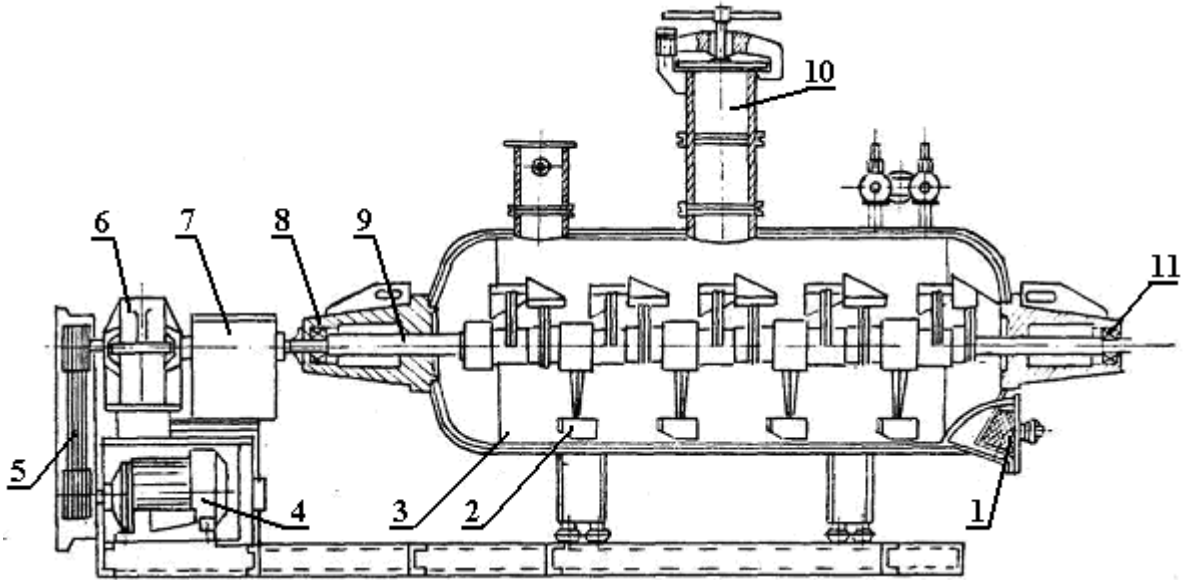


Рис. 1. Горизонтальный вакуумный котел КВМ-4,6:

1 – люк; 2, 9 – мешалки; 3 – корпус; 4 – электродвигатель;

5 – клиноременная передача; 6 – редуктор; 7 – муфта;

8, 11 – роликовые подшипники; 10 – загрузочная горловина

Мешалка приводится во вращение от электродвигателя 4 через клино-ременную передачу 5 и двухступенчатый (цилиндрический) редуктор 6. Вал мешалки соединен с выходным валом редуктора через уравнительную муфту 7 с предохранительным штифтом. Изменение мощности, развиваемой электродвигателем в процессе переработки различных видов сырья, а именно – ее увеличение, одинаково в период сушки шквары. Это важно учитывать во избежание перегрузки привода и электродвигателя.

Загрузка котла осуществляется через верхний люк, закрывающий вертикальную загрузочную горловину 10. Разгрузка котла происходит через боковой люк, вмонтированный в эллиптическое днище, открытие которого может осуществляться дистанционно. Выпуск жира производится по наклонному патрубку, приваренному к нижней части цилиндрического корпуса. Вакуум в аппарате создается с помощью тарельчатого барометрического конденсатора и водокольцевого вакуумного насоса, приводимого в движение от электродвигателя мощностью 7 кВт.

3.3. Охладитель жира ФОЖ

Аппарат ФОЖ предназначен для охлаждения вытапливаемого жира (свиного до $t = 35\text{--}36\text{ }^{\circ}\text{C}$, говяжьего до $t = 41\text{--}43\text{ }^{\circ}\text{C}$) перед заливкой в тару.

Аппарат установлен в непрерывно-поточной линии вытопки пищевых жиров. Он состоит из верхней, средней и нижней секций, закрытых кожухом 8 (рис. 2). В каждой секции имеется рабочий цилиндр 1, обвитый металлической спиралью 2 и заключенный в цилиндрический кожух 3 с патрубками для входа и выхода охлаждающей воды. Рабочий цилиндр при помощи передней 18 и задней 4 стенок через прокладки притягивается болтами к фланцам кожуха. На задней стенке в корпусе на подшипниках качения установлен приводной валик. В выточку передней стенки вложена резиновая прокладка, к которой болтами прижата крышка 17.

Внутри рабочего цилиндра размещен вытеснитель 15 с укрепленными на нем откидными ножами. Одним концом он опирается на смонтированный в крышке подшипник, перемещение которого регулируется в осевом направлении, а другим соединен с приводным валиком. Вытеснители приводятся во вращение через закрытые кожухом цепные 7 и клиноременную передачи от электродвигателя 11. Промежуточный валик передает вращение рабочим органам шестерчатого насоса 10 (с внутренним зацеплением), который имеет всасывающий 13 и нагнетательный 12 патрубки. Последний подводится к задней стенке нижней секции.

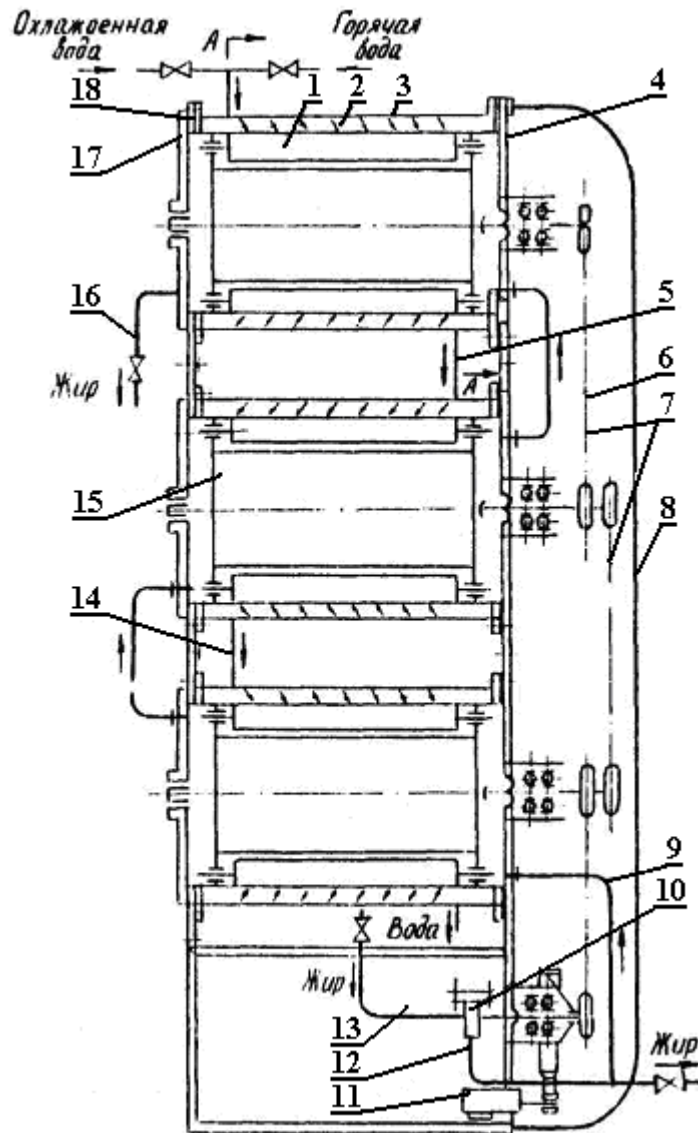


Рис. 2. Охладитель жира ФОЖ:

1 – цилиндр; 2 – спираль; 3 – кожух; 4 – задняя стенка цилиндра; 5, 6, 9, 12, 13, 14, 16 – патрубки; 7 – цепная передача; 8 – кожух; 10 – насос; 11 – электродвигатель; 15 – вытеснитель; 17 – крышка; 18 – передняя стенка цилиндра

Жир после сепарирования подается в нижнюю секцию через патрубок 9, а из нижней – в среднюю и далее – в верхнюю по трубкам, подсоединенным к рабочим цилиндрам через крышки. Патрубок для выпуска жира 16 прикреплен к крышке верхней секции. Охлаж-

дающие рубашки верхней и средней секций соединены переходным патрубком 5.

Насосом жир подается в полость, образуемую рабочим цилиндром и вытеснителем нижней секции. Холодная вода поступает в охлаждающую рубашку верхней секции, из нее по патрубку – в среднюю секцию, далее – в нижнюю и удаляется из аппарата. Она движется по специальному каналу с большой скоростью и интенсивно охлаждает рабочий цилиндр. Жир застывает на его стенках и тут же срезается ножами, которые отбрасывают его от охлаждающей поверхности и перемешивают с остальной массой. Из нижней секции жир через патрубок 14 поступает в среднюю секцию, где доохлаждается, затем по патрубку 6 подается в верхнюю секцию и, охладившись, окончательно сливается через выходной патрубок в тару.

Выходной патрубок имеет отверстие, по которому жир можно слить в накопительно-раздаточную емкость. На патрубке установлены термометр для регистрации температуры жира и два вентиля: один – для охлажденной воды, другой – для горячей воды, чтобы обогревать рабочие цилиндры при застывании в них жира.

При разборке охладителя следует снять передние крышки и вынуть вытеснители. Во избежание образования задиров на рабочей поверхности цилиндров их необходимо смазать тем жиром, который предстоит охладить. При сборке вытеснители устанавливаются в соответствующие секции.

Для этих аппаратов расход охлаждающей воды не должен превышать 1500 л/ч при охлаждении свиного жира и 100–1100 л/ч – говяжьего. С увеличением частоты вращения электродвигателя в 1,5 раза производительность аппарата повышается на 10–15 %. При охлаждении жира до $t = 23–25$ °С производительность аппарата снижается в 2 раза.

3.4. Центробежная машина АВЖ-245

Машина АВЖ-245 предназначена для измельчения и вытопки жира из всех видов жиросодержащего сырья в парном, остывшем и охлажденном виде.

Данная машина относится к аппаратам, работающим по способу прямого контакта теплоносителя с жиросодержащим продуктом.

В аппаратах, работающих по способу прямого контакта, теплоноситель – острый водяной пар – подается непосредственно в зону плавления жира; за счет конденсации пара осуществляется заданная технологическая обработка сырья.

Машина АВЖ-245 (рис. 3) состоит из станины 12, бункера 4, корпуса 2, закрытого крышкой 3, вращающегося барабана 1, который является основным рабочим органом машины. На цилиндрической поверхности барабана расположены 152 отверстия диаметром 6 мм. В центре барабана укреплен подвижный нож 7, предназначенный для первичного измельчения сырья и отбрасывания его на стенку перфорированного барабана. Внутри барабана расположены два неподвижных ножа 6, которые крепятся к корпусу машины.

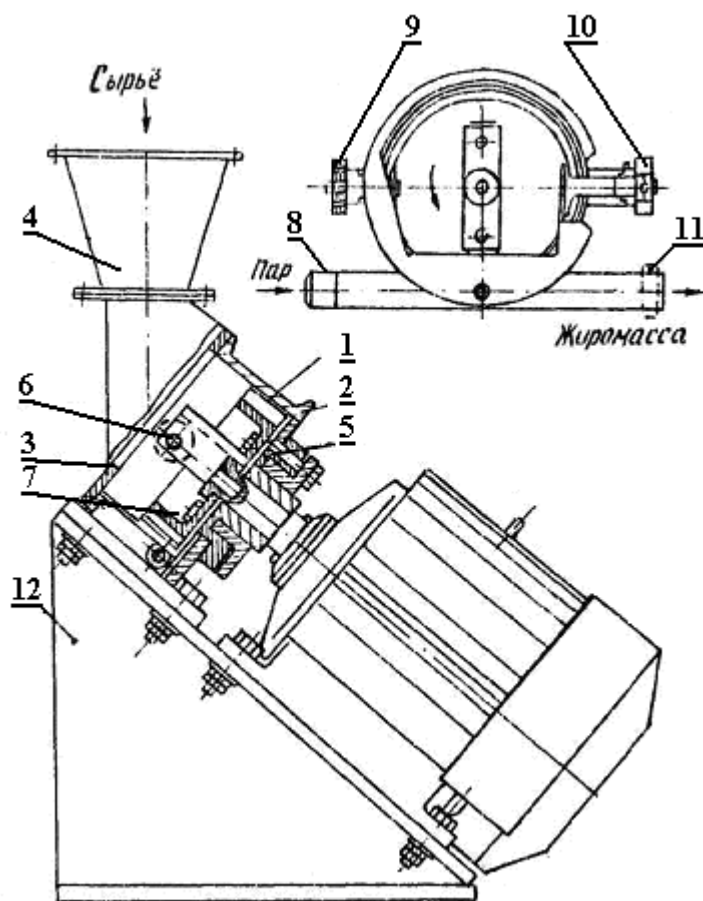


Рис. 3. Центробежная машина АВЖ-245:

1 – барабан; 2 – корпус; 3 – крышка; 4 – бункер; 5 – сальник;
6, 7 – ножи; 8 – патрубок; 9, 10 – гайки; 11 – труба; 12 – станина

Крепление неподвижных ножей 6 к корпусу машины дает возможность с помощью гаек 9, 10 регулировать зазор между внутренней стенкой перфорированного барабана и неподвижными ножами.

Сальник 5 на валу барабана препятствует вытеканию содержимого барабана в процессе работы машины. Пар для расплавления жиросодержащего сырья подается через патрубок 8, а готовый продукт выводится через напорную трубу 11.

Центробежная машина хорошо зарекомендовала себя при переработке мягкого говяжьего и свиного сырья. Она обеспечивает требуемую степень измельчения и выхода жира. Центробежные машины АВЖ могут иметь производительность от 500 до 200 кг/ч. Производительность данных машин зависит от вида сырья, диаметра и количества отверстий в барабане, окружной скорости барабана и пр. Мощность двигателя к ним составляет от 7 до 14 кВт, окружная скорость барабана – 30–46 м/с.

3.5. Пластинчатый теплообменник

Пластинчатые теплообменники для тепловой обработки различных жидкостей являются одним из наиболее прогрессивных типов жидкостных теплообменников непрерывного действия.

В отношении компактности, производительности и интенсивности теплопередачи пластинчатые теплообменники не имеют себе равных. То же можно сказать и об условиях чистки рабочих поверхностей от пригара и отложений и санитарного обслуживания, мойки и дезинфекции, имеющих первостепенное значение при эксплуатации аппаратов, предназначенных для нагревания и охлаждения жидких пищевых продуктов.

Конструктивные, теплотехнические и эксплуатационные достоинства пластинчатых аппаратов способствуют все более широкому их применению как на предприятиях различных отраслей пищевой промышленности, где они заняли основное положение в линиях обработки молока, пива, вина, фруктовых соков, минеральных вод, так и в других отраслях народного хозяйства, например в химической промышленности.

Классификация пластинчатых аппаратов по некоторым главным признакам:

1. По назначению: нагреватели, охладители, регенераторы, аппараты комплексной тепловой обработки.
2. По виду теплоносителя: водообогреваемые, паробогреваемые.
3. По виду хладоносителя: охлаждаемые водой, охлаждаемые рассолом, охлаждаемые водой и рассолом.
4. По числу секций: односекционные, двухсекционные, многосекционные, комбинированные.
5. По взаимному направлению движения жидкостей: прямоточные, противоточные.
6. По конструкции пластин: с узкими зигзагообразными каналами, с ленточными каналами, с сетчатыми каналами.
7. По виду зажимного механизма: с одновинтовым механизмом, с двухвинтовым механизмом, с гидравлическим зажимом.
8. По типу выдерживателя: с выносным выдерживателем, со встроенным выдерживателем.

На предприятиях безалкогольной промышленности для охлаждения воды широкое распространение находят теплообменники (рис. 4).

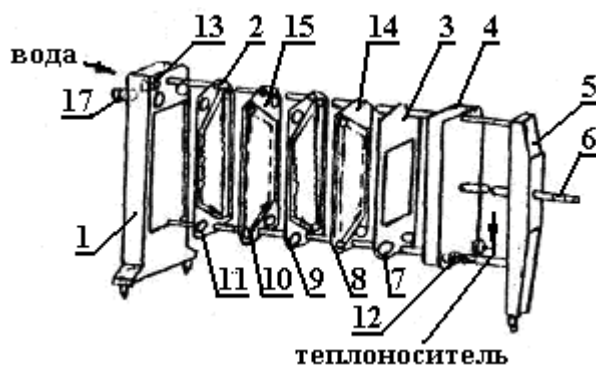


Рис. 4. Схема пластинчатого аппарата:

- 1, 5 – стойки; 2 – угловое отверстие; 3 – штанга; 4 – нажимная штанга;
 6 – винт; 7–11 – пластины; 12, 13, 16, 17 – патрубки; 14 – пластина;
 15 – прокладка

Обработка продукта в них осуществляется в тонком слое (3–6 мм), что способствует быстрой тепловой обработке жидкости по толщине потока.

Пластины данных аппаратов имеют рифленую поверхность, поэтому при сравнительно малой скорости движения жидкости (0,6–0,8 м/с) последняя интенсивно перемешивается по всему объе-

му, вследствие чего улучшается обработка жидкости в отдельных точках потока. Детали пластинчатого аппарата, соприкасающиеся с лицевым продуктом, изготовлены из нержавеющей стали. Основными элементами пластинчатого аппарата являются теплообменные пластины 7–11, изготовленные из тонкой листовой нержавеющей стали. Пластины установлены на горизонтальных штангах 3. Концы штанг заделаны в стойках 1 и 5. В собранном виде пластины сжаты при помощи винта 6 и нажимной штанги 4. Между пластинами установлены резиновые прокладки 15. Каждая пластина имеет (в качестве прокладок) малое и большое резиновые кольца, которые охватывают два угловых отверстия (по диагонали или с одной стороны пластины). Через эти отверстия осуществляются подвод и отвод жидкости. Рассмотрим движение продукта и теплоносителя через аппарат. Продукт входит в аппарат через патрубок 13 и через угловое отверстие 2 попадает в продольный канал аппарата, образованный угловыми отверстиями пластин при их сжатии. По этому каналу продукт доходит до пограничной пластины 14, имеющей глухой угол (без отверстия). Из продольного канала продукт распределяется по нечетным зазорам и пластинам благодаря соответствующему расположению кольцевых прокладок 15, исключая возможность его проникновения в четные зазоры.

При движении в зазорах вниз продукт обтекает рифленые поверхности пластин, которые с обратной стороны обогреваются теплоносителем. Внизу продукт выходит из зазоров в нижний продольный канал, образованный угловыми отверстиями 9 и выходит из аппарата через патрубок 16. Теплоноситель движется через аппарат противотоком по отношению к продукту. Он поступает через патрубок 12, проходит через нижний продольный канал, распределяется по четным зазорам между пластинами и поднимается по ним вверх. Через верхний продольный канал и патрубок выходит из аппарата.

Пластинчатый охладитель

Пластинчатый охладитель предназначен для охлаждения жира холодной водой после его очистки на сепараторе.

Охладитель (рис. 5) состоит из передней 5 и задней 6 плит со штуцерами и набора штампованных теплообменных пластин 7, изготовленных из нержавеющей стали и разделенных на шесть секций

пластинами специальных профилей с перепускными отверстиями в необходимых местах.

Пластины 7 сверху и снизу ограничены нижней 3 и верхней 8 направляющими. Охладитель крепится к каркасу с помощью швеллера 9. Пластинчатый охладитель работает по принципу противотока. Жир и охлаждающая вода движутся по каналам, образуемым смежными пластинами. Герметичность каналов достигается уплотнением их прокладками специального профиля 10, которые плотно прижимаются друг к другу с помощью стяжек 4.

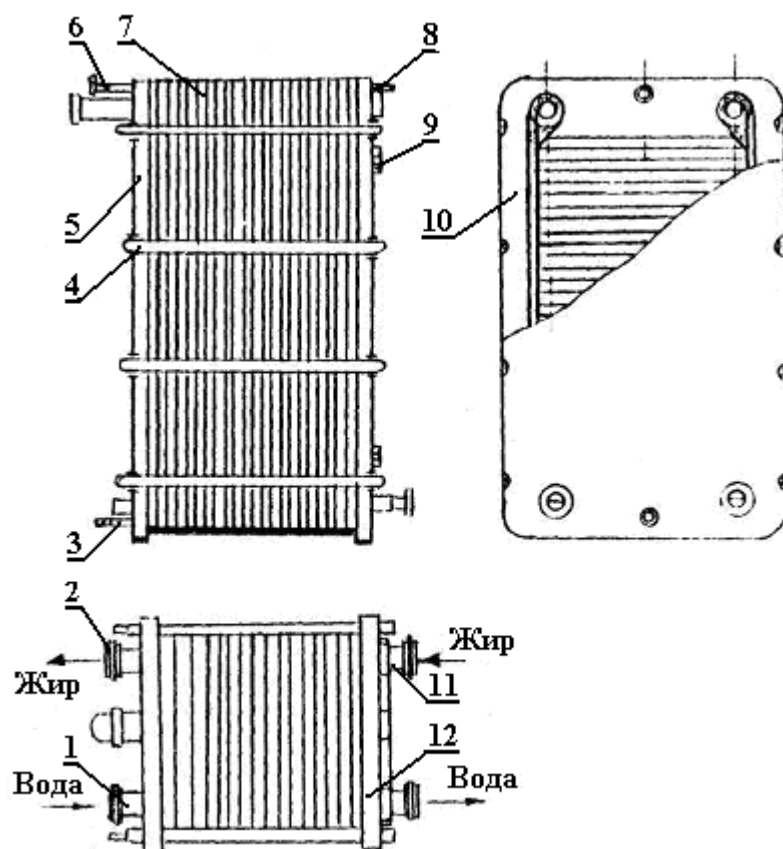


Рис. 5. Пластинчатый охладитель:

1 – левый штуцер нижней части передней плиты; **2** – левый штуцер верхней части передней плиты; **3** – нижняя направляющая; **4** – стяжки; **5** – передняя плита; **6** – задняя плита; **7** – пластины; **8** – верхняя направляющая; **9** – швеллер; **10** – профиль; **11, 12** – штуцеры

Горячий жир подается в охладитель насосом из накопителя жира через штуцер 11, расположенный в нижней части задней плиты с правой ее стороны, и выпускается через левый штуцер 2 верхней

части передней плиты. Охлаждающая вода подается центробежным насосом через штуцер 12 передней нажимной плиты сверху с правой стороны и удаляется снизу передней плиты через левый штуцер 1.

Коммуникация охлаждающей воды предусматривает ее рециркуляцию с частичным сбросом теплой (отработавшей) воды и подсосом холодной воды. Холодную воду во всасывающую линию перед насосом подают через специальный вентиль диаметром 18 мм с клапаном, управляемым исполнительным механизмом. Последний срабатывает при воздействии на него балансового реле, помещаемого в шкаф управления и получающего, в свою очередь, импульс от дистанционного термометра; термобаллон последнего устанавливают на нагнетательной линии холодной воды перед охладителем.

Охлажденный жир на выходе из охладителя поступает на расфасовку по трубопроводу, снабженному краном и предохранительным клапаном, сбрасывающим жир в сборник.

Линия сброса срабатывает при перекрытии крана на трубопроводе.

Охладитель испытывается на герметичность под избыточным давлением $P_{изб} = 7,84 \cdot 10^5 - 9,81 \cdot 10^5$ Па.

За счет противотока, тонкослойного охлаждения и значительной скорости движения обеспечивается высокий коэффициент теплопередачи, равный $1050 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Пластинчатые охладители характеризуются компактностью, измеряемой отношением площади теплопередающей поверхности к объему, занимаемому охладителем.

Недостатком пластинчатого охладителя является наличие большого количества прокладок.

3.6. Автоклав

Автоклав предназначен для извлечения жира из костей под давлением с непрерывным отводом жира и бульона (рис. 6). Аппарат состоит из котла для вытопки жира и жиротделителя для приема и отделения жира от бульона. Сырье загружается в аппарат в корзинах 11.

Котел для вытопки жира состоит из цилиндрического корпуса 6 с приваренным сферическим днищем 5, шарнирно закрепленной сферической крышкой 10 и опорных лап 7, приваренных к корпусу.

В своей верхней части корзины *11* снабжены ушками для захвата подъемными скобами. Нижняя корзина опирается на ребра, приваренные к днищу котла *5*.

На корпусе котла имеются два патрубка: один из них расположен в нижней части и служит для подачи пара, другой (диаметром 25 мм) – в верхней части и служит для выпуска пара.

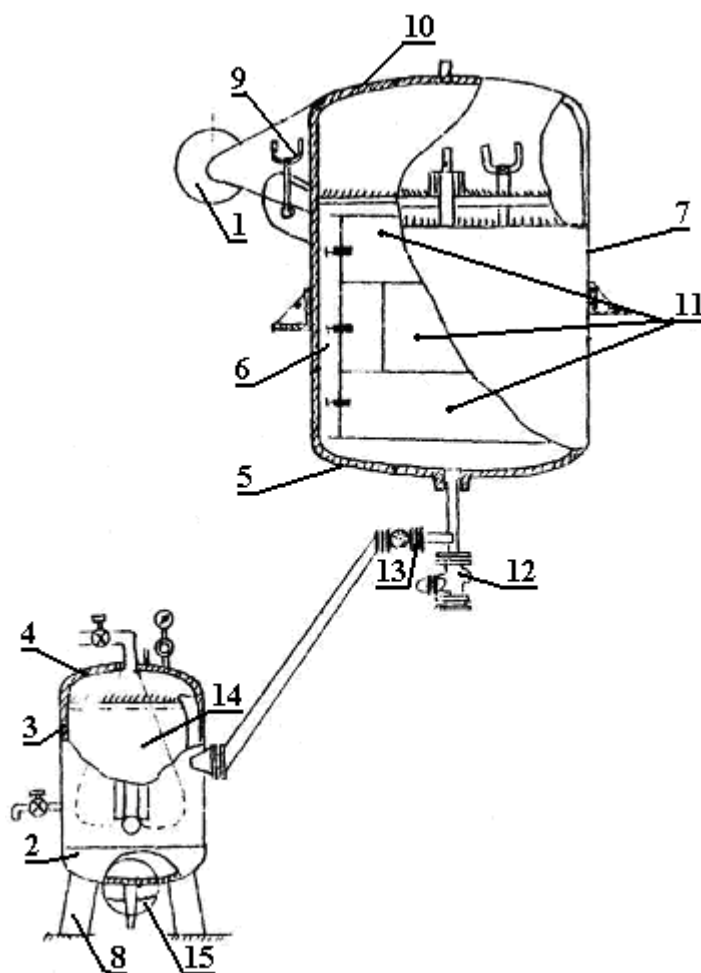


Рис. 6. Автоклав с жиротделителем:

- 1* – опорные ножки; *2* – дно; *3* – корпус жиротделителя; *4* – крышка;
- 5* – днище; *6* – корпус котла для вытопки жира; *7* – опорные лапы;
- 8* – противовес; *9* – откидные болты; *10* – крышка; *11* – корзины;
- 12, 13* – задвижки; *14* – колпак; *15* – вентиль

Предохранительный клапан (пружинного типа) смонтирован на паропроводе, а манометр – на крышке аппарата.

В центре сферического днища на специальном тройнике смонтированы две задвижки *12*, *13*. Нижняя служит для отвода конденсата из котла после пропарки костей, а боковая – для соединения котла с жиरोотделителем.

В аппарате имеется противовес *8*, обеспечивающий открытие крышки. Крышка автоклава снабжена откидными болтами *9* для герметического закрывания аппарата.

Жиरोотделитель представляет собой герметически закрытый вертикальный сосуд, который состоит из корпуса *3* со сферическим дном *2* и такой же крышкой *4*, прикрепленной к корпусу на стяжных болтах через фланцы. В торце крышки, усиленном накладками, закреплено уплотнительное кольцо. К внутренней поверхности крышки подвешены два конусообразных колпака *14*, под которые по трубопроводу поступает жиробелковая смесь из котла.

Накапливаемый в конических колпачках жир как наиболее легкий компонент смеси поднимается вверх и по центральной трубе через крышку отделителя выводится в отстойник.

В нижней боковой части корпуса расположен патрубок для отвода бульона из жиरोотделителя. На крышках жиरोотделителя и автоклава имеются манометры, контролирующие давление внутри сосудов.

В центре сферического днища жиरोотделителя предусмотрен вентиль *15* для слива осадка и промывной воды.

С наружной стороны жироотделителя предусмотрен вентиль для слива жира и промывной воды. С наружной стороны жироотделителя смонтирован указатель уровня жира и бульона.

Указатель состоит из стеклянной трубки, системы кранов для продувки и предохранительного ограждения трубки. К корпусу жиरोотделителя приварены три опорные ножки *1*, на которые он устанавливается на полу.

Жиरोотделитель монтируют независимо от места установки автоклава с минимальным уклоном соединительного трубопровода 1:50 (понижение к отделителю).

Соединительный трубопровод, автоклав (за исключением крышки) и жироотделитель изолируют.

Автоклав имеет электротельфер или таль для загрузки корзин с костями. Общая вместимость корзин при их объеме 1,5 м обеспечивает одновременную загрузку 1200 кг костей. Процесс перера-

ботки одной порции костей длится (в зависимости от давления греющего пара и вида костей) в среднем 3 ч.

Техническая характеристика автоклава для извлечения жира из костей

Производительность, кг/ч.....	400
Вместимость, м:	
– котла	2,5
– одной корзины	0,5
– жиροотделителя	0,43
Давление в аппарате, Па	$4,9 \cdot 10^5$
Диаметр, мм:	
– автоклава	1400
– жиροотделителя	650
Габаритные размеры котла, мм:	
– длина	2500
– высота	2700
– ширина	1850
Габаритные размеры жиροотделителя, мм:	
– длина	1050
– высота	1900
– ширина	1900
Диаметр трубопровода, мм:	
– парового	25
– жиροотводящего	15
Масса котла, кг	1699
Расход пара на 1 т костей, кг	200
Расход энергии на загрузку 1 т костей, Дж	$1,44 \cdot 10^6$

Вертикальный автоклав для вытопки свиного жира

Автоклав предназначен для вытопки под давлением свиного жира из мездрового сырья ручной и машинной съемки, а также для извлечения жира из костей. В автоклаве можно вытапливать измельченное жиросодержащее сырье и трубчатые кости при открытой крышке и при том же режиме, что и в открытых котлах.

Автоклав (рис. 7) представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд 1 с эллиптическим приваренным днищем 6. Автоклав закрывается крышкой 14, шарнирно прикрепленной к корпусу и про-

вращающейся вокруг оси с помощью противовеса *11*. Фиксация крышки осуществляется с помощью болтов *13*.

Паз кольца, припаренного к крышке, имеет резиновую прокладку, которая обеспечивает необходимую плотность при затяжке болтами *16*.

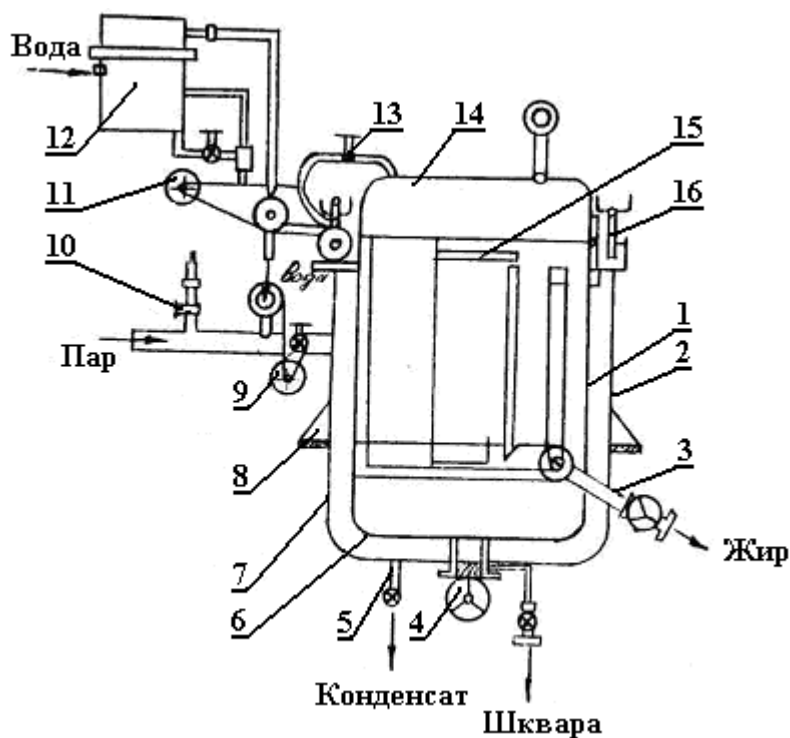


Рис. 7. Вертикальный автоклав для вытопки свиного жира:
1 – сосуд; *2* – тепловая рубашка; *3* – шарнирная труба; *4* – выпускная труба; *5* – патрубок; *6* – днище сосуда; *7* – днище рубашки; *8* – лапы;
9 – вентиль; *10* – предохранительный клапан; *11* – противовес;
12 – конденсатор; *13*, *16* – болты; *14* – крышка; *15* – корзина для сырья

Автоклав снабжен тепловой рубашкой *2*. В верхнюю часть рубашки вмонтирован вентиль для подачи пара *9*, а в днище рубашки *7* имеется патрубок *5* для отвода конденсата. Корзина *15* для сырья вместимостью 0,4 м расположена в автоклаве на трех опорах, которые крепят с помощью сварки к днищу. Автоклав устанавливают на четырех лапах *8*, приваренных к тепловой рубашке.

На крышке автоклава установлен манометр, на трубопроводе, подводящем пар в тепловую рубашку, – предохранительный клапан *10* и манометр.

Котел соединен через вентиль с конденсатором смешения *12* для охлаждения или вытопки сырья под давлением и спуска жира

по окончании процесса (перед открытием крышки). Для слива вытопленного жира имеется шарнирная труба 3.

Выгрузка оставшейся после вытопки шквары осуществляется через выпускную трубу 4. Загрузка костей в корзину и выгрузка производятся электротельфером.

Подвод острого пара (при необходимости) осуществляется через змеевик, который врежется в патрубок для спуска шквары.

Техническая характеристика автоклава для вытопки свиного жира

Вместимость, м	0,75
Геометрический объем корзины, м	0,4
Масса одновременно загружаемого сырья, кг	500
Площадь поверхности нагрева, м	3,5
Давление пара, Па	2,94
Расход пара на вытопку 1 т свиного жира из неизмельченного сырья, кг	4,60

4. РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Для теплообменных аппаратов выполняют проектный и проверочный расчеты.

При проектировании нового теплообменника производят конструктивный расчет. При этом должны быть известны (заданы) производительность аппарата и параметры продукта (объекта) на входе и на выходе из теплообменника. В результате расчета определяют требуемую поверхность теплообмена, расход теплоносителя (хладагента), геометрические размеры, гидравлическое сопротивление, механическую прочность.

Проверочный расчет выполняют, чтобы определить, можно ли использовать имеющийся теплообменник для того или иного технологического процесса. При этом расчете очень важно правильно выбрать оптимальные скорости движения потоков, что имеет решающее значение при конструировании и эксплуатации теплообменников.

Оптимальная скорость определяется из условий достижения желаемой степени турбулентности потока, поэтому обычно стремятся, чтобы скорость потока соответствовала критерию Рейнольдса $Re > 10000$.

Рекомендуются следующие оптимальные скорости движения W , м/с:

0,6...1,5 – вода, жидкости с умеренной вязкостью;

0,2...0,6 – вязкие жидкости (среды);

8...12 – воздух и газы при умеренном давлении;

25...30 – насыщенный пар под давлением;

34...45 – насыщенный пар под вакуумом.

Расчет кожухотрубного теплообменника

Шаг размещения труб:

$t = 1,3...1,5 d_n$ – при закреплении труб развальцовкой;

$t = 1,25 d_n$ – при закреплении труб сваркой, где d_n – наружный диаметр трубы.

Общее число труб в теплообменнике

$$n = \frac{F}{\pi d_{cp} l},$$

где F – площадь поверхности теплопередачи, m^2 ; d_{cp} – средний диаметр трубы, м; l – принятая длина трубы, м.

Число труб в одном ходу (пучке)

$$n_1 = \frac{4V}{\pi d^2 W},$$

где V – заданный расход жидкости, $m^3 \cdot c^{-1}$; d – внутренний диаметр трубы, м; W – принятая скорость движения жидкости, $m \cdot c^{-1}$.

Число ходов в трубном пространстве теплообменника

$$z = \frac{n}{n_1}.$$

Для определения геометрических размеров теплообменника рассчитывают общее число труб, которые можно разместить на трубной решетке,

$$n = 0,75(n_d^2 - 1) + 1,$$

где n_d – число труб, размещающихся на диаметре трубной решетки,

$$n_d = \sqrt{\frac{4F}{3\beta tf}}.$$

Здесь F – площадь расчетной поверхности теплопередачи, м^2 ; t – шаг труб, м; f – площадь поверхности одного метра трубы, м^2 ; β – отношение высоты или длины рабочей части теплообменника к его диаметру,

$$\beta = \frac{\ell}{D},$$

где D – наружный диаметр трубной плиты, $D = (n_d - 1)t + 4d_n$, ℓ – рабочая длина одной трубы, м, $\ell = \frac{H}{\pi d_{\text{ср}} n}$ или $\ell = \beta D$.

Полная высота (длина) теплообменника, м,

$$H = \ell + 2\delta + 2h,$$

где δ – толщина трубной решетки, м; для стальных труб $\delta = 0,125d_n + 0,005$; для медных труб $\delta = 0,125d_n + 0,01$; h – высота камеры, $h = 0,1-0,2$ м.

Расчет змеевикового теплообменника

Змеевик в аппарате размещают так, чтобы он целиком был погружен в жидкость и расстояние от его сторон до стенок аппарата не превышало 0,25–0,4 м.

При известном внутреннем диаметре D аппарата диаметр витка змеевика, м,

$$D_v = D - 2(0,25-0,4).$$

Общая длина труб змеевика, м,

$$L = \frac{F}{\pi d_{\text{ср}}}.$$

Длина одного витка змеевика, м,

$$\ell_B \approx \pi D_B.$$

Число витков в змеевике

$$n = \frac{L}{\ell_B}.$$

Высота змеевика, м,

$$H = (n - 1) t.$$

Расчет пластинчатых теплообменников

Общее количество пластин теплообменника определяется из уравнения расхода жидкости продукта через канал в пластине

$$n = \frac{G}{S_0 v},$$

где G – расход продукта, м³/с; S_0 – площадь сечения канала, по которому движется продукт, м²; v – скорость движения продукта в канале, м/с.

Площадь поверхности теплообмена одной пластины, м²:

– в аппаратах без промежуточных листов

$$F_1 = \frac{F}{n};$$

– в аппаратах с промежуточными листами

$$F_1 = 0,5F (n - 1),$$

где F – общая площадь поверхности теплообмена, определенная тепловым расчетом, м².

Суммарная длина каналов в одной пластине

$$\ell = \frac{F}{(\pi d_3 z)},$$

где z – число каналов на одной стороне пластины; d_3 – эквивалентный диаметр канала; π – смоченный периметр канала; ℓ – длина канала,

$$\ell = \frac{F_1 \Pi}{(4\pi S_0 z)} \approx \frac{0,08 F_1 \Pi}{(S_0 z)}.$$

5. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА О РАБОТЕ

Отчет должен включать в себя описание конструкции, принципа действия рассмотренного оборудования (согласно заданию преподавателя), эскиз агрегата, кинематическую и технологическую схему, а также технологический расчет.

Отчет выполняется на специальных бланках, получаемых студентом на кафедре. Эскизы и схемы выполняются карандашом с обязательным соблюдением требований ЕСКД: текст пишется чернилами, фломастером или пастой.

В конце занятия студент защищает отчет по лабораторной работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Антипов С.Т.** и др. Машины и аппараты пищевых производств. – М.: Высш. шк., 2001. – 704 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА	3
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	3
2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	3
3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	3
3.1. Огневая обработка мясопродуктов	6
3.2. Вакуум-горизонтальный котел	7
3.3. Охладитель жира ФОЖ	10
3.4. Центробежная машина АВЖ-245	12
3.5. Пластинчатый теплообменник	14
3.6. Автоклав	18
4. РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКОВ	23
5. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА О РАБОТЕ	23
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	27

Арсеньев Владимир Владимирович
Мовчанюк Евгений Владимирович
Верболоз Елена Игоревна

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания
к лабораторной работе
для студентов специальности 260601
очной и заочной форм обучения

Редактор

Т.В. Белянкина

Корректор

Н.И. Михайлова

Компьютерная верстка

Н.В. Гуральник

Подписано в печать 29.12.2011. Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л. 1,63. Печ. л. 1,75. Уч.-изд. л. 1,56

Тираж 100 экз. Заказ № С 136

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