

СПЕЦИАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

МОДУЛЬ 1 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ТЕПЛО-МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Лекция 1 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЕМПЕРИРОВАНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

**Лозовая Светлана Юрьевна, д.т.н., проф. кафедры
механического оборудования**

**г. Белгород,
2011 г.**

АППАРАТЫ ДЛЯ НАГРЕВАНИЯ, УВАРИВАНИЯ И ВАРКИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

**Изучить самостоятельно:
Классификация тепло-массообменных
процессов.**

**Научное обеспечение процессов темперирования
и повышения концентрации пищевых сред.
Классификация оборудования.**

**Машины и аппараты пищевых производств. В 2
кн.: Учебник для вузов [Текст]/С.Т.Антипов, И.Т.
Кретов, А.Н.Остриков и др.; Под ред.акад. РАСХН
В.А.Панфилова. – М.: Высшая школа, 2001.**

КОЖУХОТРУБНЫЕ ПОДОГРЕВАТЕЛИ

Кожухотрубные теплообменники изготавливают следующих типов:

- 1) ТН – с неподвижными трубными решетками и температурными компенсаторами;**
- 2) ТП – с плавающей головкой, т.е. одна трубная решетка свободно перемещается;**
- 3) ТУ – с V-образными теплообменными трубками;**
- 4) ТС – с сальником на плавающей головке.**

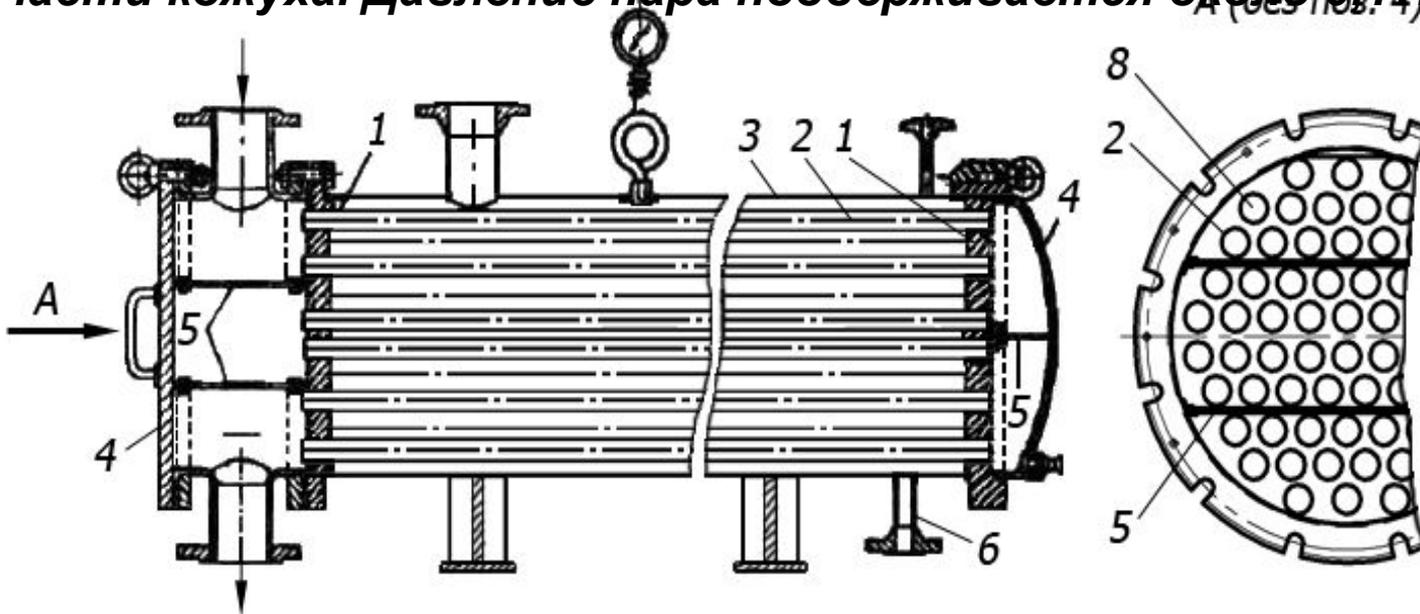
Кожухотрубные стальные теплообменники изготавливаются с площадью теплообмена до 2000 м², для работы при давлении до 6,4 МПа при нагревании жидких и газообразных продуктов при температуре +40...+450°С.

Кожухотрубные теплообменники по трубному (до 12 ходов) и межтрубному (до 12 ходов) пространству могут быть:

- одноходовые;**
- многоходовые.**

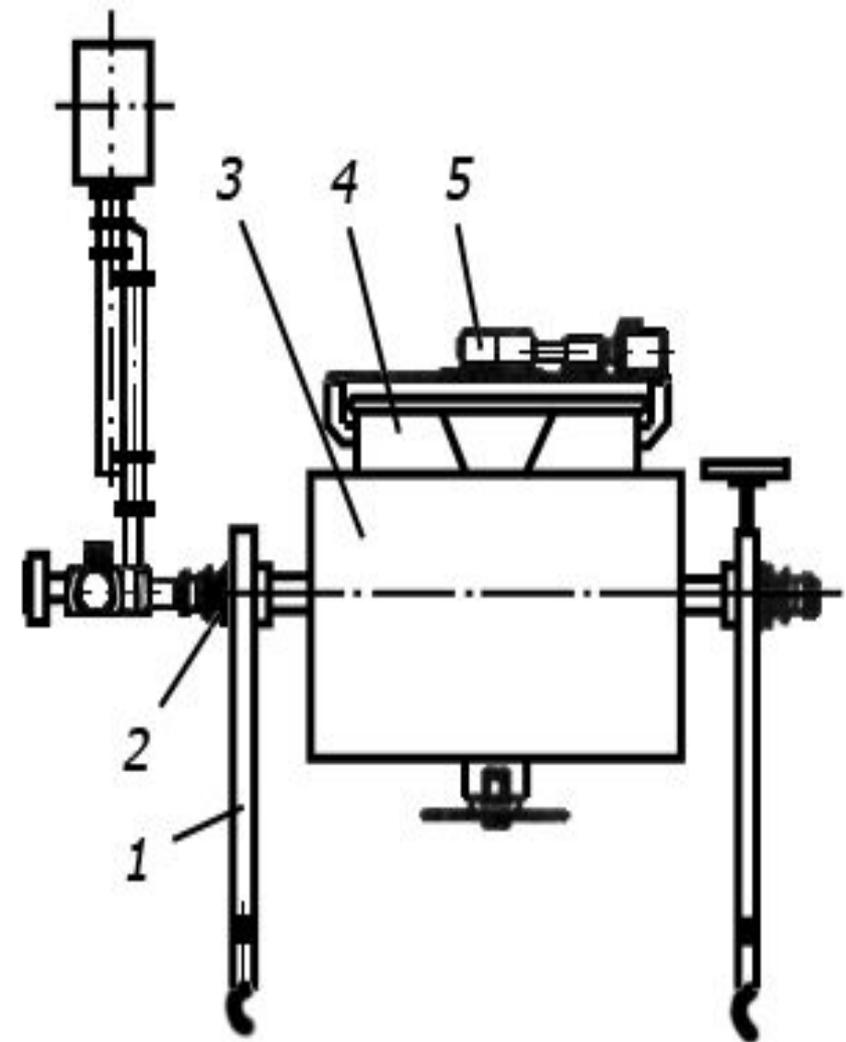
При разности температур сред более 40°С на их корпусе устанавливают специальные температурные компенсаторы.

КОЖУХОТРУБНЫЙ ПОДОГРЕВАТЕЛЬ используется для нагревания дробленой томатной массы, пасты, пульпы, фруктового пюре, фруктовых и овощных соков и т.п. Он состоит из двух трубных решеток 1, в которые завальцованы 66 трубок 2 диаметром 34/32 мм и длиной 1986 мм. Общая площадь поверхности нагрева аппарата составляет около 30 м². Решетки с трубками заключены в металлический кожух 3 цилиндрической формы, с торцов закрытый крышками 4, которые прикреплены к кожуху откидными болтами. Герметичность соединения обеспечивает уплотняющая прокладка. Между крышкой и трубной решеткой 1 имеются перегородки 5, образующие 4 камеры, которые объединяют пучки трубок (по 16 в каждом) последовательно соединены между собой. Пар подается в пространство между кожухом и трубками и омывает их снаружи. Конденсат отводится через патрубок 6 в нижней части кожуха. Давление пара поддерживается около 0,11...0,15 МПа.



Путь продукта проходящего через подогреватель, равен длине одной трубки в пучке, умноженной на число ходов.

Реакторы предназначены для перемешивания с подогревом вязких и жидких пищевых продуктов, состоящих из нескольких компонентов. В зависимости от вместительности изготавливают реакторы различных типов.



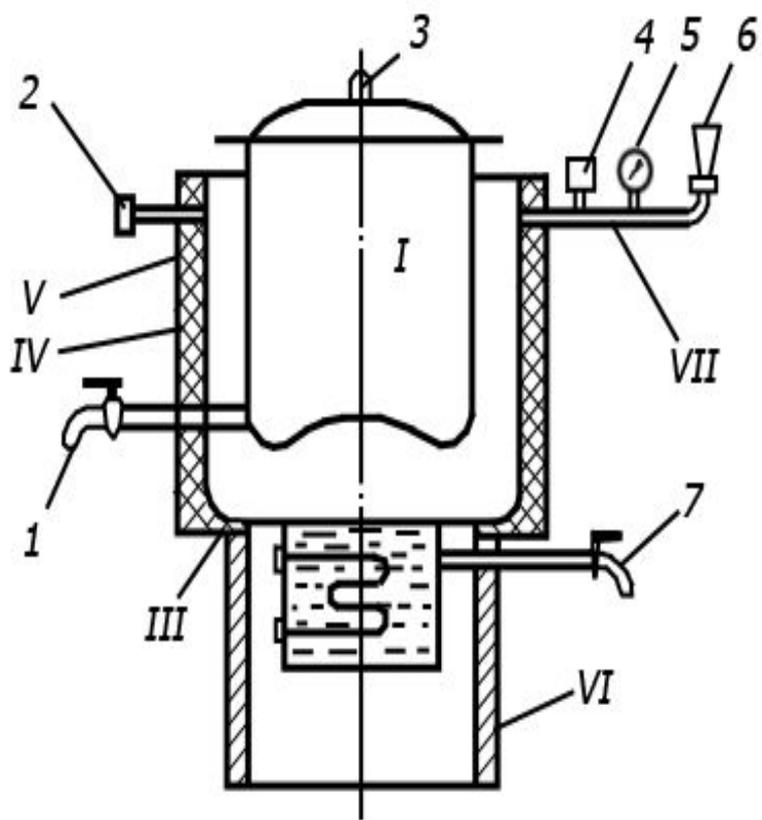
Реактор типа ИЗ-2С имеет две стойки 1, две цапфы 2, паровую рубашку 3, корпус 4, мешалку 5 и электрооборудование. В нижней части паровой рубашки 3 имеется кран для спуска воздуха и конденсата. После заполнения реактора продуктом в рубашку подается пар и начинается процесс перемешивания с подогревом. Мешалка 5 представляет собой вал с лопастями.

Реактор имеет два окна для осмотра внутренней полости, а также люк для периодического осмотра, очистки и ремонта.

Электрические пищеварочные котлы бывают:

- со стационарной и опрокидываемой чашей;
- открытые (без крышки);
- закрытые.
- В открытые варочные котлы помещают специальные переносные мешалки с электроприводом.

Полезный объем составляет от 12 до 200 дм³. Внутренний диаметр чаши 500...800 мм; площадь поверхности нагрева 0,23...0,75 м²; давление греющего пара 0,3...0,6 МПа; частота вращения мешалки 35...60 мин⁻¹.



Используются в общественном питании для приготовления сиропов, колеров, варки круп, мясопродуктов и др.

Котел – это двустенный сосуд I, расположенный в корпусе III, который покрыт кожухом V, изготовленным из листовой эмалированной стали. Пространство между корпусом и кожухом заполнено теплоизоляционным материалом IV. В нижней части котла смонтирован парогенератор II. Вся конструкция котла крепится на основании VI. Пространство между внутренней и наружной поверхностями сосуда I представляет собой герметичную паровую рубашку.

Манометром (электроконтактным) измеряется давление в паровой рубашке котла. При повышении давления в греющей камере двойной предохранительный клапан 4 приподнимает клапан над седлом выводя избыток пара. В нижней части двойного клапана 4 расположен вакуумный клапан, который выравнивает давление в рубашке при образовании вакуума, образующийся при охлаждении котла в результате конденсации пара.

Воронка 6 предназначена для заполнения парогенератора водой и выпуска воздуха из паровой рубашки в начальный период работы котла. Наполнительная воронка 6 снабжена запорным краном, фильтрующей сеткой и крышкой.

Кран уровня 7 размещается в пароводяной рубашке котла на линии предельно допустимого уровня воды и служит для контроля количества воды в парогенераторе. Клапан-турбинка 3 предохраняет варочный сосуд от повышения давления сверх допустимого. При этом пар, поступающий в корпус клапана-турбинки 3, ударяет в винтовые канавки шпинделя турбинки, приподнимая его от седла, и приводит во вращательное движение. С внутренней стороны крышки укреплен отражатель, который предотвращает попадание в турбинку частиц при кипении содержимого сосуда.

Котел неподвижно крепится к фундаменту, крышка котла уравновешивается противовесом, позволяющим фиксировать её в любом положении.

Элементы автоматического управления тепловым режимом котла смонтированы на щите управления, который устанавливается рядом с котлом.

Электрический варочный котел работает в двух режимах: Обеспечивает автоматическое отключение пяти из шести ТЭНов от сети при достижении давления верхнего заданного предела и включения их после снижения давления до нижнего предела;

Автоматическое отключение всех ТЭНов после установления в пароводяной рубашке заданного давления.

Все детали котла, соприкасающиеся с продуктами, выполнены из нержавеющей стали.

При шарнирном соединении котла со станиной нагретую массу выгружают через борт, поворотом котла вокруг горизонтальной оси при помощи маховика. Подвод пара и отвод конденсата в таких котлах производится через пустотелые оси. В рубашке от пустотелой оси к низшей точке опускается трубка, по которой паром выдавливается конденсат.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ.

Расход пара D (кг/с) непрерывно действующего подогревателя (например, трубчатого) определяется из уравнения теплового баланса: ¶

$$Q_1 + Q_2 = D(i - i_K) \text{ или } D = (Q_1 + Q_2) / (i - i_K), ¶$$

где: Q_1 — расход тепла на нагревание продукта, кВт; Q_2 — потери тепла в окружающую среду, кВт; i, i_K — соответственно энтальпия греющего пара и конденсата, кДж/кг. ¶

Расход тепла на нагревание продукта Q_1 (кВт) находится из уравнения теплопередачи: $Q_1 = F \cdot K \cdot \Delta T$, ¶

где: F — площадь поверхности нагрева, м²; K — коэффициент теплопередачи, кВт/(м²·К); ΔT — разность температур, К. ¶

Производительность непрерывно действующего подогревателя Π (кг/с) ¶

$$\Pi = F \cdot K \cdot \Delta T / c(T_2 - T_1), ¶$$

где: c — теплоемкость продукта, кДж/(кг·К); T_1 и T_2 — соответственно начальная и конечная температура продукта, К. ¶

Расход пара D (кг/с) подогревателя периодического действия определяется из уравнения теплового баланса: ¶

$$D_{\text{общ}} = Q_{\text{общ}} / (i - i_K), ¶$$

где: $Q_{\text{общ}}$ — общий расход тепла, кДж, ¶

$$Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, ¶$$

где: Q_1 — расход теплоты на нагревание продукта, кДж; Q_2 — потери тепла в окружающую среду, кДж; Q_3 — расход тепла на испарение с поверхности зеркала продукта, кДж; Q_4 — расход теплоты на нагревание аппарата, кДж. ¶

Площадь поверхности нагрева, F (м²): ¶

$$F = Q_{\text{общ}} / K \cdot \Delta T \cdot \tau, ¶$$

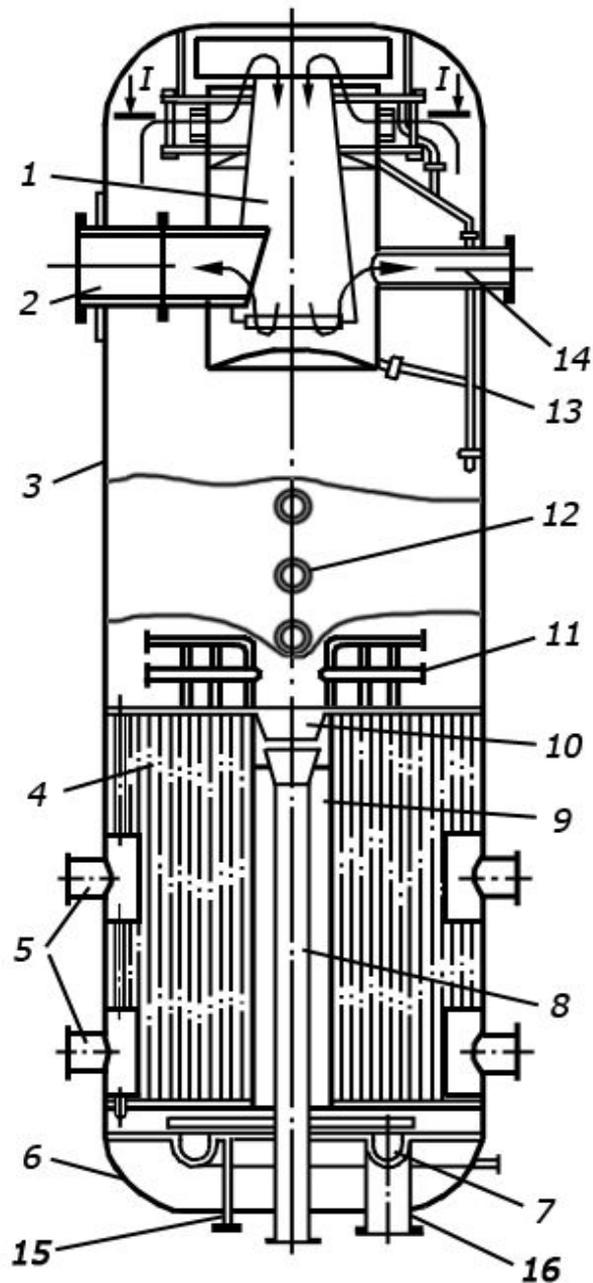
где: τ — продолжительность нагревания, с. ¶

Производительность периодически действующего подогревателя Π (кг/с) определяется по объему продукта, перерабатываемого за один цикл ¶

$$\Pi = V \cdot \rho (\tau + \tau_1 + \tau_2), ¶$$

где: V — объем продукта в аппарате, м³; ρ — плотность продукта, кг/м³; τ , τ_1 и τ_2 — соответственно время нагревания, загрузки и разгрузки аппарата, с. ¶

ВЫПАРНЫЕ АППАРАТЫ И УСТАНОВКИ



Выпарной аппарат типа ВАГ представляет собой цилиндрический корпус 3 сварной конструкции, внутри которого установлена греющая камера 4 и сепаратор 1 для улавливания конденсата выпариваемого продукта. Внизу корпус имеет съемное днище 6, на котором размещены люк и патрубок для спуска 15.

Греющая камера 4 по конструкции аналогична теплообменнику типа ТН с неподвижными трубными решетками.

В циркуляционной трубе 9 паровой камеры смонтированы направляющая воронка 10 и труба 8 с воронкой для отвода сгущенного раствора из аппарата.

Пар в греющую камеру 4 подводится через восемь штуцеров 5, расположенных в два яруса. Для лучшего распределения пара в межтрубном пространстве греющей камеры устроены проходы. Не сконденсировавшиеся газы отводятся из верхней части греющей камеры при помощи разветвленной системы труб 11.

Раствор, поступивший в аппарат через патрубок 16, направляется кольцевым распределителем 7 в кипятильные трубки. Выброшенный из кипятильных трубок на верхнюю трубную решетку раствор стекает по направляющей воронке 10 в раствороотводящую трубу 8. Так как последняя вследствие гидравлического сопротивления или соответствующего регулирования потока не может пропустить все количество раствора, часть раствора стекает по циркуляционной трубе 9 и вновь поднимается по кипятильным трубкам.

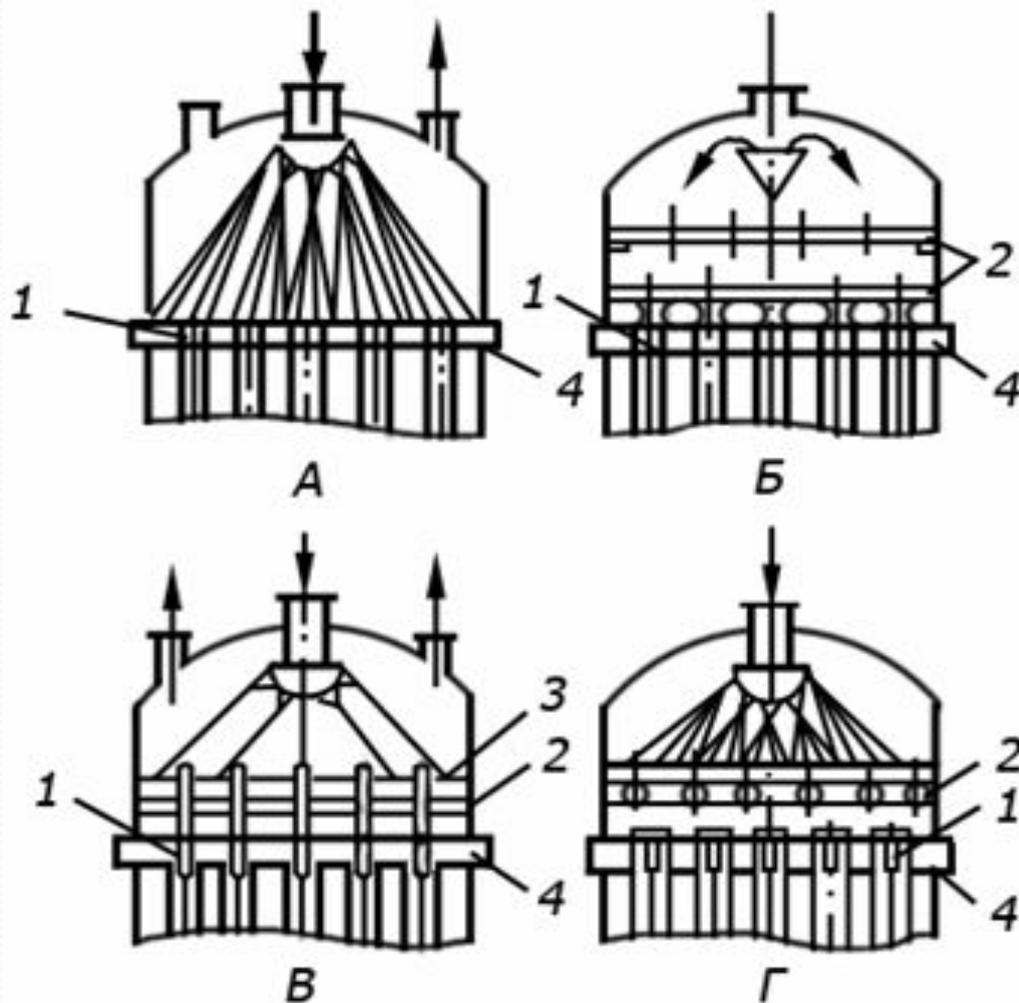
Аппарат снабжен сепаратором 1 инерционного типа. Пар из сепаратора удаляется через патрубки 2 и 14, а отделенные капли продукта – через систему труб 13. Для наблюдения за уровнем раствора в аппарате имеются смотровые стекла 12.

Широкое разнообразие конструкций выпарных аппаратов в различных отраслях пищевой промышленности связано с широким диапазоном изменения физико-химических, теплофизических, структурно-механических свойств упариваемых продуктов.

Пленочные трубчатые выпарные аппараты типа ВАПП-1250, ПВА-400 работают в условиях прямотока. Процесс выпаривания происходит в тонкой пленке, толщиной 2...3 мм. Пар, образующийся в слое пленки, прорывает её и попадает в паровой поток кипятильной трубки. Пар из кипятильных трубок через трубки в специальных насадках для создания пленки поступает в верхнюю часть питающей камеры.

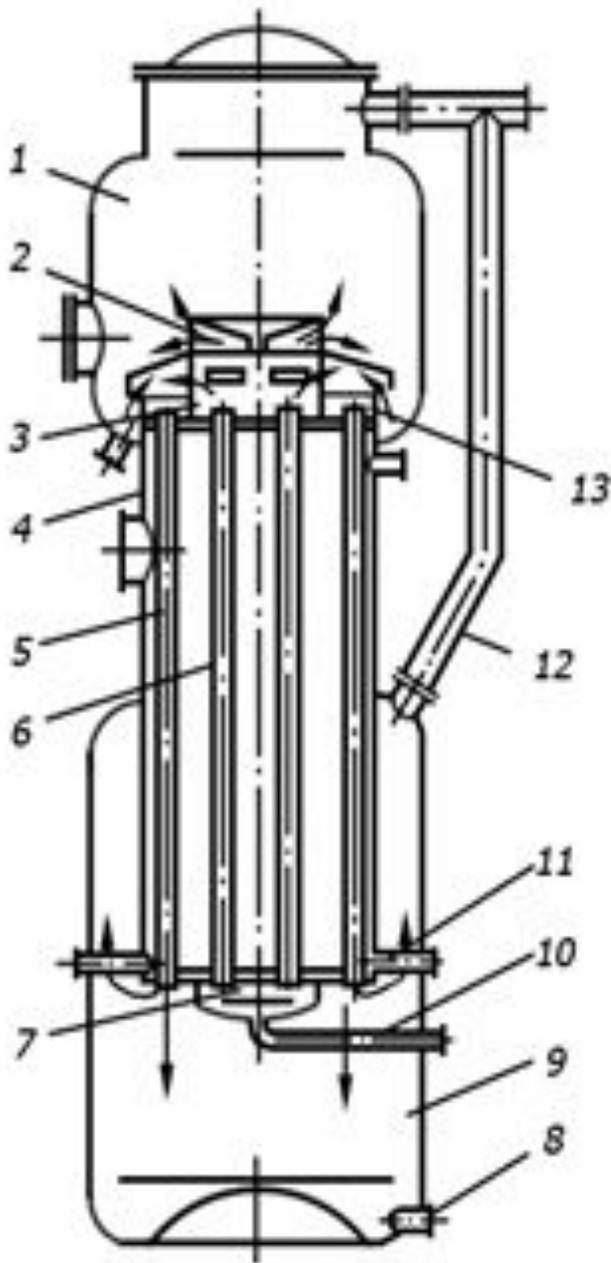
Схемы оросительных устройств выпарных аппаратов:

- А) орошение по принципу кольцевого водослива;**
- Б) кольцевой водослив с распределительными дисками;**
- В) кольцевой водослив с распределительными дисками и цилиндрическими вставками;**
- Г) орошение при наличии столба жидкости на распределительном диске и трубной решетке.**



Пленочный прямоточный выпарной испаритель ВАПП-1250. Исходный

продукт, подогретый до температуры кипения, поступает по патрубку 10 в приемную камеру 7, затем в трубки 6, где закипает и вместе с образовавшимся паром движется вверх по греющей камере 4. Пройдя сепарирующее устройство 2 и надставку 3, где от продукта отделяется пар, продукт далее через распределительное устройство 13 поступает в кипятильные трубки 5 пленочной части аппарата и в виде тонкой пленки стекает по внутренней поверхности. Образовавшийся пар вместе со сгущенным раствором поступает в нижний сепаратор 9. Вторичный пар из емкости 1 по системе труб 12 из сепараторов 2 и 9 отводится в следующий корпус либо внешнему потребителю. Готовый продукт отводится из патрубка 11. Патрубок 8 служит для отвода конденсата.



Аппарат имеет лучшие показатели, чем достигаемые в типовых аппаратах с естественной циркуляцией:

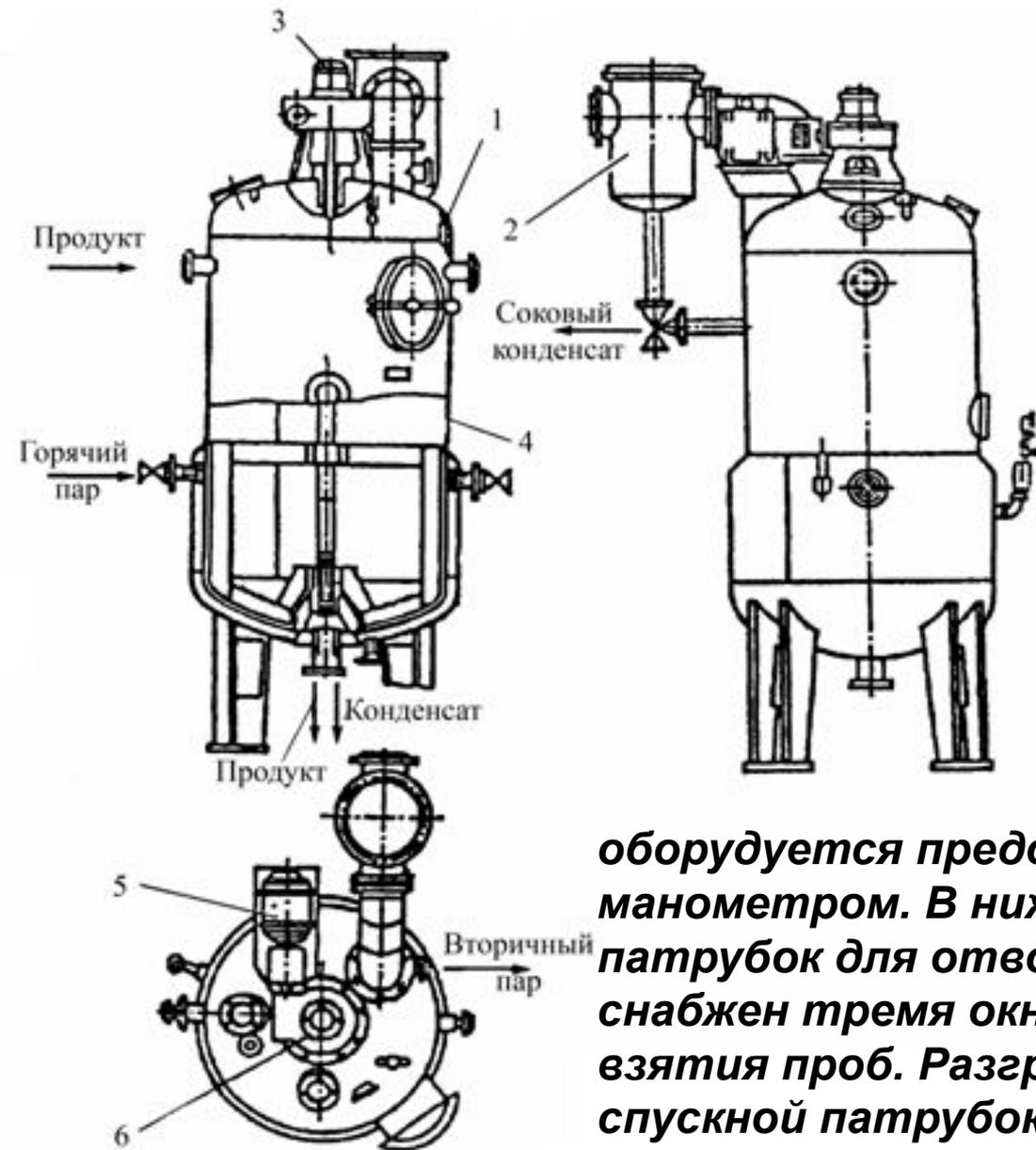
- время пребывания раствора значительно меньше;
- аппарат эффективно работает при малой полезной разности температур, поскольку отсутствуют потери полезной разности температур от гидростатического давления вследствие свободного стекания пленки выпариваемого раствора.

Техническая характеристика выпарного аппарата ВАПП-1250:

площадь поверхности нагрева 1250 м²; длина греющих трубок – 7000 мм; диаметр греющих трубок – 30/33 мм; рабочее давление – до 0,3 МПа.

Аппарат двустенный выпарной МЗС-320 используется в качестве вакуум-выпарного аппарата при приготовлении томатного пюре и пасты; различных соусов, для овощных и рыбных консервов; повидла, варенья, рассолов для приготовления маринадов, а также овощных и фруктовых соков.

Аппарат состоит из корпуса 4 с паровой рубашкой, крышки 1, привода мешалки 3 и ловушки 2. Корпус 4 представляет собой емкость, которая вместе с приваренной к нему паровой рубашкой образует паровую камеру.



На сферической крышке смонтирован привод (электродвигатель 5, редуктора 6). Перемешивание осуществляется мешалкой - вертикальный вал с укрепленными на нем лопастями.

К крышке аппарата крепится ловушка для крупных частиц продукта, уносимых вторичным паром. Нагрев продукта в аппарате осуществляется в паровой камере, которая

оборудуется предохранительным клапаном и манометром. В нижней части днища находится патрубок для отвода конденсата. Аппарат снабжен тремя окнами для осмотра и краном для взятия проб. Разгрузка осуществляется через спускной патрубок с пробковым краном.

Вместительность – 3,66 м³; рабочее давление пара – 0,4 МПа; частота вращения мешалки – 57 мин⁻¹; мощность электродвигателя – 2,7 кВт.

РОТОРНО-ПЛЕНОЧНЫЕ АППАРАТЫ преимущества перед трубчатыми и пленочными испарителями:

- не создают гидравлического сопротивления при движении пара при работе в условиях вакуума;
- возможность упаривания до концентраций 50...60% масс за счет , более высоких значения коэффициента теплопередачи;
- способность работать на высоковязких растворах.

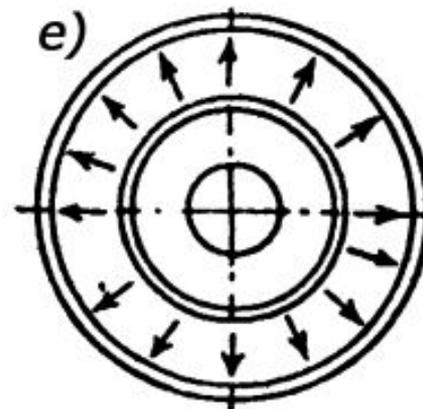
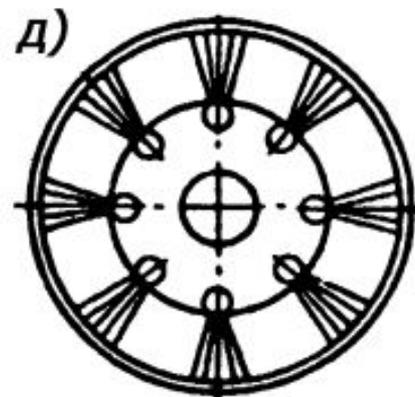
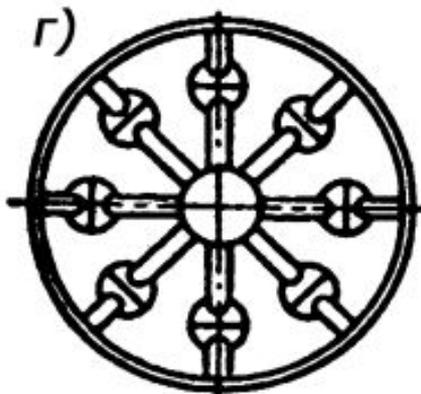
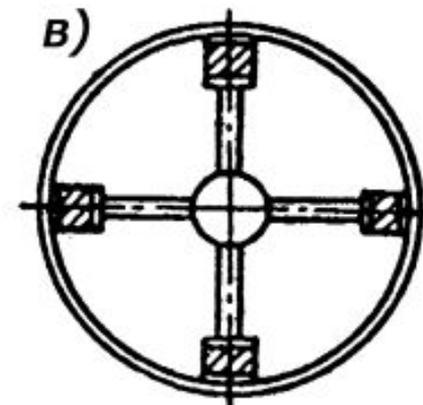
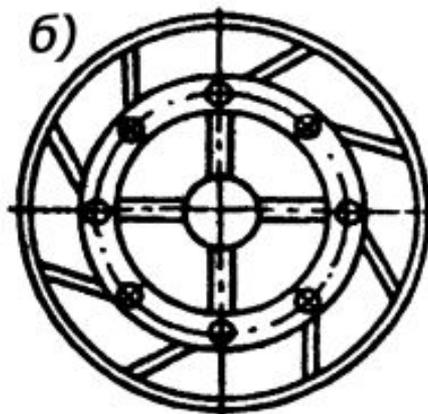
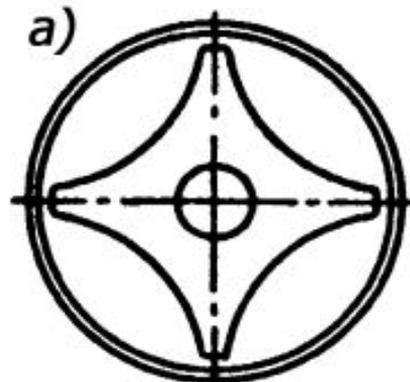
Роторно-пленочные испарители разделяются на:

1) испарители, в которых процесс происходит в тонком слое жидкости, создаваемом на внутренней поверхности неподвижного цилиндрического либо конического корпуса с помощью вращающегося ротора (получили наибольшее распространение).

Являются высоко эффективными и универсальными, позволяют проводить различные тепло и массообменные процессы. 2) Испарители, в которых процесс осуществляется в тонком слое жидкости, движущейся под действием центробежной силы на внутренней поверхности вращающихся конусов, цилиндров, спиралей, дисков и т.д.

По форме и функции роторных устройств роторные испарители можно разделить на следующие основные типы:

- а) с жестко закрепленными лопастями;**
- б) с шарнирно-закрепленными лопастями;**
- в) с призматическими скребками-стирателями;**
- г) с маятниковыми лопастями;**
- д) с турбулизирующими элементами в виде щеток;**
- е) с роторами разбрызгивающего типа.**

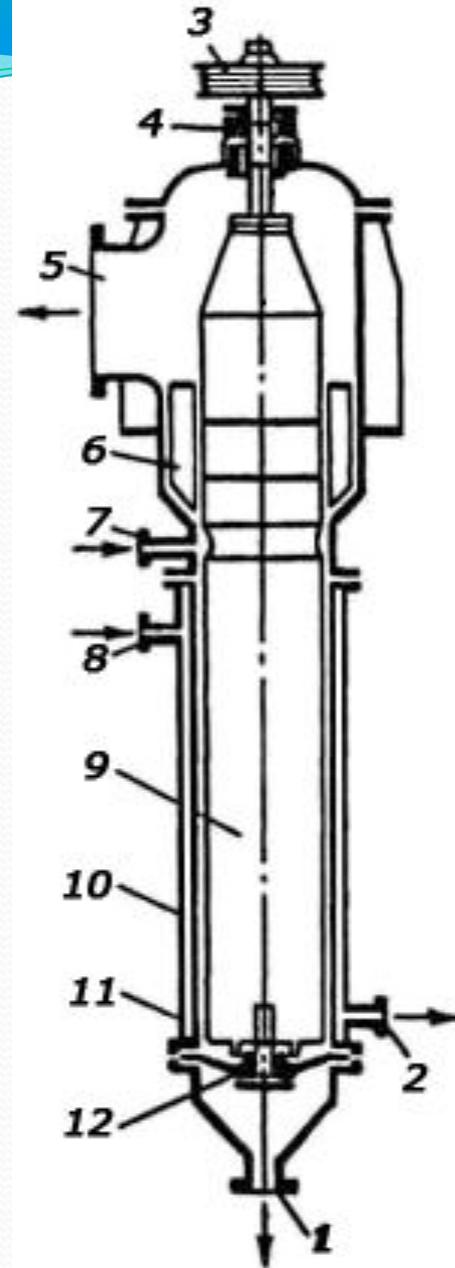


Роторные пленочные испарители “Luwa” (Швейцария).

Состоит из цилиндрического корпуса 10 с рубашкой для обогрева 11. Верхняя часть корпуса имеет больший диаметр и служит сепаратором 6. Внутри корпуса расположен вращающийся ротор 9 в виде полый многоугольной призмы с вогнутыми боковыми поверхностями. Вал ротора крепится в подшипниковых узлах 4 вверху и 12 внизу, расположенном внутри испарителя.

Исходный продукт поступает в испаритель через штуцер 7 и с помощью вращающегося ротора распределяется в виде стекающей вниз пленки по внутренней поверхности корпуса, обогреваемого паром через штуцер 8. Лопастями интенсивно перемешивают жидкость, что благоприятствует процессам тепло- и массообмена.

По мере стекания вниз жидкость нагревается и упаривается. Сконцентрированный продукт выводится через штуцер 1. Образующийся вторичный пар проходит через сепаратор и выходит через штуцер 5. Конденсат удаляется через штуцер 2.

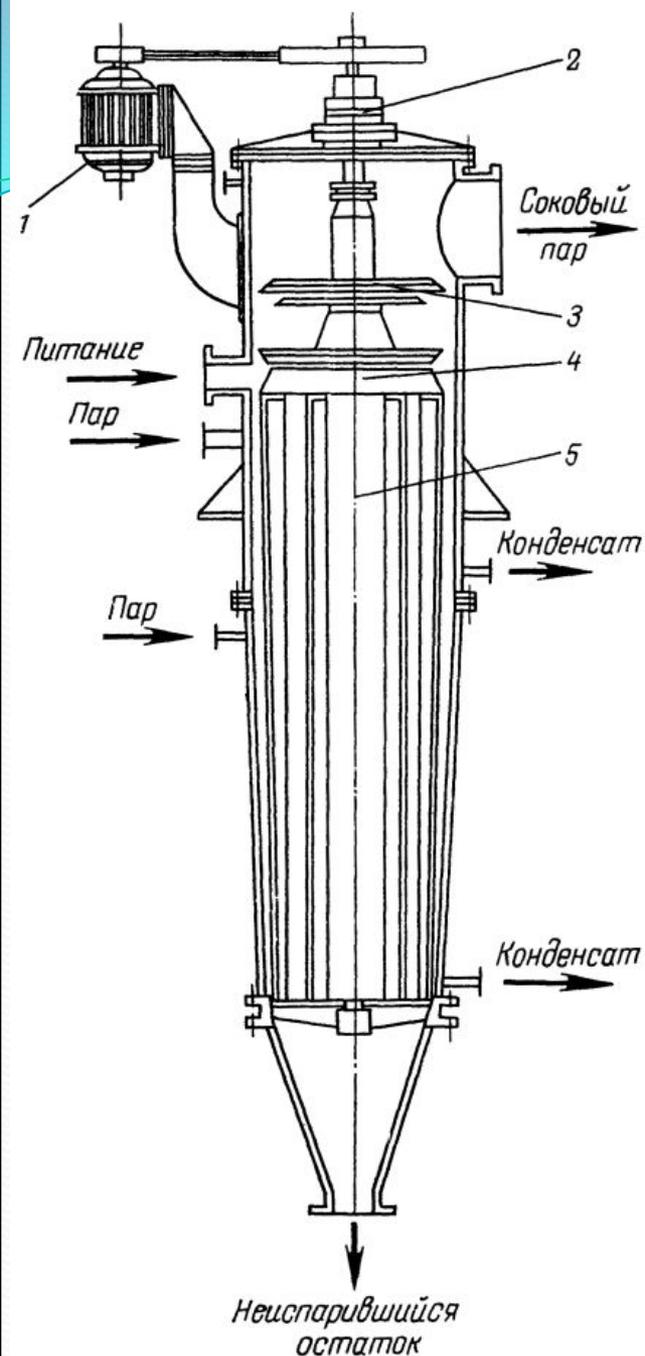


Зазор между концами лопастей ротора и внутренней поверхностью в зависимости от размеров испарителей составляют 0,5...2,5 мм.

Аппараты изготавливают из нержавеющей кислотостойких сталей, титана и различных сплавов. В испарителях с жестко закрепленными лопастями можно перерабатывать продукты вязкостью до 103 кг/(м·с). Максимальная степень концентрирования для водных растворов – 6:1, для органических веществ – 20:1.

Использование специального подпорного кольца плоской или конусообразной формы, устанавливаемого под нижним торцом лопастей ротора, позволяет повысить степень концентрирования до 50:1 и более. При наличии подпорного кольца жидкость, скапливающаяся на нем, захватывается вращающимися лопастями. Режим работы в нижней части роторного пленочного испарителя при этом приближается к режиму работы аппарата с перемешивающим устройством при наличии образующейся при вращении жидкости воронки. При этом возрастает задержка и время пребывания обрабатываемого продукта в испарителе.

Испарители фирмы “Liwa” в пищевой промышленности применяются: для концентрирования томатной пасты; молочных продуктов; экстрактов чая, кофе, пива и др.; витамина А; сахарных растворов; раствора энзима, аскорбиновой и аминокислот; декстриновых смесей и др. для дистилляции органических смесей, витамина С; приправ; жиров и масел.



Одним из основных условий работы роторного пленочного испарителя является обеспечение смачивания всей поверхности теплообмена по высоте, вызываемой высокой степенью концентрирования обрабатываемого продукта за один проход, что легко реализуется в пленочном испарителе с коническим корпусом “Sako” (Германии), который состоит :

1 – электродвигатель; 2 – торцевое уплотнение; 3 – сепаратор; 4 – распределительная тарелка; 5 – ротор.

В коническом обогреваемом корпусе вращается конический шестиугольный призматический ротор с выгнутыми боковыми поверхностями с жестко закрепленными лопастями. Угол наклона кромок лопастей ротора и конической поверхности составляет 2° . При таком угле центробежная сила вращающегося тонкого слоя жидкости, направленная вдоль образующей корпуса оказывает тормозящее воздействие на стекающую пленку жидкости, увеличивая её толщину. Перемещением ротора можно регулировать зазор между лопастью и стенкой корпуса от 0,7 до 2,2 мм.

Давление в аппарате от 66,5 Па до 0,1 МПа при температуре паров до 180°С, давление в рубашке – до 3,2 МПа при температуре до 350°С.

Область применения аппаратов “Sako” в пищевой промышленности:

1) концентрирование соков, чайных и кофейных вытяжек, молочных продуктов, мясных и солодовых экстрактов, растворов желатина, антибиотиков, органических и растительных экстрактов.

2) дистилляция высококипящих масел, жирных кислот, органических растворителей, глицерина.

3) этерификация гликоля, эмульгаторов, жиров, глицерина и др.

Однако испарители “Sako” сложны в изготовлении из-за необходимости строгого согласования конической расточки корпуса с продольным профилем лопастей ротора.

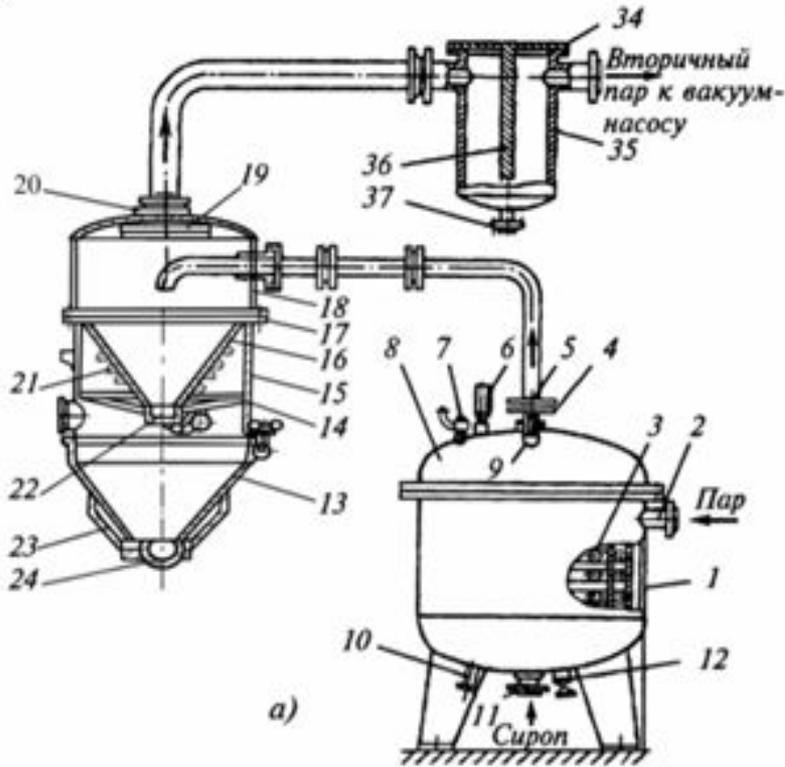
Одними из самых универсальных являются испарители с шарнирно-закрепленными лопастями. Они пригодны для проведения многих процессов в пищевой и смежных отраслях промышленности, связанных с переработкой различных жидких продуктов с широким диапазоном изменения физических свойств. Способность ротора с шарнирно-закрепленными лопастями очищать поверхность теплообмена позволяет использовать эти аппараты для переработки налипающих и вязких жидкостей с большой степенью концентрирования вплоть до получения порошкообразного остатка.

ЗМЕЕВИКОВЫЕ АППАРАТЫ НЕПРЕРЫВНОГО И ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ используют для уваривания сиропов, рецептурных смесей и т.п., представляют группу специальных аппаратов, они просты в изготовлении, удобны в эксплуатации, обеспечивают хорошие энергетические показатели. Однако из-за слабой циркуляции раствора имеют невысокий коэффициент теплопередачи.

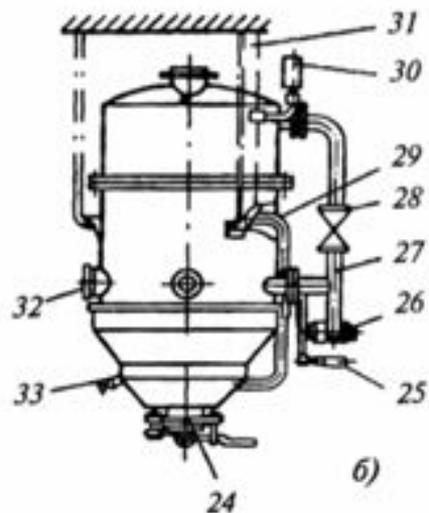
Диссудор-аппараты периодического действия могут быть открытые и закрытые, с паровой рубашкой и без неё, используются для приготовления сахарно-паточного раствора.

Унифицированный змеевиковый вакуум-аппарат 33-2А состоит из цилиндрического сварного котла 1 со съёмной крышкой 8. Через штуцер 2, расположенный в верхней части обечайки, поступает греющий пар под избыточным давлением 0,7...08, МПа. Через штуцер 10 отводится конденсат, а через кран 12 выводится готовый продукт. В паровом пространстве греющий пар омывает медный змеевик 3. Нижний конец змеевика присоединяется фланцем 11 к сиропному насосу плунжерного типа, создающего давление 0,4 МПа. Верхний конец змеевика при помощи фланца 4 присоединен к трубе 5, которая вторым концом соединена с вакуум-камерой 18.

В змеевик поступает сироп или рецептурная смесь. Увариваемый продукт поднимается по внутренним спиральям вверх, а затем проходит по соединительной трубе в нижнюю спираль наружного змеевика и далее вверх по спиральям наружного змеевика.



Из верхней спирали наружного змеевика увариваемый продукт поднимается по соединительной трубе 5 и из её верхнего конца поступает в вакуум-камеру 18. Масса собирается в медном конусе 16, который имеет внизу клапан 22. Верхняя кромка конуса зажата болтами 17 между фланцами вакуум-камеры и обечайки 15. Чтобы масса не застыла, конус обогревается паром, поступающим в змеевик 21. Он находится внутри обечайки 15 с крышкой 14.



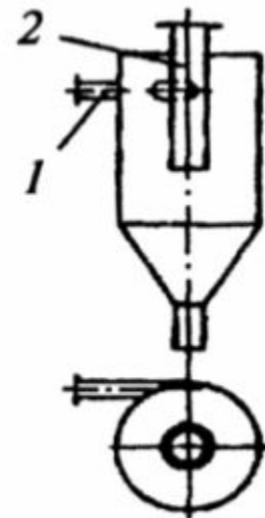
Вместе с карамельной массой из соединительной трубы в вакуум-камеру входит также вторичный пар и воздух, выделяющиеся из сиропа при его упаривании. Они удаляются в конденсатор через патрубок 20. Отбойник 19 препятствует уносу крупных капель карамельной массы. Увариваемая масса накапливается в приемнике 13 при открытом клапане 22 и закрытом клапане 24. В этом случае объем вакуум-камеры получается на 80 дм³ больше.

Кроме сливного отверстия вакуум-камера сообщается с приемником через кран 28 и трубопровод 27. Приемник снабжен рубашкой 23 для обогрева. В змеевик 21 и паровую рубашку 23 греющий пар подается по трубе 29. Рубашка 23 имеет продувочный кран 33. Когда в приемнике скопится достаточное количество (16...18 кг) массы, закрывают рукояткой 25 клапан 22 сливного отверстия, а при помощи крана 28 разделяют приемник с вакуум-камерой.

После этого, открыв кран 26, в приемник впускают воздух, и поворачивая рукоятку клапана 24 открывают выпускное отверстие. Масса сливается из аппарата. По окончании слива закрывают отверстие клапаном 24, сообщают при помощи крана 28 приемник с вакуум-камерой. Когда в приемнике установится такое же разряжение, как в вакуум-камере, открывают выпускные отверстия, поворачивая клапан 22.

Окно 32 служит для наблюдения за спуском карамельной массы из конуса в приемник. Разряжение в вакуум-камере регистрируется вакуумметром 30. Давление греющегося пара измеряется манометром 6. Через воздушный кран 7 периодически выпускают воздух из парового пространства. Предохранительный клапан 9 служит для предотвращения разрыва аппарата в случае увеличения давления греющегося пара. Вакуум-камера с приемником подвешивается при помощи тяг 31 к потолку или кронштейну, прикрепленному к стене. Это удобно при ремонтах и эксплуатации.

Ловушка 35 с крышкой 34 и перегородкой 36 монтируется на трубопроводе между вакуум-камерой и конденсатором. Уловленная в виде мелких капель масса выпускается периодически через кран 37. В подобном аппарате можно уваривать начинки, мармеладные смеси и т.п. В аппаратах, предназначенных для уваривания начинки, вакуум-камера имеет объем, увеличенный в 7 раз. При меньшем объеме вакуум-камеры начинка выбрасывается вторичным паром в конденсатор. Аппараты меньшей производительности имеют медный змеевик из одной спиральной трубки внутренним диаметром 40 мм. Греющая часть змеевиковых аппаратов используется также для уваривания рецептурных смесей и сиропа под атмосферным давлением. В этом случае конец змеевика соединяется с центробежным пароотделителем. Пар и уваренная масса выходят из трубки 1 в центробежный пароотделитель. Масса стекает вниз и непрерывно выходит из аппарата, а вторичный пар по центральной трубе 2 поступает в вытяжные вентиляционные трубы. Отложения сахара на внутренней поверхности трубки змеевика смывают горячей водой два раза в смену. Раз в неделю трубку протравливают горячим 2% раствором гидроксида натрия в течении 24 часов. Выпускается производительностью 1000 и 500 кг/ч.



Определение производительности и энергозатрат. Производительность однокорпусного выпарного аппарата определяется из уравнений материального баланса: $G_H = G_K + W$ и

$$G_H \cdot x_H = G_K \cdot x_K,$$

где: G_H – количество исходного раствора, кг/ч; G_K – количество упаренного раствора, кг/ч; x_H и x_K – соответственно начальная и конечная концентрации раствора, мас. %

Из уравнений материального баланса находят количество выпаренного растворителя и конечную концентрацию раствора.

Анализ уравнения теплового баланса на работу однокорпусного выпарного аппарата показывает, что расход пара определяется главным образом расходом пара на собственно выпаривание растворителя:

где: i, i', i'' – энтальпия соответственно вторичного пара, конденсата, греющего пара; t_H – начальная температура раствора, °С; c_H – начальная теплоемкость раствора, кДж/(кг·град)

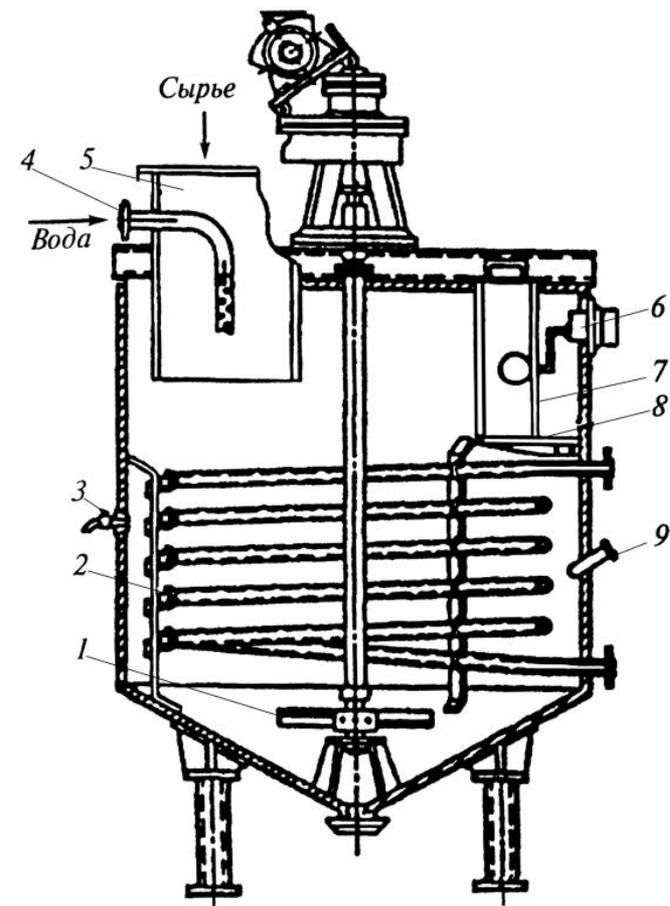
Следует иметь в виду, что $i - c_H \cdot t_H \cong i'' - i'$. Тогда следует, что для испарения 1 кг воды требуется затратить 1,1...1,2 кг насыщенного водяного пара.

Уравнения материального баланса для однокорпусной выпарной установки справедливы и для многокорпусной и могут быть использованы для определения G_K, W, x_K .

Расход греющего пара в многокорпусной выпарной установке, работающей без отбора экстра-пара приблизительно может быть определен: для двухкорпусной – 0,55...0,6 кг пара на 1 кг испаренной воды, для трехкорпусной – 0,27...0,3 кг.

РАЗВАРИВАТЕЛИ КРАХМАЛОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Измельченное крахмалосодержащее сырье перед развариванием смешивается с горячей водой, и затем полученный замес нагревают вторичным паром. По схеме скоростного разваривания смешивание сырья с водой и нагревание массы производят отдельно: смешивание – в смесителях, нагревание в трубчатом теплообменнике. По схеме разваривания при пониженной температуре смешивание и нагревание замеса производят в одном аппарате – в смесителе предразварнике.



Вертикальный цилиндрический смеситель вместимостью 1,5 м³ снабжен пропеллерной мешалкой 1 для смешивания дробленного сырья с водой. Сырье подается в смеситель по патрубку 5, а вода – по трубе 4. Для распыления воды в стенках трубы просверлены отверстия диаметром 2 мм. Конец трубы 4 заглушен. Такая подача воды улучшает равномерность смешивания. Подогревание смеси производится через змеевик 2. Уровень массы в смесителе контролируется электрическим сигнализатором 6, поплавков которого расположен в трубе 7.

С целью уменьшения воздействия перемешиваемой массы на поплавков сигнализатора труба 7 снизу перекрыта решеткой 8, которая стабилизирует в зоне поплавок уровень массы. Для контроля режима работы смесителя на корпусе размещены кран 3 для отбора пробы и штуцер 9 для термометра. Продолжительность смешивания при переработке зерна 15 мин, картофеля – 10 мин.

Вода в смеситель должна подаваться температурой не более 45°C, т.к. в противном случае мука измельченного продукта образует комочки, которые затем не провариваются. Из смесителя замес подается в трубчатый теплообменник, где нагревается вторичным паром до температуры 70...75°C. Теплообменник типа «труба в трубе» изготавливается из стальных труб диаметром 180 мм (наружные трубы) и 108 мм (внутренние трубы).

Контактная головка с двухсторонним подводом пара предназначена для использования на спиртовых заводах. В корпусе 3 расположены трубы 4 и 5, в которых просверлены отверстия диаметром 5 мм. В каждой трубе по высоте имеется 10 рядов по 13 отверстий в каждом. Замес подается в контактную головку по патрубку 1. В головке замес течет в кольцевом зазоре. Пар, подаваемый по патрубкам 2 и 6, пронизывает слой замеса с двух сторон. Такой подвод пара обеспечивает быстрое и равномерное нагревание замеса. Определенный уровень массы на выходе из варочного аппарата поддерживается поплавковым регулятором.

Определение производительности и энергозатрат. Количество замеса, развариваемого в течение часа Π (кг) определяется по формуле

$$\Pi = G \cdot m \cdot \rho / 24,$$

где: G – условная производительность завода, дал/сутки; m – количество замеса, м³/дал ($m = 0,133$); ρ – плотность замеса, кг/м³.

Необходимый объем варочного котла V (м³) определяется как

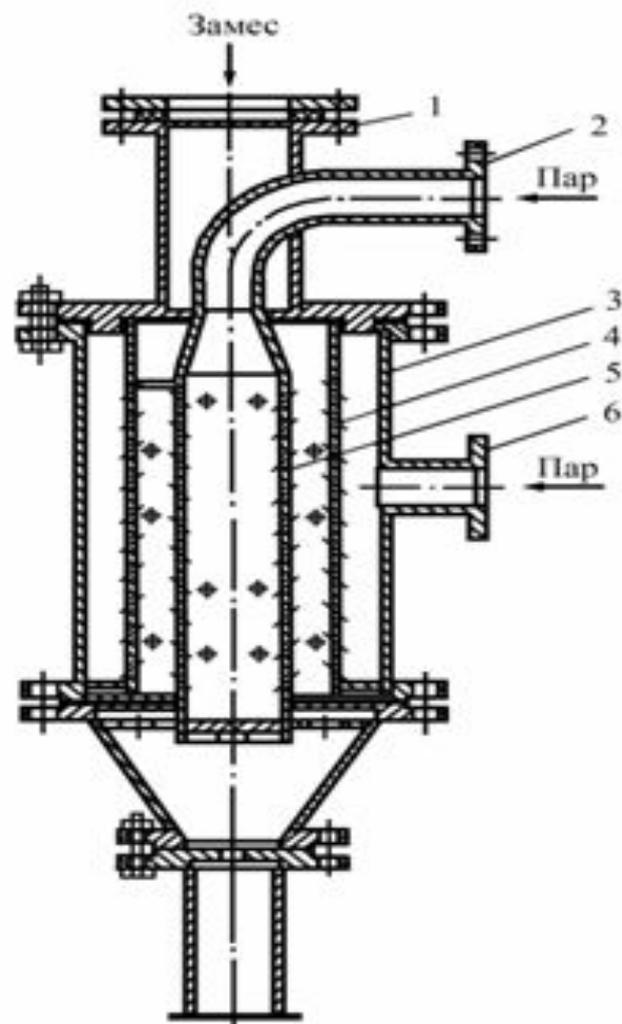
$$V = \Pi \cdot \tau / \varphi \cdot \rho,$$

где: τ – продолжительность разваривания, ч (для колонного аппарата $\tau = 0,75 \dots 0,66$, для трубчатого $\tau = 0,03 \dots 0,05$); φ – коэффициент заполнения (для колонного аппарата $\varphi = 0,75 \dots 0,8$, для трубчатого $\varphi = 0,32$).

Количество теплоты, необходимой для разваривания массы Q (кВт),

$$Q = \Pi \cdot c_M \cdot (t_2 - t_1) / 3600,$$

где: c_M – удельная теплоемкость массы, кДж/(кг·К), t_1 – начальная температура массы, поступающей на разваривание, °С; t_2 – температура разваривания в аппарате (для колонного аппарата $t_2 = 140^\circ\text{C}$, для трубчатого – $t_2 = 168 \dots 165^\circ\text{C}$).



Расход пара в контактной головке для подогревания замеса до температуры разваривания D (кг/с) определяется по формуле

$$D = Q / (i - i_K),$$

где: i – удельная энтальпия пара, кДж/кг; i_K – удельная энтальпия конденсата, кДж/кг.

Мощность потребная для работы мешалки, в установившемся режиме, без учета сопротивления змеевиков –

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d^3, \text{ кВт.}$$

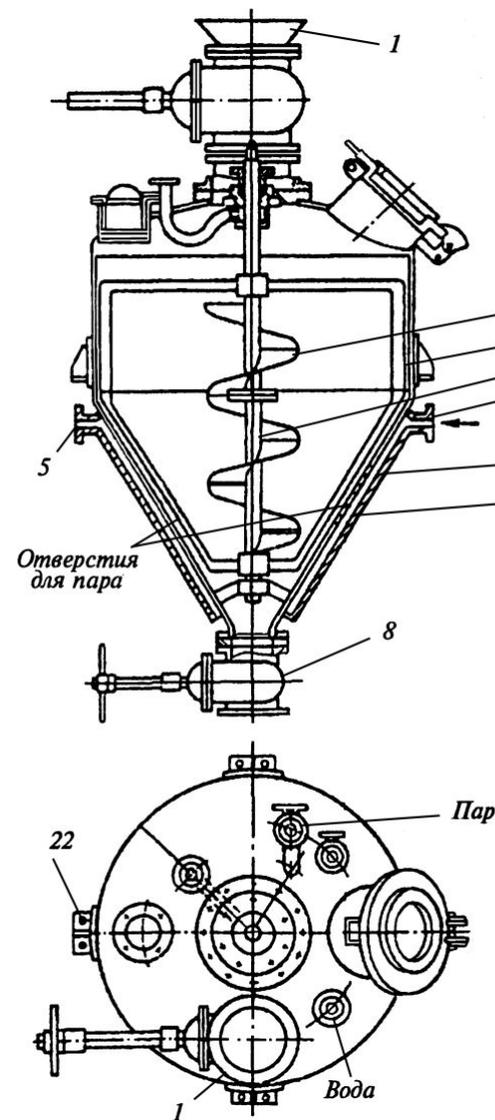
где: K_N – критерий мощности, который зависит от интенсивности перемешивания, характеризующийся центробежным критерием Рейнольдса; ρ – плотность среды, кг/м³; n – частота вращения мешалки, мин⁻¹; d – диаметр мешалки, м.

Установленная мощность приводного электродвигателя $N_{уст}$ (кВт) с учетом коэффициента запаса мощности 20% и КПД редуктора (η_P): $N_{уст} = 1,2 \cdot (N_P / \eta_P)$

ОШПАРИВАТЕЛИ И БЛАНШИРОВАТЕЛИ ДЛЯ ФРУКТОВ И ОВОЩЕЙ

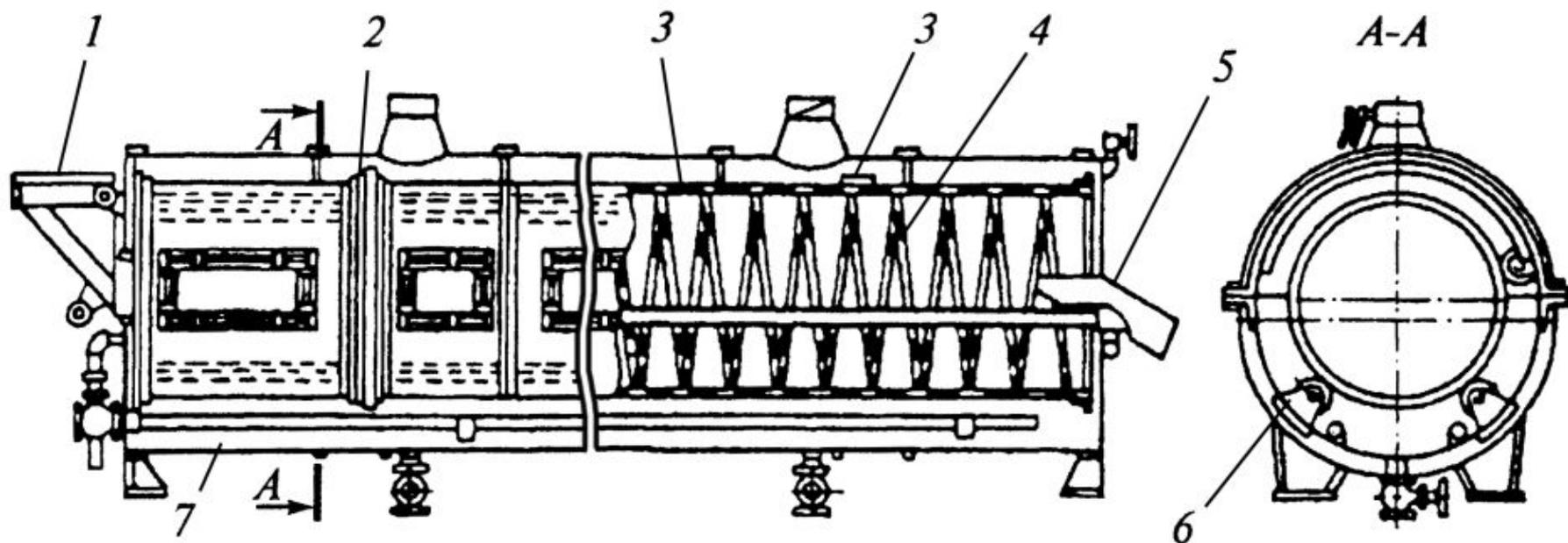
Закрытый ошпариватель (дигестер), в своей конусной части 7 имеет перфорированное днище 6. Пар давлением 0,2 МПа подводится через два штуцера 5 в пространство между корпусом аппарата и днищем 6. Пройдя через отверстия в днище, пар попадает в рабочую часть аппарата. На вертикальном валу 4 укреплены лопастная мешалка 3 и шнек, перемешивающие загрузку.

Во время работы ошпарителя через бункер 1 загружают до 2 т сырья. Задвижку плотно закрывают и через штуцер подают пар при одновременном выпуске воздуха через кран до появления струи. После этого кран закрывают и доводят давление пара до 0,2 МПа. Когда в ошпаривателе достигнута температура 105...110° С, запускают мешалку 3. Собственно ошпарка продолжается 15...25 минут в зависимости от вида сырья, его зрелости и размеров, а также от вида изготавливаемых консервов. По окончании ошпарки закрывают вентили, через которые подавался пар, открывают задвижку 8 и выгружают массу в протирочную машину.



Барabanные бланширователи содержат в своем комплекте **вращающийся барабан 3, изготовленный из листовой стали с отверстиями по поверхности (диаметр отверстий 3...4 мм) и размещенный на стальных кольцах 2.** При вращении барабана продукт при помощи спирали 4 перемещается в горячей воде от места загрузки в загрузочный бункер 1 к месту выгрузки. Продолжительность бланширования регулируется частотой вращения барабана. В месте выгрузки продукта спираль заканчивается лопастями, захватывающими продукт и выбрасывающими его в разгрузочный желоб 5.

При частоте вращения барабана 3,5 мин-1 производительность бланширователя составляет 0,7...0,84 кг/с при потребляемой мощности 1,5 кВт



Недостатки бланширователя: отсутствие устройств автоматически регулирующих и поддерживающих требуемую температуру воды, неудобство очистки отверстий в барабанах, механическое повреждение продукта при выгрузке из барабана, увеличивающиеся потери, особенно когда толщина слоя продукта в барабане увеличивается.

В последних конструкциях барабанных бланширователей предусмотрено автоматическое регулирование температуры с применением электронных автоматических трехпозиционных регуляторов.

Барабанный бланширователь имеет разъемный барабан, что позволяет производить очистку. Бланширователь снабжен терморегулятором 5, поддерживающим заданную температуру воды. Вариатор частоты вращения барабана позволяет менять время бланширования с 1,5 до 12 мин.

Расчет производительности и энергозатрат. Расход пара D (кг/с) определяется зависимостью $D = Q_0 / (i - i_K)$,
где: Q_0 – общий расход теплоты, кВт; i и i_K – энтальпия греющего пара и конденсата, кДж/кг.

Общий расход теплоты Q_0 (кВт) при водяной тепловой обработке за счет нагрева воды барботированием пара

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5,$$

где, Q_1 – расход теплоты на нагрев продукта, кВт;

Q_2 – расход теплоты на испарение влаги с поверхности зеркала воды, кВт (в закрытых бланширователях этот расход теплоты не учитывается);

Q_3 – расход теплоты на подогрев доливаемой в ванну бланширователя воды, кВт;

Q_4 – расход теплоты на нагрев транспортирующего органа, кВт;

Q_5 – потери теплоты в окружающую среду, кВт.

Общий расход теплоты Q_0 (кВт) при ошпаривании и бланшировании в среде пара $Q_0 = Q'_1 + Q'_2 + Q'_3 + Q_4$,

где: Q'_1 – расход теплоты на нагрев продукта, кВт;

Q'_2 – расход теплоты на нагрев транспортирующего органа, кВт; Q'_3 – расход теплоты на компенсацию потерь от стенок аппарата, кВт.

Производительность периодически действующего закрытого ошпаривателя Π (кг/с)

$$\Pi = V \cdot \varphi \cdot \rho / \tau,$$

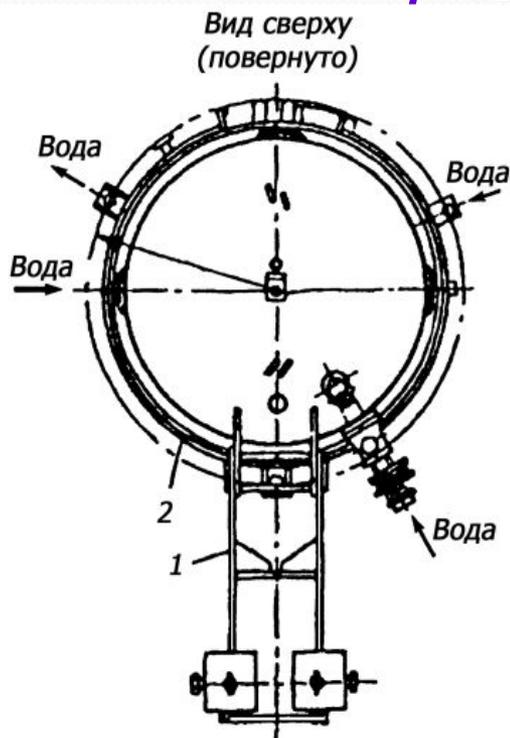
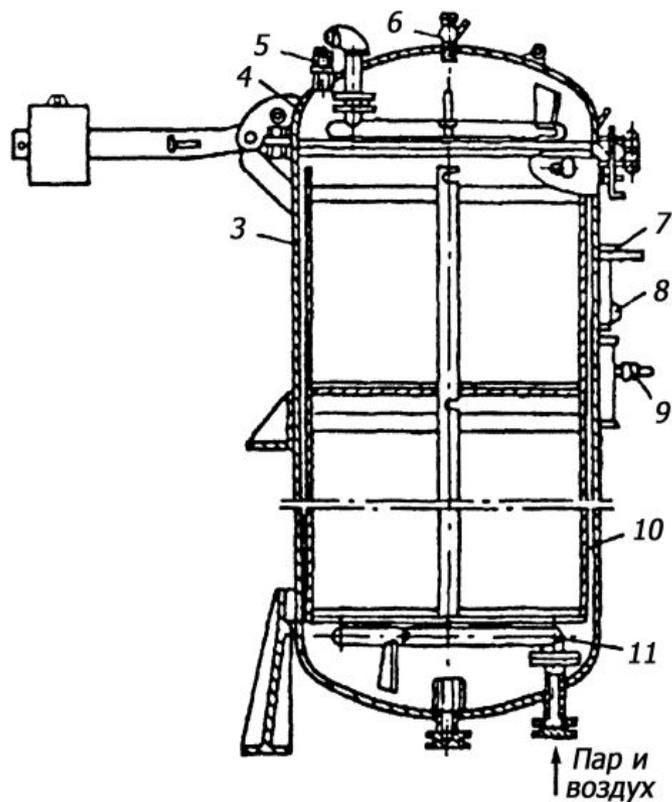
где: V – полный объем аппарата, м³; φ – коэффициент заполнения аппарата ($\varphi = 0,8$); ρ – насыпная плотность продукта, кг/м³; τ – продолжительность цикла работы аппарата, с.

Производительность барабанного бланширователя Π (кг/ч) по зеленому горошку определяется как

$$\Pi = 60h \sqrt{R^2 - (R - h)^2} \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot \varphi,$$

где: h – ширина полосы спирали, м; R – наружный радиус барабана, м; S – шаг спирали, м; n – частота вращения барабана, мин⁻¹; ρ – плотность продукта, кг/м³; φ – коэффициент, учитывающий отклонения ($\varphi = 0,95$).

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПАСТЕРИЗАЦИИ, СТЕРИЛИЗАЦИИ И ТЕРМООБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ СРЕД



Автоклав Б6-КАВ-2(4) стерилизует герметически укупоренные банки с при температуре $>100^{\circ}\text{C}$, состоит из корпуса 3, крышки 4, корзин 10 и штуцера 9 для подключения регулятора, арматуры для соединения с магистралями пара, воды, воздуха и для спуска конденсата.

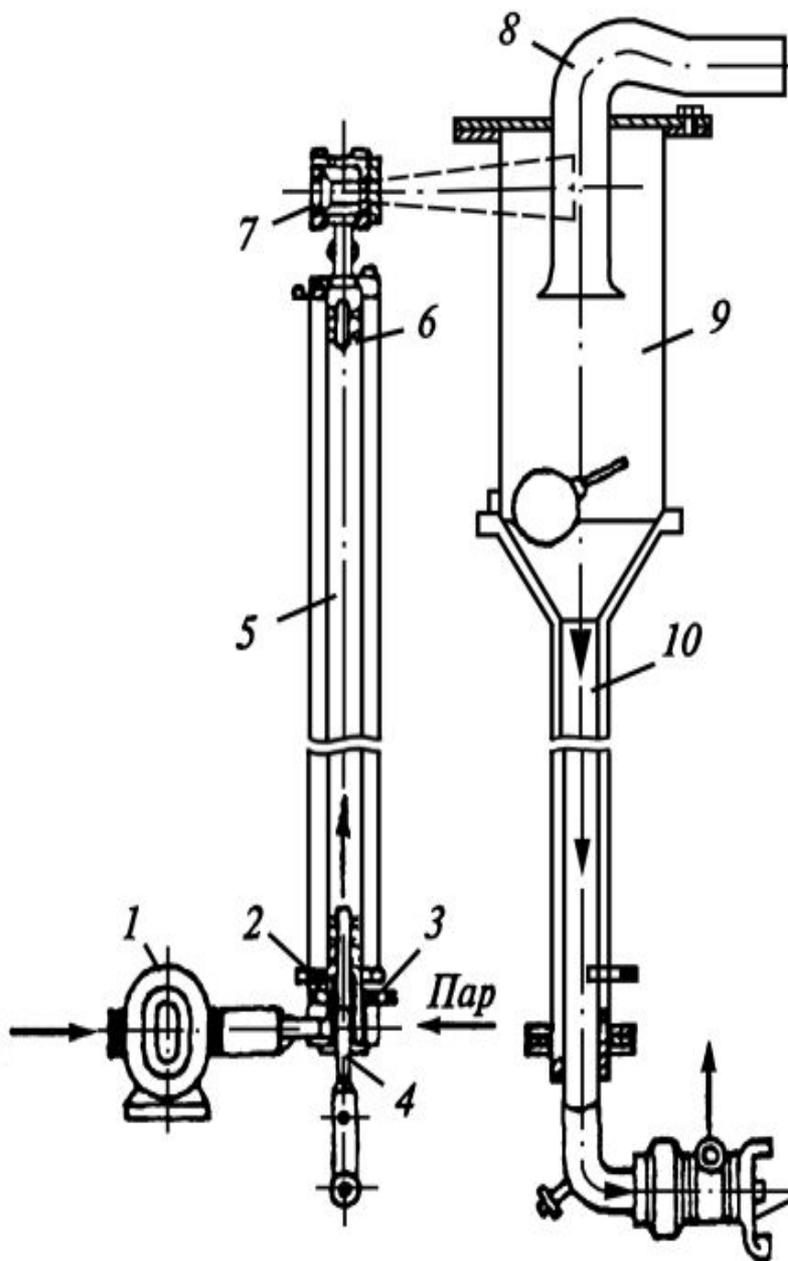
Сварной корпус состоит из цилиндрических обечаек толщиной 6 мм и днища толщиной 8 мм. На корпусе установлены манометры 8, термометр 7 и датчики регулятора. Внизу корпуса расположены паровой барботер 11 и сливной патрубков со стаканом. Фланцы, крышки и корпуса прижимаются один к другому с помощью зажима 2, состоящего из пятнадцати секторных захватов, укрепленных на кольце из пружинной полосовой стали, и рычажной системы для стягивания и разведения поясного зажима.

На крышке имеются штуцера для предохранительного клапана 5 и пробно-спускного крана 6. Крышка имеет уравнивающее устройство 1, облегчающее открывание и закрывание её.

Наполненные банками корзины устанавливаются в автоклаве одна на другую, после чего крышка закрывается. Сосуд наполняется водой, а через барботер подается пар. Воздушным компрессором создается и поддерживается в системе постоянное давление. По истечении времени, необходимого для стерилизации, пар и горячая вода постепенно вытесняются из аппарата холодной водой. После охлаждения корзины с банками выгружаются из аппарата.

Инжекционный стерилизатор применяется для асептического консервирования, при котором продукт подвергается кратковременной стерилизации при высоких температурах. Затем он быстро охлаждается и фасуется в асептических условиях.

Стерилизацию проводят в пластинчатых или трубчатых теплообменниках, а также в пароконтактных стерилизаторах. В этих аппаратах продукт смешивается с инжектируемым паром высокого давления и затем охлаждается в вакуум-камере. Преимуществом таких стерилизаторов является отсутствие пригорания продукта, значительное сокращение продолжительности нагрева по сравнению с пластинчатыми теплообменниками. Охлаждение продукта в вакуум-камере происходит практически мгновенно.



В инъекционном стерилизаторе продукт насосом 1 нагнетается в инъекционную головку 2, в которой он смешивается с острым паром, проходящим через отверстие 3. Из-за перемешивания мешалкой 4, продукт равномерно нагревается до температуры пара и находится в трубе 5 необходимое для стерилизации время. После вторичного перемешивания мешалкой 6 продукт поступает в вакуум-камеру 9 через обратный клапан 7. За счет резкого сброса давления из него происходит самоиспарение воды и охлаждение до $35...37^{\circ}\text{C}$. Образовавшиеся в вакуум-камере вторичные пары по трубе 8 направляются в конденсатор, соединенный с вакуум-насосом. Продукт по барометрической трубе 10 перемещается к продуктовому насосу 11 и нагнетается им в емкость. Температура стерилизации регулируется давлением и количеством пара, подаваемого в инъекционную головку.

Пастеризаторы.

Для пастеризации отдельных видов консервов и жидких продуктов (молока, сливок, соков, пива, пюре и т.п.) используют ленточные, конвейерные установки и специальные проточные пластинчатые или трубчатые установки соответственно, у которых транспортирующий механизм перемещает продукцию в банках или бутылках через тоннель или секции, разделенный на три зоны:

- подогрева,**
- пастеризации,**
- охлаждения.**

Пастеризаторы непрерывного действия могут иметь в своем составе устройства для:

- экстрагирования пастеризуемого продукта, т.е. для прогрева паровоздушной смеси в незаполненном пространстве банки, с целью снижения давления в банке и ликвидации брака от срывания крышек;**
- деаэрирования пастеризуемого продукта, что достигается распределением его тонкой пленкой по перфорированной поверхности;**
- дезодорации пастеризуемого продукта, т.е. удаление нежелательных запахов и вкусов;**
- очистки и гомогенизации пастеризуемого продукта.**

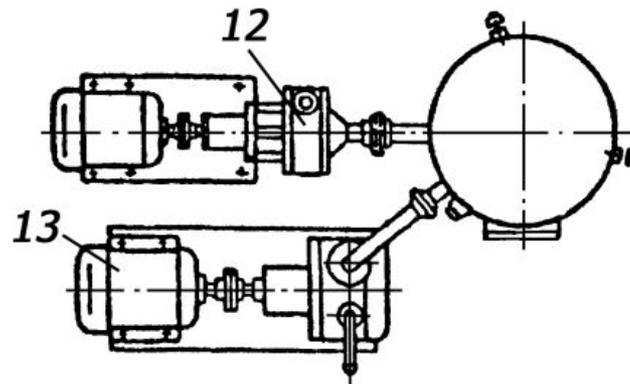
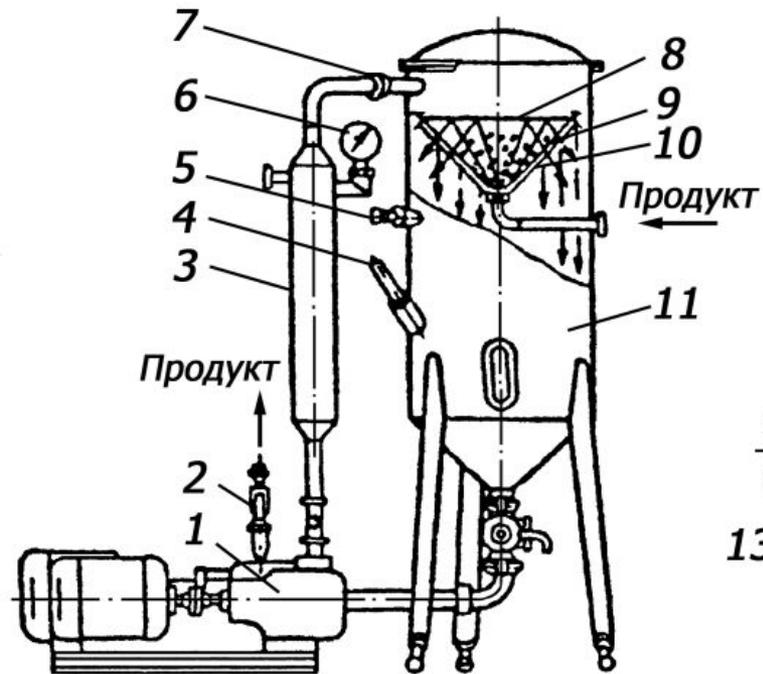
Устройства для термовакуумной обработки жидких пищевых продуктов.

В некоторых технологиях применяют устройства для удаления нежелательных запахов и привкусов из сырья и полуфабрикатов (молока, сливок, растительных масел и т.п.). Эти устройства носят названия дезодораторов и широко различаются по конструктивному исполнению (вертикальные емкости, в которых размещают различные вращающиеся конусы, диски, барабаны, устройства, аналогичные барометрическим конденсаторам и т.п.). Задача таких устройств - обеспечивать необходимую поверхность контакта фаз для эффективного проведения дезодорации.

Термовакуумная установка:

1 – вакуум-насос; 2 – обратный клапан;
3 – конденсатор; 4 – термометр;
5 – воздушный клапан; 6 – вакуумметр;
7 – обратный клапан; 8 – крышка-отражатель; 9 – перфорированная камера;

камера;
10 – шарообразные тела; 11 – вакуум-камера; 12 – насос для продукта; 13 – электродвигатель вакуум-насоса.



Наиболее эффективная термовакuumная обработка молочных продуктов достигается при температуре порядка 70...80°C.

Для повышения эффекта дезодорации устанавливают последовательно две дезодорационные колонки. В ряде установок для улавливания стойких запахов в продукт при небольших давлениях инжестируют пар. При этом продукт поступает в смесительную камеру, где создается небольшой вакуум. Здесь молочный продукт нагревается и поступает в верхнюю часть циклонного отделителя. Выделившиеся пары и газы частично удаляются в эжекторный конденсатор, частично дезодорированный продукт отводится в промежуточную емкость. Более полная дезодорация осуществляется во втором циклонном отделителе, работающем аналогично.

В вакуумный дезодоратор для молока и молочных продуктов предварительно нагретый продукт подается в перфорированную камеру с отражателем. В вакуум-камере поддерживается разрежение (50...60 кПа) при этом продукт вскипает. Вторичный пар и выделившиеся газы удаляются из камеры с помощью вакуум-насоса. Откачивается продукт специальным насосом.

Термовакuumная установка может применяться как в комплектах технологического оборудования, так и самостоятельно.

Расчет производительности и энергозатрат. Автоклавы, стерилизаторы и пастеризаторы рассчитываются на основе уравнения теплового баланса.

Производительность автоклава Π_A (шт/мин) определяется по формуле $\Pi_A = n_B / \tau$,

где: n_B – количество банок, загружаемых в автоклав; τ – продолжительность полного цикла работы автоклава, мин.

Уравнение теплового баланса автоклава имеет вид

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \text{ Дж/с.}$$

где: Q_1 – расход тепла на нагрев автоклава, Дж/с; Q_2 – расход тепла на нагрев сеток, Дж/с; Q_3 – расход тепла на нагрев банок, Дж/с; Q_4 – расход тепла на нагрев продукта, Дж/с; Q_5 – расход тепла на нагрев воды в автоклаве, Дж/с; Q_6 – потери тепла в окружающую среду, Дж/с.

Производительность стерилизатора непрерывного действия

$$\Pi = M / \tau,$$

где: M – количество банок одновременно находящихся в стерилизаторе, шт; τ – продолжительность цикла стерилизации, с.

Для стерилизатора с цепным транспортирующим органом

$$\Pi = V \cdot a \cdot n_K,$$

где: V – скорость движения цепей транспортера, м/с; a – расстояние между центрами банок, м; n_K – число банок в одном банкодержателе, шт.

Тепловой баланс стерилизатора непрерывного действия

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5,$$

где: Q_1 – расход тепла на нагрев банок, Дж/с; Q_2 – расход тепла на нагрев продукта, Дж/с; Q_3 – расход тепла на нагрев транспортирующих средств, Дж/с; Q_4 – расход тепла на подогрев доливаемой воды, Дж/с; Q_5 – расход тепла на компенсацию потерь в окружающую среду, Дж/с.