

|  |
| --- |
| **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  **высшего образования**  **«Уральский государственный экономический университет»**  **(УрГЭУ)** |

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Расчет и конструирование»

на тему «Расчет и конструирование выпарного аппарата»

|  |  |
| --- | --- |
| Институт торговли, пищевых  технологий и сервиса | Студент |
|  | Бекленищева Н.Н. |
| Направление «Технологические  машины и оборудование» | Группа |
|  | МАПП-18 |
| Профиль «Машины и аппараты пищевых производств» | Руководитель |
|  | Лазарев В.А., к.т.н., доцент кафедры  пищевой инженерии |
| Кафедра пищевой инженерии |  |
| Дата защиты: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Оценка:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |  |

Екатеринбург, 2020

Содержание

[Введение 3](#_Toc62469304)

[1 Описание аппарата 4](#_Toc62469305)

[1.1 Описание конструкции 5](#_Toc62469306)

[1.2 Описание принципа работы аппарата 6](#_Toc62469307)

[2 Расчет конструкций аппарата на прочность и устойчивость 8](#_Toc62469308)

[2.1 Расчет греющей камеры 8](#_Toc62469309)

[2.1.1. Расчет рабочих давлений 8](#_Toc62469310)

### Введение

Выпаривание – это процесс концентрирования растворов твердых нелетучих и малолетучих веществ путем испарения летучего растворителя и отвода образовавшихся паров.

Процесс концентрирования жидких пищевых сред осуществляется в различных выпарных конструкциях.

Так для концентрирования молока целесообразно использовать выпарной аппарат с соосной греющей камерой, работающей под давлением ниже атмосферного. В ряде случаев с целью бережного сохранения полезных компонентов искусственно понижают температуру кипения раствора. Для этого используется разряжение, иначе называемой вакуум-выпоркой. Температура кипения раствора может быть на 20-30 С° градусов ниже стандартной при нормальном атмосферном давлении, что позволяет повысить содержание витаминов, оксидантов и минеральных веществ.

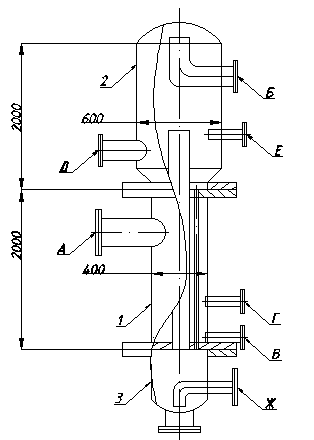
В молоке содержание влаги в среднем составляет от 75% до 96%. В процессе выпаривания повышается вязкость и плотность продукта, происходит распад некоторых компонентов на более простые.

Выпаривание продукта происходит в течении определенного времени, пока не будет достигнута определенная концентрация раствора, определяемая количеством сухих веществ.

Работа выпарного аппарата характеризуется его выпарительной способностью, то есть количеством воды в килограммах, выпариваемой с одного квадратного метра поверхности нагрева (внутренней площади греющих труб) в течении одного часа. Такие аппараты используются в пищевой и химической промышленностях.

### Описание аппарата

К проектированию принимается выпарной аппарат, разработанный на основе типовых конструкций с соосным расположением греющей камеры, способный производить выпаривание как под вакуумом, так и под избыточным давлением. Конструкция аппараты представлена на рисунке 1.1. Аппарат предназначен для концентрирования молока без добавления сахара.



1 – греющая камера; 2 – сепаратор; 3 - днище

Рисунок 1.1 – Схематичное изображение выпарного аппарата

### Описание конструкции

Выпарной аппарат состоит из греющей камеры 1, сепаратора 2, днища 3 и двух трубных решеток с закрепленными в них греющими трубами и переливной циркуляционной трубой. Греющая камера выполнена в виде кожухотрубного теплообменника вертикального типа.

В межтрубное пространство непрерывно поддается греющий пар через штуцер «А», а внутри греющих труб кипит раствор. В верхней части греющей камеры располагается присоединительный фланец, к которому с помощью болтовых соединений крепится сепаратор, а к нижней части греющей камеры соответственно днище.

Сепаратор представляет собой тонкостенную цилиндрическую обечайку. Предназначен для отделения вторичного пара, образовавшегося в процессе кипения продукта. В верхней части сепаратора размещена тарелка-отбойник. Часть вторичного пара конденсируется в виде продукта и через переливную трубу возвращается на выпарку, а часть пара удаляется через штуцер «Б».

Большая часть конструкционных элементов выпарного аппарата выполняются из нержавеющей стали, разрешённой для контакта с пищевыми продуктами, например, 12Х18Н10Т.

Трубы соединены с трубной решеткой путем развальцовки и размещены по сторонам правильный шестиугольник.

Аппарат имеет следующие технологические и вспомогательные штуцеры:

А – для подачи гребущего пара;

Б ­­– для выхода вторичного пара;

В – для слива конденсата греющего пара;

Г – для продувки греющей камеры воздуха;

Д – для ввода упариваемого раствора;

Е – для продувки сепаратора;

Ж – для слива упаренного раствора;

И – для опорожнения аппарата.

### Описание принципа работы аппарата

Перед началом работы выпарного аппарата его необходимо провести гидравлические испытания. Аппарат герметизируется со всех штуцеров, кроме штуцера подачи греющего пара и штуцера для отвода вторичного пара. Далее аппарат заполняется водой под давлением 10 МПа и проверяется на наличие утечек и неплотностей.

Во время работы аппарата в трубном пространстве находится кипящий раствор, а в межтрубном пространстве греющий пар, который непрерывно подается в греющую камеру через штуцер «А». Греющий пар отдает свое тепло кипятильным трубам и, в меньшей степени, обечайке греющей камеры. В сепараторе с отбойниками капельки отделяются от вторичного пара, которые затем конденсируются. Конденсат вместе с охлаждающей водой удаляется через барометрическую трубу в нижней части выпарного аппарата через штуцер «В».

Исходный раствор (молоко) подается в аппарат через штуцер «Ж», нагревается, начинает кипеть внутри греющих труб, что приводит к парообразованию. Парообразование происходит за счет появления воздушных полостей (раствор начинает подниматься снизу в вверх, так как плотность раствора в верхней части кипятильных труб меньше, чем в нижней).

Частично упаренный раствор возвращается через переливную циркуляционную трубу и цикл повторяется. При кипении раствора непрерывно образуется вторичный пар, которые из греющих треб попадает в сепаратор. Внутри сепаратора вторичный пар частично конденсируется, а частично удаляется из аппарата через штуцер «Б». Для понижения температуры кипения раствора внутри греющих труб создается вакуум.

### Расчет конструкций аппарата на прочность и устойчивость

Процесс выпаривания может проводиться непрерывно и периодически. Аппараты периодического действия используют в основном в производствах малого масштаба, а в крупнотоннажных применяются непрерывнодействующие выпарные установки.

Выпаривание осуществляется как под вакуумом, так и при атмосферном и избыточном давлениях. Соответственно, в определенных случаях при высокотемпературном выпаривании аппарат может быть нагружен значительным избыточным внутренним давлением, а при выпарке под вакуумом избыточным наружным давлением. Расчет ведется по наибольшему перепаду давлений.

### 2.1 Расчет греющей камеры

Греющая камера представляет собой одноходовой кожухотрубчатый теплообменник, в верхней и нижней трубных решетках которого развальцованы концы греющих труб. Она является тонкостенной цилиндрической обечайкой, высота которой значительно представляет ее диаметр. Обечайка может выполняться из листовой нержавеющей стали, так как она не контактирует с продуктом напрямую. Внутри греющей камеры в трубных решетках располагаются греющие трубы, по которым циркулирует выпариваемый раствор.

### 2.1.1. Расчет рабочих давлений

Расчетное давление по условию прочности, Рпр1, МПа:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1) |

где Рпр1 – ­­­­наибольшее избыточное давление в пространстве греющей камеры, МПа;

Давление по условию прочности будет напрямую зависеть от температуры греющего пара, подавляемого в межтрубное пространство. Как правило, температура греющего пара меняется в диапазоне от 100 °С до 180 °С и более.

Согласно исходным данным, принимает P1max = 1,0 МПа, что соответствует температуре греющего пара t = 177,3 °С, Pатм = 0,1 МПа.

|  |  |
| --- | --- |
| . | (2.1) |

Расчетное давление по условию устойчивости Руст1, МПа:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (2.2) |

где Р1min –наименьшее давление в межтрубном пространстве греющей камеры (без подачи пара), МПа;

Согласно исходным данным принимаем Р1min = 0,1 МПа, тогда:

|  |  |
| --- | --- |
| . | (2.1) |

Анализируя данные значения делаем вывод, что расчет греющей камеры будем вести по условию прочности.