УДК 66.048.5

DOI: 10.35211/1990-5297-2020-3-238-49-52

В. Н. Храмова, С. Е. Божкова, В. М. Ящук

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ РАСТВОРОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: bozhkova@mail.ru

Оптимизирована технологическая линия выпаривания растворов в пищевой промышленности с применением теплового насоса, что позволило отводить вторичный пар в эжектор, смешивать его с первичным, в результате чего повысилась энергоэффективность установки и как следствие снизился расход первичного пара. Предложены различные направления совершенствования процесса концентрирования пищевых растворов выпариванием, которые могут стать основой для разработки технологий энергосбережения в данной области.

Ключевые слова: концентрирование, выпаривание, пищевые растворы, вакуум-выпарная установка, насос, энергосбережение.

V. N. Khramova, S. E. Bozhkova, B. M. Yaschuk

INTENSIFICATION OF CONCENTRATION SOLUTIONS TECHNOLOGIES IN THE FOOD INDUSTRY

Volgograd State Technical University

The technological line for evaporating solutions in the food industry using a heat pump was optimized, which allowed the secondary steam to be diverted to the ejector, mixed with the primary one, resulting in an increase in the energy efficiency of the installation, and as a result, the consumption of primary steam was reduced. Various directions of improving the process of concentrating food solutions by evaporation are proposed, which can become the basis for the development of energy-saving technologies in this area.

Keywords: concentration, evaporation, food solutions, vacuum evaporation plant, pump, energy saving.

Выпаривание является одним из наиболее распространенных методов первоначального обезвоживания или концентрирования многих продуктов, производимых в пищевых отраслях промышленности, включая молочную, сахарную промышленность, производство фруктовых соков и т. д.

Целью данной работы являлась разработка технологической линии и совершенствование технологического процесса концентрирования пищевых растворов, в том числе путем использования в составе технологической линии теплового насоса, позволяющего повысить ее энергоэффективность.

На основе достижений развития современной инженерно-технической мысли с целью утилизации низкопотенциального тепла, а также улучшения показателей качества готовых пищевых продуктов и экономической эффективности технологии предлагается выполнить модернизацию выпарной установки, которая предусматривает использование эжектора как одного из перспективных вариантов реализации теплового насоса [1, 2], а также предусмотреть подогрев исходного раствора путем передачи к нему тепла от упаренного концентрированного раствора.

Установка состоит из емкости для исходного раствора, теплообменника, выпарного аппарата, эжектора и насоса, и работает следующим образом. Из емкости исходный раствор насосом подается в теплообменник, где нагревается практически до температуры кипения, а из него поступает в выпарной аппарат. Вторичный пар из выпарного аппарата отводится в эжектор, разряжение в котором создается за счет первичного пара. В эжекторе происходит смешение вторичного пара с первичным, и после этого смешанный пар подается в межтрубное пространство греющей камеры выпарного аппарата. Такая схема нагрева позволяет повысить энергетическую эффективность установки и сократить расход первичного греющего пара высокого давления. Требуемая концентрация упаренного раствора обеспечивается путем регулирования расхода первичного греющего пара, обеспечивающего поддержание требуемой температурной депрессии. Конденсат первичного греющего пара отводится в обратную линию котельной. Избыток конденсата может использоваться для других технологических нужд. Неиспользованная часть вторичного пара может отводится в конденсатор (поверхностный

[©] Храмова В. Н., Божкова С. Е., Ящук В. М., 2020.

или смешения) и в последующем при необходимости может использоваться для технологических нужд.

Установка снабжена необходимым количеством контуров контроля и регулирования, позволяющих контролировать основные параметры процесса концентрирования и обеспечи-

вающих получение данных, необходимых для управления процессом, стабилизации технологического режима работы аппаратов и сигнализации критических режимов работы оборудования.

Основные параметры контроля представлены в таблице.

Основные параметры контроля

Контролируемые параметры	Регулируемые параметры	Сигнализируемые параметры	Место контроля
Уровень исходного раствора	Уровень исходного раствора	Предельные уровни исходного раствора	Емкость
Уровень раствора	Уровень раствора	Предельные уровни раствора	Выпарной аппарат
Давление	_	Максимальное давление	Выпарной аппарат
Температурная депрессия	Температурная депрессия	_	Выпарной аппарат
Расход исходного раствора	Расход исходного раствора	-	Трубопровод подачи исходного раствора
Температура исходного раствора	Температура исход- ного раствора	Температура исходно- го раствора	Трубопровод перед теплообменником
Давление вторичного пара	Давление вторично- го пара	_	Сепаратор выпарного аппарата
Концентрация упаренного раствора	-	-	Трубопровод отведения упаренного раствора после выпарного аппарата
Давление на линии нагнетания	Давление на линии нагнетания	-	Насос
Давление пара высокого давления; расход пара высокого давления	Давление пара вы- сокого давления	_	Трубопровод пара высокого давления

Использование микропроцессорных регуляторов позволяет реализовать каскадный принцип управления по некоторым параметрам, например, регулировать подачу первичного пара в зависимости от температурной депрессии и вакуума, создаваемого выпарном аппарате с помощью эжектора. Каскадное взаимодействие отдельных контуров регулирования при этом реализуется с помощью SCADA-системы [3].

Интенсификация процесса выпаривания может осуществляться по следующим направлениям:

- определение оптимальных технологических параметров, обеспечивающих максимальную производительность при минимальных энергетических затратах на проведение процесса;
- разработка комбинированных технологических схем, в которых выпаривание применяется в сочетании с другими технологическими

процессами, например, обратный осмос, ультрафильтрация, термодиффузия;

- проведение процесса в условиях воздействия различных физических полей (магнитного, электрического, центробежного, ультразвукового, вибрационного);
- применение различных вспомогательных веществ, воздействующих на характеристики исходного раствора;
- разработка новых конструкций аппаратов, обеспечивающих существенное увеличение их производительности за счет применения шероховатых поверхностей и поверхностей сложной формы, способствующих турбулизации потока в пристенном слое; использование турбулизирующих вставок в каналах и трубах; увеличение площади поверхности путем оребрения;
- разработка адаптивных многопараметрических систем управления выпарными установ-

ками, позволяющими оптимизировать распределение тепловой нагрузки между выпарными аппаратами с целью минимизации общего энергопотребления;

- применение принудительной циркуляции раствора с использованием насосных систем с частотно-регулируемым электроприводом, обеспечивающим требуемую скорость циркуляции в выпарном аппарате в зависимости от достигнутой концентрации упаренного раствора;
- применение тепловых насосов на основе механических и струйных компрессоров, а также эжекционных теплообменников.

Для прямоточных выпарных установок целесообразно применять в качестве теплового насоса струйные паровые компрессоры между корпусами установки. Для противоточных выпарных установок целесообразно применять в качестве теплового насоса механические компрессоры между корпусами установки.

На рис. 1 представлена схема однокорпусной выпарной установки на основе механического компрессора, в которой предусмотрен дополнительный нагрев исходного раствора упаренным раствором с помощью теплообменника поз. *1*, что позволяет повысить энергоэффективность установки. Для случая многокорпусной выпарной установки сжатый вторичный пар поступает в следующий корпус в качестве греющего.

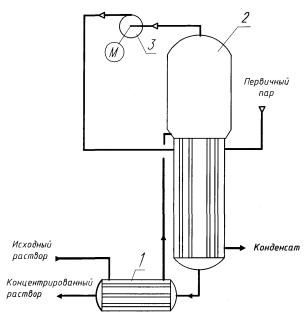


Рис. 1. Выпарная установка с тепловым насосом на основе механического компрессора: 1 – теплообменник; 2 – выпарной аппарат; 3 – компрессор

На рис. 2 представлена схема выпарной установки на основе эжекционного теплообменника, в которой предусмотрен дополнительный нагрев исходного раствора упаренным раствором с помощью теплообменника поз. I, но одновременно с этим исходный раствор нагревается и в эжекционном теплообменнике поз. 2.

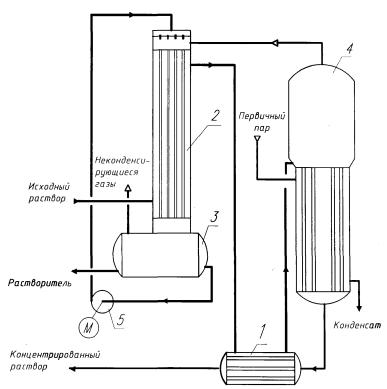


Рис. 2. Выпарная установка с тепловым насосом на основе эжекционного теплообменника: I – теплообменник; 2 – эжекционный теплообменник; 3 – сепаратор; 4 – выпарной аппарат; 5 – насос

Следует отметить, что с повышением концентрации упаренного раствора, повышением его вязкости эффективность съема с него тепла снижается, и кроме того возрастает вероятность зарастания теплообменника поз. *I* кристаллами, поэтому его применение технически и экономически может быть неоправдано. Тогда основной нагрев исходного раствора будет осуществляться в эжекционном теплообменнике поз. 2, после которого раствор будет подаваться непосредственно в выпарной аппарат поз. 4, минуя теплообменник поз. *I*.

В многокорпусных противоточных выпарных установках эжекционный теплообменник устанавливается между корпусами. Дополнительным преимуществом использования эжекционного теплообменника может быть то, что отпадает необходимость применения конденсатора (смешения или барометрического) на выходе из последнего по ходу корпуса выпарного аппарата. Также появляется возможность более точного регулирования распределения давлений между корпусами, за счет регулирования производительности циркуляционного насоса (поз. 5 на рис. 2), обеспечивающего работу струйных эжекторов теплообменника (поз. 2 на рис. 2).

Применение тепловых насосов в выпарных установках существенно позволяет снизить затраты тепловой энергии на концентрирование растворов, а использование принципа теплового насоса при создания новых конструкций выпарных аппаратов позволяет рекомендовать данное направление энергоресурсосбережения для дальнейшего развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. Яшук, В. М. Применение тепловых насосов в ректификационных установках / В. М. Ящук, О. А. Залипаева, Д. С. Филимонова // Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. ст. № 1 (128) / ВолгГТУ. Волгоград, 2014. (Серия «Реология, процессы и аппараты химической технологии»; вып. 7). С. 133–136.
- 2. Канищев, С. С. Повышение эффективности массообменных процессов путем применения жидкостно-газовых эжекторов / С. С. Канищев, В. М. Ящук // России творческую молодежь: тез. докл. ІХ регион. науч.-практ. студ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. Героя Советского Союза А. П. Маресьева (г. Камышин, 27–28 апр. 2016 г.). В 2 т. Т. 1 / ВолгГТУ, КТИ (филиал) ВолгГТУ. Волгоград, 2016. С. 70–71.
- 3. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие / под общ ред. А. С. Клюева. Москва : Энергоатомиздат, 1990. 464 с.