

УДК 66.048.5-982

## РАЗРАБОТКА ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ АПК НА БАЗЕ ЖИДКОСТНОКОЛЬЦЕВОГО ВАКУУМНАСОСА

**Дмитрий Вячеславович Никитин**<sup>1,2</sup>

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

vacuum2008@yandex.ru

**Мохаммед Али Сами Махмуд**<sup>1</sup>

аспирант

Mr.MohammedAli1993@gmail.com

**Андрей Сергеевич Иванов**<sup>1</sup>

студент

Ivanser411@gmail.com

**Валерий Александрович Талыков**<sup>2</sup>

магистр

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов, Россия

<sup>2</sup>Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** Выпаривание является основным процессом во многих технологических процессах переработки сельскохозяйственной продукции. Экономичность, скорость, сохранение полезных веществ и качество процесса является важными условиями выбора выпарной установки. Значительно улучшить этот процесс можно с применением вакуума. В статье представлена модель выпарной установки с вакуумнасосом.

**Ключевые слова:** выпаривание, вакуум, экстрагирование, пищевая промышленность.

**Введение.** Выпарные установки предназначены для повышения концентрации раствора, вплоть до получения порошка и выделение растворителя(дистилляция) или экстрагента. Так, в сельскохозяйственном производстве выпаривание применяется: для концентрирования водных экстрактов их овощей и фруктов [3, 7, 8], вплоть до получения сухих порошков из них; концентрирования соков и молока, производства сахара, белкововитаминных концентратов, кормовых дрожжей и минеральных удобрений; опреснения морской воды.

Выпаривание применяется и для побочных целей, заключающихся в снабжении различного рода технологических потребителей парами, а также теплом [4, 9].

В некоторых производственных процессах выпарные установки являются основной составляющей технологического процесса, которые определяют качество и стоимость выпускаемой продукции. Выпарные установки являются существенными энергопотребителями, их изготовление и эксплуатация требуют больших производственных затрат [1, 2, 10].

**Цель статьи.** Описание конструктивных схем вакуумных выпаривателей для получения геля или порошка из растворов растительных материалов с максимальным сохранение биологически-активных веществ БАВ и наименьших затрат энергии.

При проектировании выпарных установок необходимо решать три основных задачи, заключающихся в выборе схемы и конструкции, определение оптимальных режимов, анализ процессов в статике и кинематике, необходимой в связи с автоматизацией выпарных установок.

**Методы и методика.** Вопросами выпаривания применительно к АПК занимаются многие российские и иностранные ученые. Выпаривания растительных экстрактов, упаривания соков, производства молочной продукции и концентрированных кормов в сельском хозяйстве наиболее перспективной схемой аппарата является вакуумный, поскольку при данном методе выпаривания сохраняется максимальное количество полезных

органических веществ, которые теряются при высоких температурах. Для повышения технико-экономических показателей перспективным является применение ЖВН с АРНО [5] При совместном использовании выпарного и экстракционных аппаратов двухступенчатый ЖВН с последовательным включением ступеней [6], а также новых принципов нагрева и сохранения уходящей тепло, повышающих производительность, качество процесса, снижающих энергоёмкость процесса.

Для проектирования вакуумного выпарного аппарата необходимо составить материальный баланс. Исходим из предположения, что объём водо- или водно-спирторастворимого сухого вещества в процессе остается неизменным. Это отображается в равенстве количества, подаваемого его с экстрактом и отводимого с концентрированным гелем (упаренным раствором-экстрактом).

Запишем:

$$W = R - G, \quad (1)$$

где  $W$  – количество уходящего пара из выпаривателя, кг;  $G$  – количество отводимого из выпаривателя концентрата, кг;  $R$  – количество подаваемого экстракта в выпариватель, кг.

Количество упаренной влаги посчитаем, как:

$$W = R - \left(1 - \frac{b}{B}\right), \quad (2)$$

где  $b$  – доля сухих веществ в экстракте, %;  $B$  – доля сухих веществ в концентрате, %.

Выводим общую формулу для определения конечной концентрации:

$$B = \frac{R \cdot b}{R - W}. \quad (3)$$

И окончательно определяем время выпаривания ( $\tau$ ) и сравнением с временем экстрагирования.

$$\tau = \frac{Q}{K \cdot F \cdot \Delta t}, \text{ ч}, \quad (10)$$

$$\Delta t = t_n - t_{кип}, \quad (11)$$

где  $t_n$  – температура нагревательного элемента, °С;  $t_{кип}$  – температура кипения жидкости, в частности экстракта, °С.

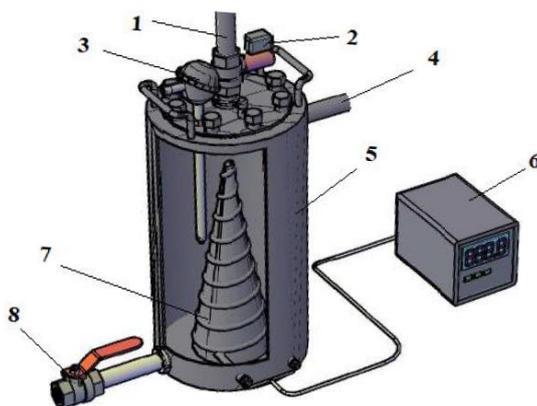
**Обсуждения.** В научно-образовательном центре ТГТУ-МичГАУ «Экотехнологии им. Ю.Г.Скрипникова» разработаны однокорпусные вакуумные установки для ряда технологических процессов АПК.

Они имеют различные форму исполнения с целью получения различных конечных продуктов:

а) цилиндрические с конусообразным подогревателем и винтовой нарезкой канавки для концентрации жидких веществ до состояния геля (сиропа);

б) прямоугольные коробчатые со скребком для концентрации жидких растворов до порошкового состояния.

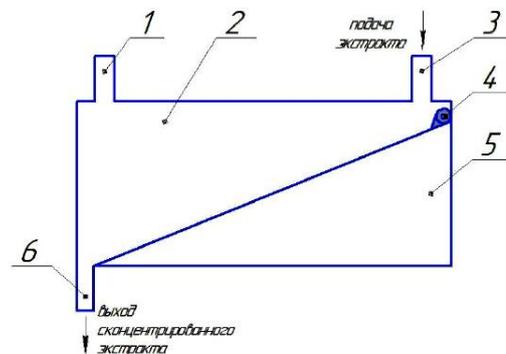
Конструкция аппарата в первом случае состоит из (рис. 1) нагревательного конуса 7 с со спиральными элементами, расположенного в основной цилиндрической емкости 5. От тепловых потерь основная емкость защищена изоляцией или вакуумной рубашкой.



1 – подающий трубопровод; 2 – отсекающий клапан; 4 – паропровод; 3 – термопара; 5 – цилиндрический корпус выпаривателя; 6 – ПИД-регулятор; 7 – конусообразный подогреватель; 8 – кран сгущенной жидкости.

Рисунок 1 – Вакуумный выпариватель с конусообразным подогревателем

Во втором случае аппарат делится на две камеры (рис. 2): основной корпус испарителя прямоугольной формы 2 и нагревательная камера 5 со скребком 4 расположенную под наклоном для удаления сухого экстракта с поверхности нагревателя.



1 – паропровод; 2 – корпус испарителя; 3 – трубопровод для подачи жидкости; 4 – скребок для удаления готового продукта в виде порошка; 5 – нагреватель; 6 – трубопровод для удаления порошка

Рисунок 2 – Эскиз вакуумного выпаривателя коробчатой формы

Последовательность организации выпаривания. Для выпаривания выбираем аппарат, в котором влага испаряется при максимально низкой температуре за регламентированное время, так как выпаривание происходит с побочными процессами, отрицательно сказывающихся на качестве продукта. Верхний предел температуры в камере выпаривателя зависит от качества, характеристик и назначения выпариваемого раствора. При этом свойства раствора должны оставаться неизменными при повышении температуры. Так, при выпаривании ряда фруктовых и овощных соков максимальной температурой является 55-70 °С. Однако, качество цитрусовых соков не изменяется при нагревании до 26 °С, яблочных и ананасовых – до 55 °С, депектинированного виноградного сока – до 100 °С. Исходя из этих свойств растительных материалов, применяем разные конструктивные элементы нагрева и величину создаваемого давления разрежения выпаривания, устройства выгрузки.

Конструкция предложенных выпаривателей в общем обладает следующими преимуществами:

– снижение максимальной температура нагрева раствора, т. е. температура кипения, что значительно расширяет список возможных перерабатываемых растительных материалов за счет переработки неустойчивых к термическому воздействию веществ;

– изменение зоны нагрева увеличивает разницу температур, что приводит к уменьшению необходимой площади поверхности теплоотдачи выпарного аппарата;

– снижение потери тепловой энергии.

В заключение следует отметить, разработанные вакуумные испарители показали эффективность концентрирования до гелей и порошков из водных тыквенных и яблочных экстрактов. Проводятся дальнейшие исследования упаривания различных водных экстрактов, соков, растворов.

#### **Список литературы:**

1. Вакуумная техника и технологии в производстве продуктов питания функционального назначения / И.В. Иванова, Е.П. Иванова, Ю.В. Родионов, А.С. Зорин, Н.Н. Мочалин // Инновационные технологии в производстве функциональных продуктов питания: материалы всероссийской научно-практической конференции. Мичуринск: Изд-во: МичГАУ, 2014. С. 76-82.

2. Гуськов А.А., Висков Н.В., Никитин Д.В. Разработка универсальной вакуумной экстракционно-выпарной установки для малого бизнеса АПК региона // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт: материалы 4-й международной научно-практической конференции института архитектуры, строительства и транспорта ТГТУ. Тамбов. 2017. С. 485-487.

3. Жидкостное экстрагирование растительных материалов с максимальным сохранением биологически активных веществ / Д. А. Матвеев, Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин [и др.] // Технологии пищевой и

перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 1. С. 164-172.

4. Кеннет Дж.Валентес, Энрике Ротштейн, Р.Пол Синг. Пищевая инженерия. СанктПетербург, 2014. 846 с.

5. Патент № 2133023 С1 Российская Федерация, МПК G01N 9/26. Способ автоматического контроля уровня и плотности раствора в выпарном аппарате: № 98102366/25: заявл. 10.02.1998: опубл. 10.07.1999 / В. А. Живописцев, Н. А. Зыков, А. А. Морозов [и др.]; заявитель Открытое акционерное общество "НИУИФ".

6. Патент № 2551449 С1 Российская Федерация, МПК F04C 7/00, F04C 19/00. Двухступенчатая жидкостно-кольцевая машина: № 2014127083/06: заявл. 02.07.2014: опубл. 27.05.2015 / А. А. Гуськов, Д. В. Никитин, П. С. Платицин, Ю. В. Родионов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Тамбовский государственный технический университет" ГОУ ВПО ТГТУ.

7. Патент № 2738938 С1 Российская Федерация, МПК B01D 11/02, B01D 1/22. Универсальная вакуумная экстрактно-выпарная установка: № 2019143887: заявл. 23.12.2019: опубл. 18.12.2020 / С. А. Анохин, Д. В. Никитин, Ю. В. Родионов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тамбовский государственный технический университет" (ФГБОУ ВО "ТГТУ").

8. Портнов В.В. Выпаривание: учебное пособие. Воронеж: Издательство ВГТУ, 2011. 105 с.

9. Рудобашта С.П. Теплотехника: учебник для высших учебных заведений. М.: Издательство «Перо», 2015. 672 с.

10. Экстрагирование растительного сырья с использованием вакуумных технологий / А.А. Гуськов, Ю.В. Родионов, А.Д. Нахман, О.А. Гливенкова // Вестник современных исследований. 2018. №8 – 3 (23). С. 241-244.

UDC 66.048.5-982

**DEVELOPMENT OF AN EVAPORATION PLANT FOR  
AGRICULTURAL PROCESSES BASED ON A LIQUID RING VACUUM  
PUMP**

**Dmitry V. Nikitin** <sup>1,2</sup>

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

vacuum2008@yandex.ru

**Mohammed Ali S. Mahmoud** <sup>1</sup>

graduate student

Mr.MohammedAli1993@gmail.com

**Andrey S. Ivanov** <sup>1</sup>

student

Ivanser411@gmail.com

**Valery A. Talykov** <sup>2</sup>

Master's Degree

<sup>1</sup>Tambov State Technical University

Tambov, Russia

<sup>2</sup>Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Annotation.** Evaporation is the main process in many technological processes of processing agricultural products. Efficiency, speed, preservation of useful substances and the quality of the process are important conditions for the choice of the evaporation plant. This process can be significantly improved with the use of vacuum. The article presents a model of an evaporation plant with a vacuum pump.

**Key words:** evaporation, vacuum, extraction, food industry.

Статья поступила в редакцию 28.10.2021; одобрена после рецензирования 30.11.2021; принята к публикации 10.12.2021. The article was submitted 28.10.2021; approved after reviewing 30.11.2021; accepted for publication 10.12.2021.