

УДК 664

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВТОРОЙ СТУПЕНИ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ
КОМБИНИРОВАННОЙ ВАКУУМНО-ИМПУЛЬСНОЙ СУШКИ ДЛЯ
ОБРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Данила Сергеевич Корнилов¹

студент

danil.f.2017@bk.ru

Юрий Викторович Родионов^{1,2}

доктор технических наук, профессор, директор

rodionow.u.w@rambler.ru

Ольга Александровна Зорина¹

аспирант

zorin619@bk.ru

Светлана Юрьевна Евдокимова¹

студент

svetik210102@mail.ru

¹Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов, Россия

²Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В данной статье показана модернизация двухступенчатой конвективно-вакуумно-импульсной сушки в двухступенчатую комбинированную вакуумно-импульсную. Это достигается установкой тепловых аккумуляторов как в конвективную ступень, так и после вакуумно-импульсного шкафа места. Для повышения производительности процесса

внедряем пневмотранспорт и устанавливаем новую конструкцию двухступенчатого, а также одноступенчатого жидкостнокольцевых вакуумных насосов. В результате проведенных модернизаций сушильной установки получаем двухступенчатую комбинированную вакуумно-импульсную сушку растительного сырья повышенной производительности и энергосбережения.

Ключевые слова: жидкостнокольцевой вакуумный насос, двухступенчатая комбинированная вакуумно-импульсная сушка, тепловой аккумулятор, растительное сырье, нагревание.

Введение. Для развития малых и средних предприятий по производству сушеной продукции из растительного материала необходимо иметь комплексный подход к введению технологического процесса. В него входят правильность хранения, а также во многих случаях последующее мойка, чистка, резка, удаление влаги растительных материалов с наименьшими энергетическими затратами за предельно короткие сроки, предоставляющая существенный финансовый результат. Для его получения прибегаем к хранению вакуумным ячеечным способом, чистку с использованием вакуума [1,2] и двухступенчатой комбинированной вакуумно-импульсной сушке (ДКомВИС), состоящей из двух ступеней. В первой ступени мы используем конвективную сушку в взвешенном слое, а во второй – комбинированную вакуум - импульсную сушку с применением двух стадий - нагревания и сушки при выдержке под вакуумом.

Цель работы. Модернизация двухступенчатой конвективно-вакуумно-импульсной сушки в двухступенчатую комбинированную вакуумно-импульсную.

Сохраняя потери при нагревании в первой стадии второй ступени при помощи теплового аккумулятора и применяя лотка с подогревом, снижаем энергозатратность и экономим время на процессе сушки. посредством его использования. Теперь сушка будет двухступенчатой комбинированной вакуум-импульсной сушкой (ДКомВИС).

Для уменьшения энергозатрат от потери тепла предлагается применить тепловой аккумулятор на стадии прогрева второй ступени. Тепловой аккумулятор – устройство для хранения теплоэнергии с целью дальнейшей ее использования[3].

Тепловой аккумулятор состоит из резервуара для хранения, аккумулирующей среды (рабочего тела), устройств для зарядки и вспомогательного оборудования. Одним из способов сбережения энергии является использование так называемых аккумуляторов энергии (тепловых накопителей). Подобные установки способны сберечь энергию и обеспечить

резерв в случае внезапного прекращения работы двухступенчатой комбинированной вакуум-импульсной сушки [4]. Наша идея состоит в том, чтобы мы после первой стадии, в вакуумной сушилке, энергию которая теряется после стадии нагревания, транспортируем с помощью жидкостнокольцевого вакуумного насоса в тепловой аккумулятор, аккумулируем энергию для дальнейшего распределения в вакуумный шкаф с целью подогрева лотков с растительным материалом.

Для снижения энергетических затрат ДКомВИС введем замену двухступенчатого жидкостнокольцевого вакуумного насоса (ДЖВН) на двухступенчатый жидкостнокольцевой вакуумный насос комбинированного типа (ДЖВН КТ). Применение нового ДЖВН КТ позволит сократить потери энергии за счет уменьшения трения жидкости о вращающийся корпус и за счет мощности на сжатие на различных режимах благодаря применяю автоматически регулируемого нагнетательного окна [5]. Экономия от внедрения ДЖВН КТ в процесс вакуумной сушки составит до 10%, а суммарная экономия электроэнергии всего ДКВИС до 25%.]

Таблица 1

Сравнительная техническая характеристика вакуумных насосов

Показатель	ВВН-0,75	ЖВН-0,75 РО
Номинальная производительность, м ³ /ч (м ³ /мин)	45 (0,75)	45 (0,75)
Расход воды, дм ³ / мин, не более	3	2
Электродвигатель	4А80В2У3	4А80А2У3
Мощность, кВт	2,2	1,5
Синхронная частота вращения, мин ⁽⁻¹⁾	1500	3000
Напряжение, В	220/380	220/380
Мощность, затрачиваемая на процесс вакуумирования, кВт, не	2,0 при давлении разрежения 80 кПа	1,4 при давлении разрежения 90 кПа

более		
Тип вакуумного насоса	Консольный	Двухпорный
Место подачи рабочей жидкости	В зону всасывания	В область образования жидкостного кольца
Размеры, мм:		
длина	815	620
высота	332	240
ширина	315	290
Масса, кг, не более	82	60
Цена, р.	24000	30000

Рассмотрим двухступенчатую конвективную вакуум-импульсную сушку растительных материалов без выраженного первого периода процесса, установка состоит(рисунок 1.) : 1 ступень- конвективная сушка во взвешенном слое (поз.1)., вторая ступень конвективная вакуумно-импульсная сушка ,включающая вакуумный шкаф (поз.2) , прогрев теплоносителем и вакуум создается двухступенчатым жидкостнокольцевым вакуумном насосе (поз.3) в режимах газодувки и вакуумного насоса, нагрев теплоносителя осуществляется с помощью ТЭНов, в конструкцию установки входит линия охлаждения и обратной подачи воды , состоящей из теплообменника для охлаждения(поз. 4),емкости сбора жидкости (поз.5),водяного насоса (поз7)

Схема двухступенчатой конвективной вакуумно-импульсной сушки описано в диссертации Зорина А.С [4].

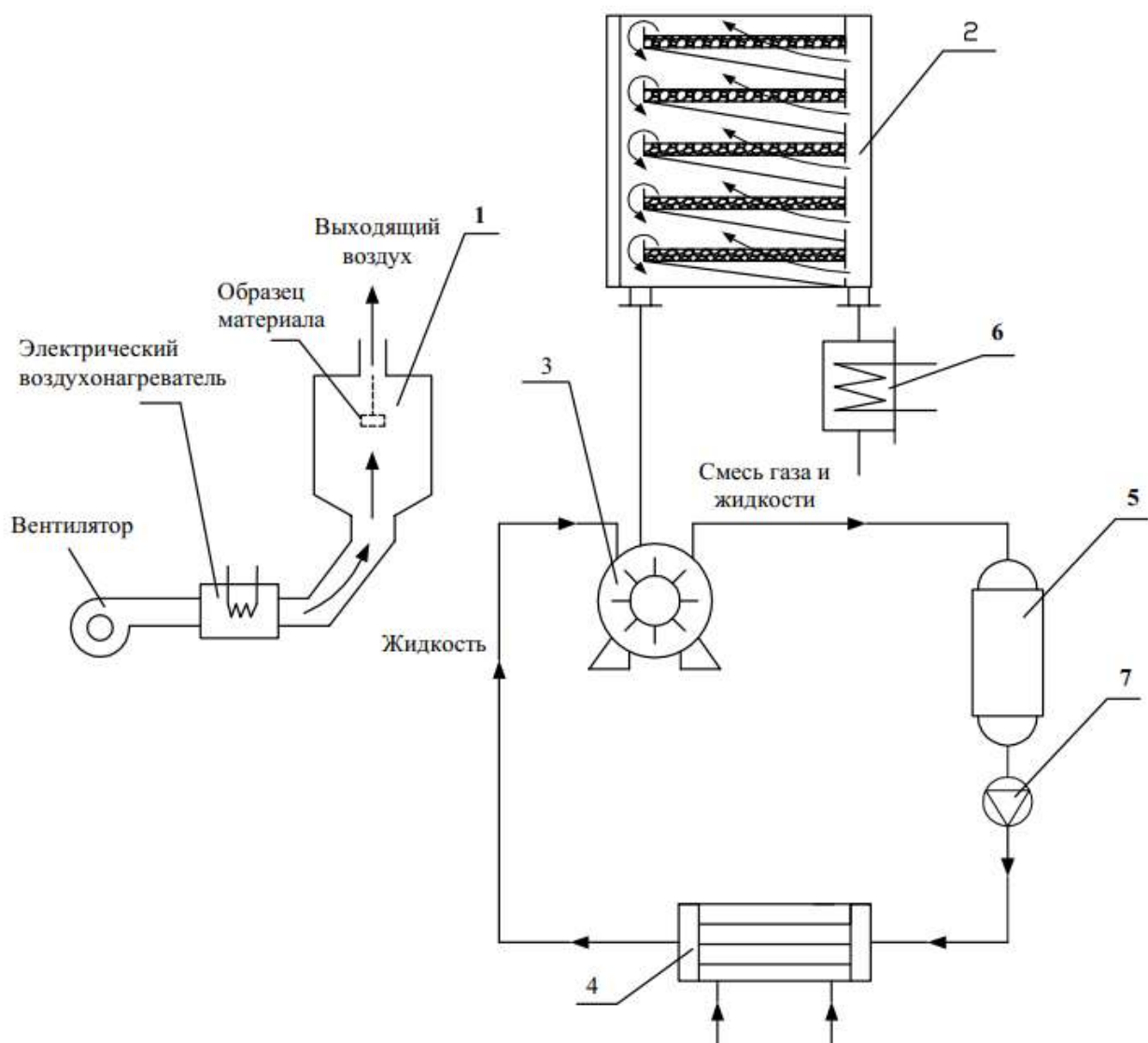


Рисунок 1—Двухступенчатая конвективная вакуумно-импульсная сушилка,

где первая ступень: 1 – конвективная сушилка во взвешенном слое ;Вторая ступень: 2 – сушильный шкаф; 3 – двухступенчатый ЖВН с последовательным включением ступеней; 4 –теплообменник; 5 – емкость для сбора жидкости;6 – ТЭНы; 7 – водяной насос.

Тогда общая схема для комбинированной вакуумно-импульсной сушилki- 2 ступени для обработки растительного сырья будет выглядеть следующим образом:

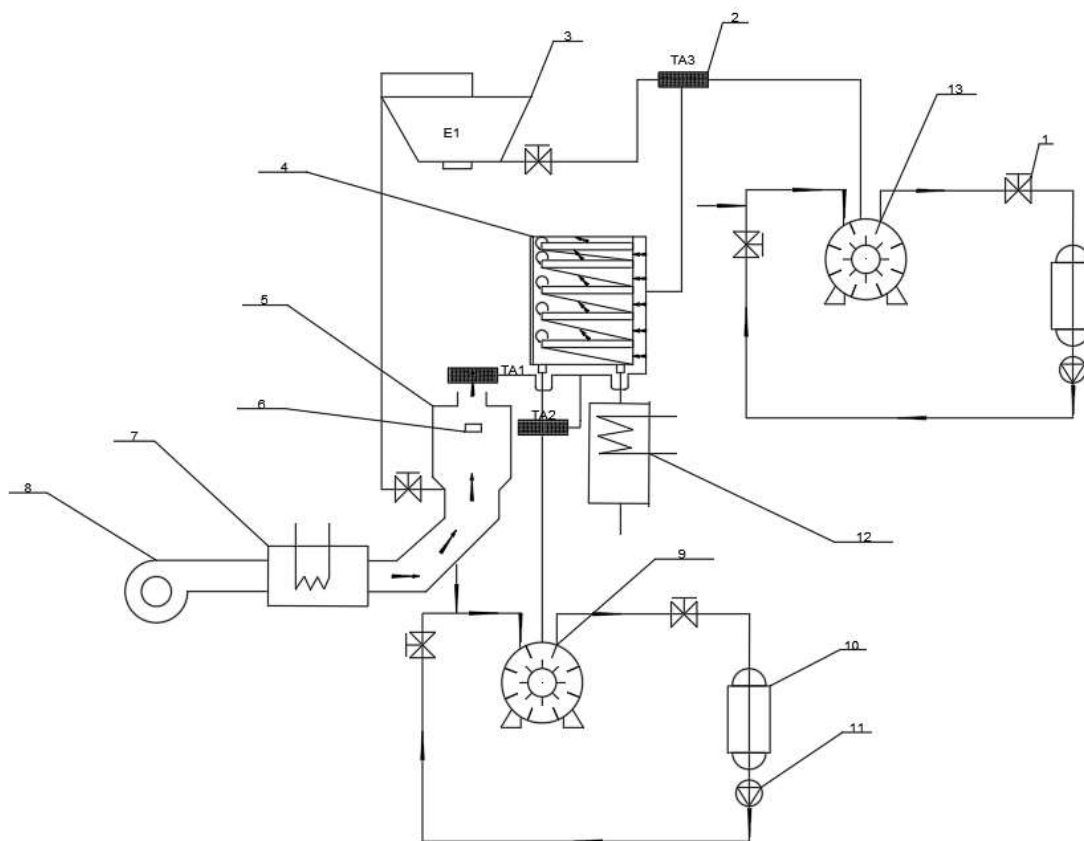


Рисунок 2 - Комбинированная вакуумно-импульсная сушка-2 ступени, где 1- Вентиль (6 шт.); 2-Тепловой Аккумулятор (ТА) ; 3-Бункер для хранения;4-Сушильный шкаф; 5-конвективная сушка во взвешенном слое; 6- Образец материала; 7- Электрический воздушонагреватель; 8-Вентилятор; 9- Двухступенчатый ЖВН с последовательным включением ступеней; 10- Емкость для сбора жидкости; 11- Водяной насос; 12- ТЭНы; 13 - ЖВН с последовательным включением ступеней.

На основании двухступенчатой конвективной вакуумно-импульсной сушилки предлагаю взять новую, в которой мы можем разместить первую ступень в различных цехах, поэтому после предварительной сушки с помощью пневмотранспорта, подсушенные материалы транспортируем к основной вакуумно-импульсной сушилке. Затем образцы загружаются в вакуумный шкаф и досушиваются.

Большие потери тепла в процессе работы, мы улавливаем с помощью трех теплоаккумуляторов, которые в свою очередь передают теплоэнергию в лотки, тем самым подогревая их. Теперь сушилка будет называться двухступенчатой комбинированной вакуумно-импульсной.

В связи с тем, что расход на вакуумирование ресурсозатратный процесс, на кафедре МИГ ТГТУ, разработана новая конструкция вакуумного насоса с

вращающимся корпусом. Она подходит и для 1-ступенчатой, и для 2-ступенчатой сушки.

Заключение. Для модернизации двухступенчатой конвективно-вакуумно-импульсной сушки в двухступенчатую комбинированную вакуумно-импульсную, было предложено следующее: с помощью пневмотранспорта повысить производительность процесса сушки, использовать жидкостнокольцевые вакуумные насосы комбинированного типа и тепловые аккумуляторы после вакуумной ступени для снижения энергозатрат при данном процессе.

Список литературы:

1. Конвективно-вакуумная сушилка / Родионов Ю.В., Щегольков А.В., Гришин С.О., Калинин В.Ф.// Патент РФ № 2560116 от 20.08.2015 Бюл. №23.
2. Энергосберегающее устройство для очистки растительного сырья паром / Родионов Ю.В., Баробанов И.В., Горбачев Р.Ю., Коровкина М.Ю., Митрохин М.А., Скрипников Ю.Г., Щегольков А.В.// Патент РФ № 2570300 от 10.12.2015 Бюл. №34.
3. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии. М.: Мир, 1987. 272 с.
4. Зорин А.С. Совершенствование технологии и технических средств комбинированной вакуумной сушки растительного сырья для производства чипсов: дис канд. техн. наук: 05.20.01. Тамбов. 2019. 156с.
5. Особенности расчета двухступенчатого жидкостнокольцевого вакуум-насоса модульного типа с последовательным включением ступеней. Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Преображенский В.А., Зорин А.С., Баранов А.А. Вестник Тамбовского государственного технического университета. Тамбов: Изд-во Тамб.гос. техн. ун-та, 2012. Т.18. № 3. С.696–702.

Работа выполнена при поддержке управления образования и науки Тамбовской области в рамках Соглашения №2/МУ2022 о предоставлении

гранта по проекту №МУ 2022-02/5 областного конкурса «Гранты для поддержки прикладных научных исследований молодых ученых 2022 года»

UDC 664

**INVESTIGATION OF THE SECOND STAGE OF TWO-STAGE
COMBINED VACUUM PULSE DRYING FOR PROCESSING PLANT RAW
MATERIALS**

Danila S. Kornilov

student

danil.f.2017@bk.ru

Yuri V. Rodionov

Doctor of Technical Sciences, Professor, Director

rodionow.u.w@rambler.ru

Olga A. Zorina

postgraduate student

zorin619@bk.ru

Svetlana Yu. Evdokimova

student

svetik210102@mail.ru

Tambov State Technical University

Tambov, Russia

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. This article shows the modernization of two-stage convective-vacuum-pulse drying into a two-stage combined vacuum-pulse drying. This is achieved by installing thermal accumulators both in the convective stage and after the vacuum pulse cabinet of the place. To increase the productivity of the process, we introduce a pneumatic transport and install a new design of two-stage, as well as single-stage

liquid-ring vacuum pumps. As a result of the modernization of the drying plant, we obtain a two-stage combined vacuum-pulse drying of vegetable raw materials with increased productivity and energy saving.

Keywords: liquid ring vacuum pump, two-stage combined vacuum pulse drying, heat accumulator, vegetable raw materials, heating.

Статья поступила в редакцию 27.04.2023; одобрена после рецензирования 05.06.2022; принята к публикации 30.06.2023.

The article was submitted 27.04.2023; approved after reviewing 05.06.2022; accepted for publication 30.06.2023.