Обговорення результатів. Відносна похибка для значень швидкості видалення вологи склала від 0,2 до 12 %. Таким чином, модель та методика можуть бути використані для розрахунку відповідного обладнання.

Рис. 5. Концентрат стевії.

На основі розробленого вакуум-випарного апарату пропонується лінія для виробництва концентрованого екстракту стевії, основним обладнанням якої є мікрохвильовий екстрактор періодичної дії [4], у якому відбувається екстрагування з листя стевії водою при температурі 40…45 ºС, та мікрохвильовий вакуум-випарний апарат.

Було одержано зразки екстракту стевії при температурі 40…45 ºС, гідромодулях 1:25, 1:50 в мікрохвильовому полі. Тривалість процесу екстрагування не перевищувала 40 хвилин. При цьому основна маса екстрактивних речовин була вилучена протягом перших 20 хвилин. Вдалося вилучити 44…46% сухої маси листя.

Концентрування проводилось в умовах тиску 0,011 МПа, питоме енергопідведення складало 296 Вт/кг. В результаті одержано концентрат стевії з концентрацією сухих речовин 11,6 %. Такого екстракту достатньо 3…4 краплі на 1 чашку чаю або кави (рис. 5).

Висновки. Визначальний вплив на інтенсивність випарювання чинять потужність електромагнітного поля та площа вільної поверхні (дзеркала), з якої видаляється утворена пара. Розроблена на основі критеріального рівняння процесу випарювання в умовах вакууму та мікрохвильового підведення енергії методика розрахунку може бути використана при проектуванні відповідного обладнання. Порівняння розрахункових та експериментальних даних підтвердило адекватність запропонованої моделі та методики розрахунку.

Література

1. *Бурдо О.Г.* Исследование вакуум-выпарных аппаратов нового типа / Бурдо О.Г., Ружицкая Н.В., Макаренко Т.А., Малашевич С.А. // Наукові праці ОНАХТ. – Вип. 45, Т.2. – Одеса, 2014. – С.212–214
2. *Бурдо О.Г.* Эволюция сушильных установок. – Одесса: «Полиграф», 2010. – 368 с.
3. *Бурдо О.Г.* Исследование модуля ленточной сушили растительного сырья с комбинированным электромагнитным подводом энергии / Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Яровой И.И., Ружицкая Н.В.// Труды IV Международной научно-практической конференции «Современные энергосбергающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов СЭТТ-2011». – Т.1, Москва, 2011. – С. 422 – 426.
4. Капетула С.М. Кінетика екстрагування олії із насіння амаранту в мікрохвильовому полі – Автореф. дис. канд. техн. наук. Одеса, 2012.

References

1. Burdo O.G., Ruzhickaya N.V., Makarenko T.A., Malashevich S.A. (2014). Issledovanie vakuum-vyiparnyih apparatov novogo tipa [The research of new type vacuum-evaporating apparatuses]. Naukovi pratsi ONAHT, 45, 2, 212 – 214 [in Russian].
2. Burdo O.G., Rybina O.B. (2010). Processy inaktivacii mikroorganizmov v mikrovolnovom pole [Processes of inactivation of microorganisms in microwave field]. Odessa: Poligraf [in Russian].
3. Burdo O.G., Ryashko G.M . (2007). Ekstragirovanie v sisteme «kofe - voda» [Extraction in “coffee-water” system], Odessa: TES [in Russian].
4. Kapetula S.M. (2012). Kinety`ka ekstraguvannya oliyi iz nasinnya amarantu v mikroxvy`l`ovomu poli [Kinetics of amaranth seeds oil in microwave field]. Odessa: ONAFT [in Ukrainian].

Отримано в редакцію 11.05.2018 Received 11.05.2018
Прийнято до друку 30.06.2018 Approved 30.06.2018

УДК 664.723.047 DOI: http://dx.doi.org/10.15673/swonaft.v82i1.1021

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

Бурдо О.Г.[1], д.т.н., проф., Зыков А.В.[1], к.т.н., доц., Мордынский В.П.[1], к.т.н., доц., Светличный П.И.[1], к.т.н., доц., Пур Д.Р.[2]
[1]Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса
[2]Компания D.R.P. Group, г. Тегеран, Иран

Аннотация. *Удаление влаги из пищевого сырья является одной из ключевых и наиболее энергозатратных задач пищевых технологий. Наиболее распространенными технологиями обезвоживания являются выпаривание и сушка. При этом енергетический КПД процесса сушки в 2 и более раз меньше*

КПД процесса выпаривания. Одним из путей совершенствования процесса обезвоживания есть использование технологий адресной доставки энергии, при которых не формируется пограничный слой, и концентрация раствора перестает быть критичной для обезвоживания сырья, что позволяет поднять конечную концентрацию сухих веществ в продукте до 92%. Применение технологии адресной доставки энергии при сушке позволяет вместо слабого диффузионного потенциала использовать мощный механический потенциал, который способен на порядки интенсифицировать процесс массопереноса. Это связано с ростом давления в микрокапиллярной структуре сырья, в результате чего происходит выброс парожидкостной смеси. Проблемы современных вакуумных сушилок решает предложенная инновационная конструкция с двухфазным испарительно-конденсационным контуром для подвода теплоты к сырью и системой конденсации паров воды непосредственно в самой сушильной камере. Такая система энергоподвода позволяет поддерживать стабильную и равномерную температуру продукта, а удаление из камеры не пара, а конденсата значительно снизит гидродинамическое сопротивление линии отвода удаляемой влаги. Разработана модель процессов обезвоживания в вакуумных аппаратах с электромагнитным подводом энергии позволившая разработать и построить инновационные вакуумные сушилки. Испытание разработанных сушилок было проведено на различном виде пищевого сырья. С помощью тепловизионной съемки были получены термограммы процесса свидетельствующие о равномерности прогрева сырья. Специфический способ подвода энергии требует поиск новых методов оценки эффективности таких аппаратов. Предлагается для оценки энергетической эффективности использовать подходы, где учитываются затраты энергии на единицу продукта.

Ключевые слова: вакуумная сушилка, энергетика обезвоживания, режимы сушки, морепродукты, растительное сырье.

INNOVATIVE SOLUTIONS FOR «DEWATERING» TECHNOLOGIES

Burdo O.G.[1], Zykov A.V.[1], Mordynskij V.P.[1], Svetlichnyj P.I.[1], Pur D.R.[2]
[1]Odessa National Academy of Food Technologies
[2]Company D.R.P. Group, Teheran, Iran

Abstract. *Removing moisture from food raw materials is one of the key and most energy-consuming tasks of food technology. The most common technologies of dewatering are evaporation and drying. At the same time, the energy efficiency of the drying process is 2 or more times less than the efficiency of the evaporation process. One of the ways to improve the process of dewatering is the use of technologies for targeted energy delivery, in which the boundary layer is not formed, and the concentration of the solution ceases to be critical for the dehydration of raw materials, which allows raising the final concentration of solids in the product to 92%. The application of the technology of targeted energy delivery during drying allows us to use a powerful mechanical potential instead of a weak diffusion potential, which is capable of intensifying the mass transfer process. This is due to the increase in pressure in the microcapillary structure of the raw materials, as a result of which the vapor-liquid mixture is ejected. The problems of modern vacuum dryers are solved by the proposed innovative design with a two-phase evaporation-condensation circuit for supplying heat to the raw material and condensation system of water vapor directly in the drying chamber. Such an energy supply system allows maintaining a stable and uniform product temperature, and removing from the chamber not steam but condensate will significantly reduce the hydrodynamic resistance of the line of removal of the moisture to be removed. A model of dehydration processes in vacuum devices with an electromagnetic energy supply has been developed, which made it possible to develop and construct innovative vacuum dryers. The test of the developed dryers was carried out on a different kind of food raw material. With the help of thermal imaging, the process thermograms indicating the uniformity of the heating of the raw materials were obtained. A specific way of supplying energy requires the searching for new methods for evaluating the effectiveness of such devices. It is proposed to use approaches, which take into account energy costs per unit of product, for the estimation of energy efficiency.*

Key words: Vacuum dryer, dewatering energy, drying regimes, seafood, vegetable raw materials.

Введение. Производство пищи является энергоемким в развитых странах [1-2]. Значительные расходы энергии присущи для технологий пищевых концентратов [3], где удаление влаги – одна из основных задач. В основном, применяются два принципа: выпаривание и сушка. Казалось бы, у этих процессов одинаковые задачи - перевести в пар влагу. Но затраты энергии на удаление единицы влаги оказываются существенно разными. Если энергетический КПД самого несовершенного процесса выпарки 85 %, то лучшие сушильные технологии не превышают 40 % [3-7] (рис.1).

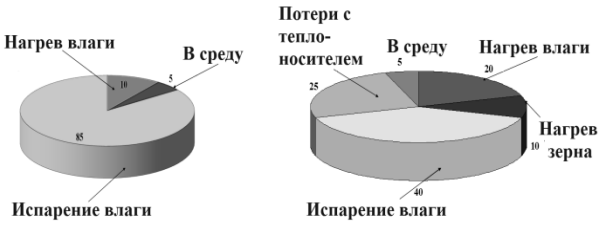
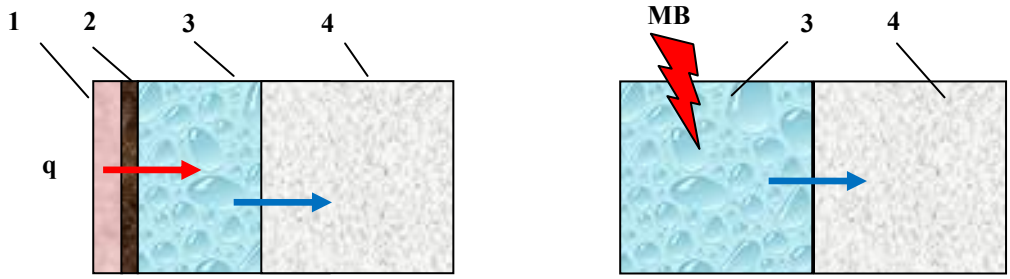


Рис.1. Энергетика обезвоживания.

Причины в том, что в конвективных сушилках задача достижения высоких значений коэффициентов массопереноса решается путем увеличения скорости (расхода) сушильного агента. Однако повышение расхода приводит к пропорциональному росту потерь теплоты в окружающую среду. Эти противоречия не имеют практического решения, и резервы повышения эффективности использования энергии [8, 9] в конвективных сушилках практически исчерпаны. Процесс выпаривания по классификации относится к тепловым, его движущей силой является разность температур. Механизмы этих процессов хорошо изучены. Вопросы моделирования и проектирования выпарных аппаратов практически решены. Что касается сушки – то это массообменный процесс, движущей силой которого является разность парциальных давлений пара на поверхности продукта и в окружающей среде. Сушка сложный и продолжительный процесс. Максимальная движущая сила в процессе сушки создается в вакуумных установках. Но достаточно сложные требования к конструкции, отсутствие систематических исследований вакуумных сушилок создают определенные барьеры при их внедрении. Поэтому актуальны поиски прогрессивных технических решений, использование современных принципов организации процессов тепломассопереноса [9 –14] в инновационных вакуумных аппаратах.

Анализ проблемы и формулировка научно-технической гипотезы. Рассмотрим схемы передачи теплоты и направления потоков влаги в традиционных выпарных аппаратах и в инновационном – микроволновом (рис.2). Традиционный выпарной аппарат – это поверхностный теплообменник. От горячей стенки 1 (рис.2,а) тепловой поток **q** преодолевая термическое сопротивление пограничного слоя 2 передает энергию раствору 3. В результате образуется паровая фаза 4. Проблема традиционного выпарного аппарата в том, что с выходом пара повышается концентрация раствора. Это приводит к росту вязкости раствора, увеличению толщины пограничного слоя 2 и повышению его термического сопротивления. Эффективные методы воздействия на формирование пограничного слоя отсутствуют, возникает перегрев продукта в пограничном слое и, как следствие, его пригар, привкус варки. Разработанная в ОНАПТ инновационная технология адресной доставки энергии при обезвоживании сырья [15, 16] позволяет решить указанные противоречия. Техническая идея инновации заключается в том, что подвод энергии осуществляется при граничных условиях 2 рода, а не 3 рода как в традиционных аппаратах (рис.2). Именно этот факт открывает новые возможности: концентрация раствора перестает быть критичной для обезвоживания сырья. Объясняется это тем, что в схеме (рис.2,б) отсутствует традиционная теплопередача, т.е. не формируется пограничный слой продукта. Подвод энергии по схеме (рис.2, б) является объемным.



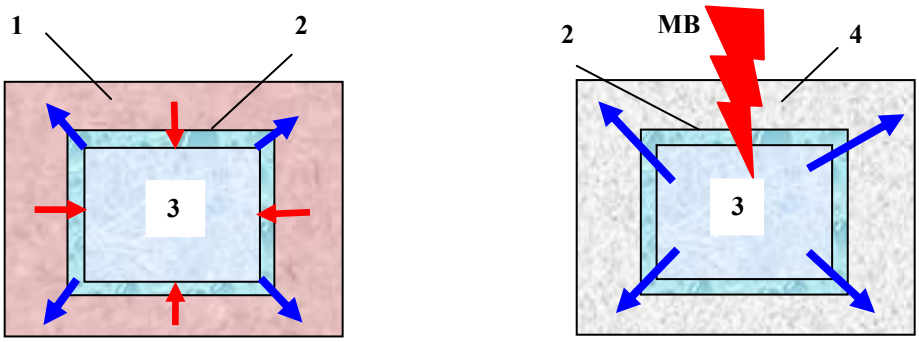
а) - ГУ 3рода б) - ГУ 2рода

Рис. 2. Схемы подвода энергии и потоков влаги при выпаривании.

Аналогичные проблемы характерны и для вакуумной сушильной техники. Проведем сравнение традиционных конвективных сушильных технологий и инновационных при адресной доставке энергии (рис.3). Традиционная сушильная система состоит из горячего теплоносителя 1, слоя поверхностной влаги 2 и влажного продукта 3 (рис.3, а). Тепловой поток расходуется сначала на удаление поверхностной влаги (первый период сушки), а затем процесс влагопереноса тормозится внутренним диффузионным сопротивлением.

В инновационной сушилке (рис.3,б) осуществляется объемный подвод электромагнитной энергии микроволнового диапазона, происходит взаимодействие поля с полярными молекулами, образуется паровая фаза. В результате растет давление в микрокапиллярной структуре сырья и происходит выброс

парожидкостной смеси. Такой процесс назван бародиффузией [15, 16], его движущей силой является разность давлений. Вместо слабого диффузионного потенциала включается мощный механический потенциал, который способен на порядки интенсифицировать процесс массопереноса [15, 16].



а) - ГУ 3рода б) - ГУ 2рода

Рис. 3. Схемы подвода энергии и потоков влаги при сушке.

В большинстве конструкций вакуумных сушилок энергия, необходимая для осуществления процесса влагоудаления, подводится от полок, в которых циркулирует теплоноситель. Такая схема подвода энергии обладает существенными недостатками: температура теплоносителя по поверхности полок разная. Это влияет на качество готового продукта, повышает продолжительность сушки.

В работе формулируется гипотеза: «в условиях стабильного вакуума поверхность для конденсации паров можно располагать внутри сушильной камеры и отводить из установки не пар, а конденсат, что значительно снизит гидродинамическое сопротивление линии отвода удаляемой влаги, упростит эксплуатацию и даст возможность четко контролировать кинетику удаления влаги по расходу конденсата. При этом организация эффективного подвода энергии при граничных условиях 1 рода обеспечивается за счет теплопередачи посредством двухфазного испарительно-конденсационного контура». Для реализации этого положения необходимо решить две технических проблемы. Во-первых, обеспечить надежную конструкцию системы вакуумирования. Во-вторых, разработать инновационную систему подвода энергии.

Схема вакуумной сушильной установки. В основе разработанной установки предложенное научное положение реализовано. Во-первых, охлаждаемая стенка для конденсации удаляемых из сырья паров располагается внутри вакуумной камеры. Во - вторых, подвод теплоты к продукту происходит с помощью двухфазного испарительно-конденсационного контура. Схема разработанной установки приведена на рис.4.

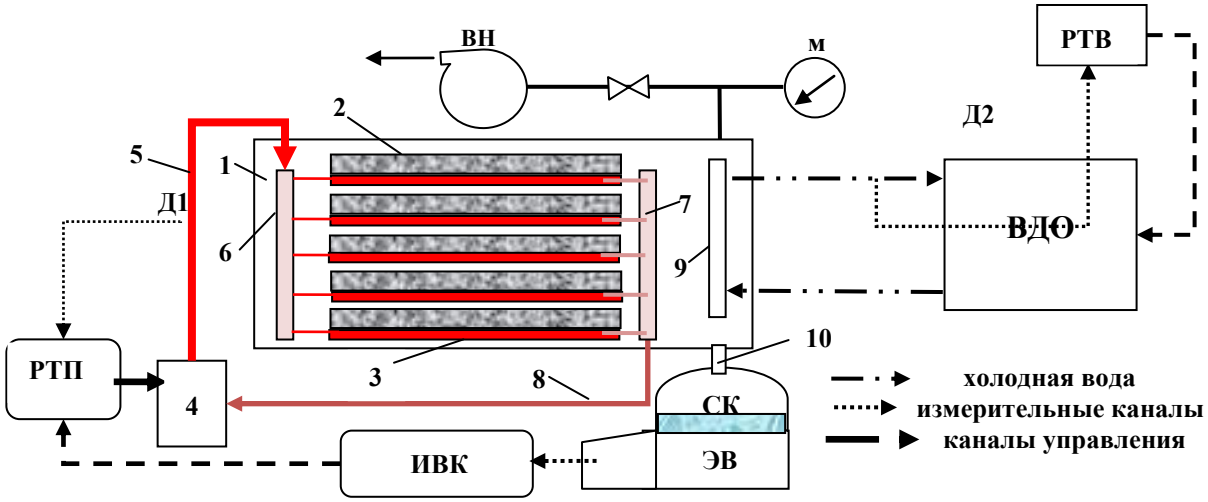


Рис.4. Схема вакуумной сушильной установки с двухфазным испарительно-конденсационным контуром.

Установка состоит из вакуумной сушильной камеры 1, в которой на поддонах 2 размещается слоем сырье. Поддоны устанавливаются на полках 3, которые являются конденсаторами двухфазной испарите-

льно-конденсационной системы, состоящей из парогенератора 4, паропровода 5, парового коллектора 6, коллектора конденсата 7 и конденсатопровода 8.

Образовавшийся при сушке пар конденсируется на холодной поверхности 9, охлаждаемой водой циркулирующей из агрегата ВДО, состоящего из холодильной машины и регулятора температуры (РТВ), стабилизирующего температуру холодной воды при контроле датчиком Д2 в пределах 1,5 °С. Вакуум в камере 1 обеспечивается вакуум-насосом (ВН) и контролируется образцовым вакуумметром (М). Датчик Д1 контролирует температуру пара, его сигнал принимает регулятор (РТП) и стабилизирует температуру пара в пределах 1 °С. Задание уровня температуры пара поступает с измерительно-вычислительного комплекса (ИВК). Образовавшийся на поверхности 9 конденсат стекает на дно камеры и через патрубок 10 собирается в сборнике (СК), который устанавливается на электронных весах (ЭВ). Технические характеристики вакуумной сушилки с испарительно-конденсационным контуром приведены в табл.1.

Таблица 1

Основные технические характеристики вакуумной сушилки

	Параметр	**Значение**
1	Мощность, потребляемая парогенератором, Вт	3000
2	Количество полок и поддонов, шт	16
3	Загрузка поддона, кг	2 – 2,5
4	Давление в сушильной камере, кПа	5 - 15
5	Температура сушки, °С	40 - 90
6	Температура холодной воды, °С	4 - 20

Производительность установки по удаленной влаге определялась по весу конденсата.

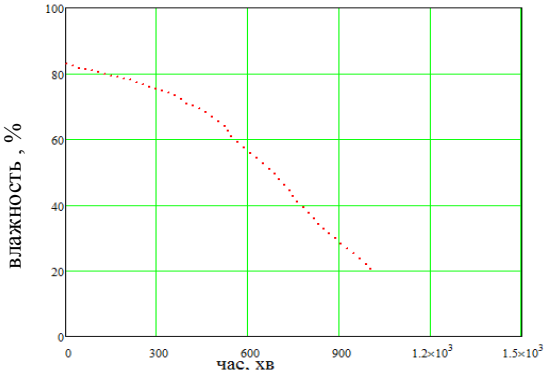
Результаты исследований и их обсуждение. Испытание установки проводилось на различном виде пищевого сырья (табл.2).

Таблица 2

Режимы сушки морепродуктов и растительного сырья в вакуумной установке

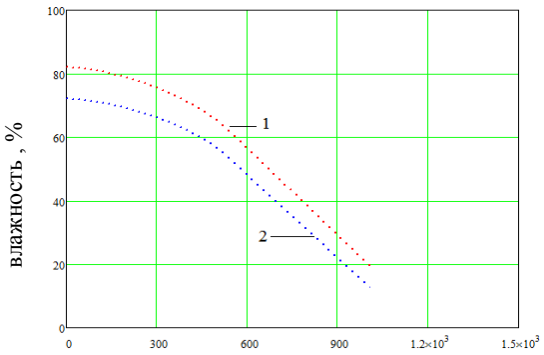
Сырье	Начальные условия		Параметры сушки		
	Загрузка, кг	Влажность, %	Температура, °С	Скорость удаления влаги	j, кВтч/кг влаги
Мидии и креветки Мидии	15 25	50	55	0,11…0,05%/мин	1,7-2
Овощи: морковь свекла яблоки	 4 4 3,6	86	60	2…1,7 кг/час	1,2 - 1,5

Цепочка термических сопротивлений при сушке растительного сырья характеризуется меньшими значениями, чем в случае с морепродуктами. Для мидий теплоперенос к влаге происходит через ракушки. Именно они являются значительным барьером для потока теплоты к влаге. Растительное сырье загружалось в 6 кассет (рис.5, 6). Полученные образцы сушеных продуктов по технологическим параметрам соответствовали регламенту.



Продолжительность сушки, мин

Рис. 5. Кинетика сушки яблок.



Продолжительность сушки, мин

Рис. 6. Кинетика сушки свеклы (1) и моркови (2).

Мидии загружались в 7 кассет, а креветки – в 1. Важным параметром при сушке морепродуктов является температура сырья. Для сохранения пищевого потенциала сырья температура термообработки не должна превышать 60 °С.

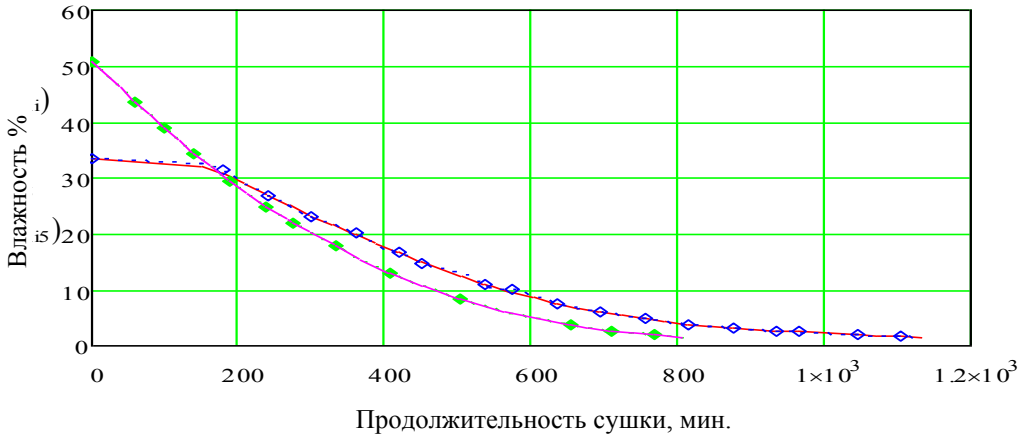


Рис. 7. Кинетика сушки мидий.

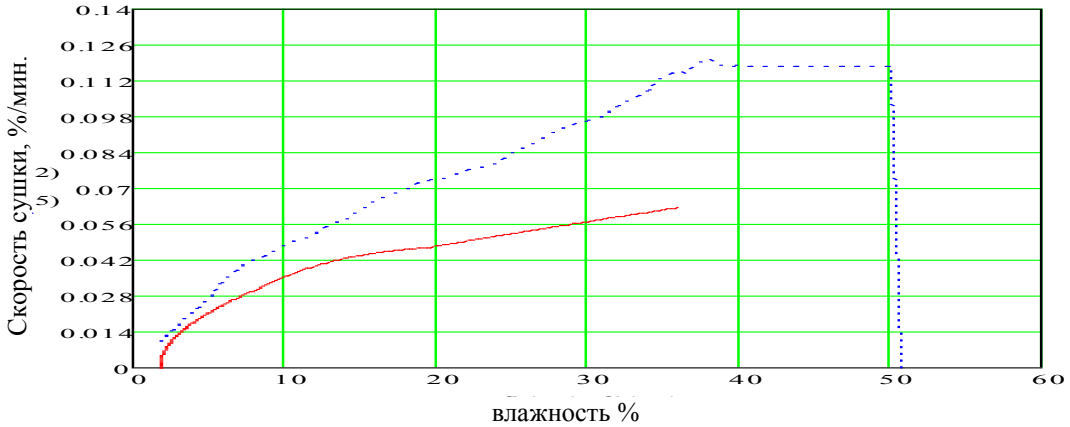


Рис. 8. Зависимость интенсивности сушки от влагосодержания мидий.

Поэтому система теплоподвода ограничивала верхний уровень температур в камере 55 °С. Стабилизировалась температура пара, поступающего в коллектор 6 (рис.4). температура продукта в кассетах 3 была ниже на 5 – 8 °С и не превышала 47 °С. Это подтверждается термограммами, полученными с помощью тепловизионной съемки.

Выводы. Доказана возможность организации процесса сушки в вакууме при конденсации водяного пара непосредственно в объеме сушильной камеры. Необходимость вакуумирования камеры ограничивается 1 разом в смену.

Доказана возможность теплопередачи к поверхности продукта посредством двухфазного испарительно-конденсационного контура. Термограммы продукта, полученные с помощью тепловизора, свидетельствуют о незначительном (в пределах 1 °С) отклонении температур во всех кассетах. Уровень температур и интенсивность выхода пара из сырья показывают, что установка отвечает требованиям к инновационным образцам энергоэффективной техники сушки.

Литература.

1. Gromadzki, G. Energy game : Ukraine, Moldova and Belarus between the EU and Russia /G. Gromadzki, W. Konończuk; Stefan Batory Found. – Warsaw: Stefan Batory Found., 2007.– 47 p
2. Бурдо О.Г.Энергетический мониторинг пищевых производств – Одесса: Полиграф, 2008 – 244с.
3. Бурдо О.Г. Энергетика экоиндустрии пищевых концентратов /Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Левтринская Ю.О. // Научный информационно-аналитический инженерный журнал «Problemele energetici regionale (Проблемы региональной энергетики)» – Кишинев, 2015г. – №3 (29) – С.112–118.

4. Долинский А.А., Малецкая К.Д. Распылительная сушка – Киев: Академпериодика, 2011.- 376 с.
5. Потапов В.А., Якушенко Е.Н. Повышение энергоэффективности сушки виноградных выжимок в массообменном модуле с кондуктивным подводом теплоты //Наук. праці Од. націон. акад. харчових технологій. – Одеса: 2013. – Вип.43, Т2. – с.179-184..
6. Bernic Mircea, Raducan Marcel, Ciobanu Eugeniu, (2013). Drying Kinetics of Sunflower Seeds using Pulsed UHF Energy Intake, TEM Journal, 2(4), pp. 305-308.
7. Бурдо О.Г. Эволюция сушильных установок. Одесса: Полиграф, 2010 – 368с.
8. Бурдо О.Г.Эволюция сушильных установок. Энергетический аспект /Труды межд. науч. тех. сем. Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов. – Воронеж: 2010.- с. 478-487.
9. Burdo O.G. Nanoscale effects in food-production technologies // Journal of Engineering Physics and Thermophysics – 2005.- Vol.78, Issue 1.- pp. 90-96.
10. Бурдо О.Г., Пищевые наноэнерготехнологии. Херсон, 2013 – 294с.
11. Бурдо О.Г. Принципы направленного энергетического действия в пищевых нанотехнологиях /Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Бандура В.Н.// Научный информационно-аналитический инженерный журнал «Problemele energetici regionale (Проблемы региональной энергетики)» – Кишинев, 2015г. – №1 (27) – С.79–85
12. Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Яровой И.И., Ружицкая Н.В. Исследование модуля ленточной сушилки растительного сырья с комбинированным электромагнитным подводом энергии// Труды IV Международной научно-практической конференции «Современные энергосбергающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов СЭТТ-2011». – Т.1, Москва, 2011. – С. 422 – 426.
13. The Nanotechnological Innovation in Food Industry [Text] / O.G. Burdo, A. V. Zykov, S. G. Terziev, N.V. Ruzhitskaya // International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) – 2016 - Vol. 6 - Issue 3 - P. 144-150.
14. Бурдо О.Г.,Терзиев С.Г.,Яровой И.И.,Борщ А.А. Электромагнитные технологии обезвоживания сырья /Problemele energeticii regionale, Chisinau, №1 (18), 2012.- pp.69- 79.
15. Burdo O. et al. The technologies of targeted energy supply in food industry // MOTROL. Com. Mot. Energ. Agric. 2016. Vol. 18, № 8. P. 7–14.
16. Burdo O. et al. Development of wave technologies to intensify heat and mass transfer processes // EasternEuropean J. Enterp. Technol. 2017. Vol. 4, № 11–88.

References

1. Gromadzki, G. (2007) Energy game : Ukraine, Moldova and Belarus between the EU and Russia /G. Gromadzki, W. Konończuk; Stefan Batory Found. – Warsaw: Stefan Batory Found., 47 p
2. Burdo O.G. (2008). Jenergeticheskij monitoring pishhevyh proizvodstv – Odessa: Poligraf, 244s
3. Burdo O.G. (2015). Jenergetika jekoindustrii pishhevyh koncentratov /Burdo O.G., Terziev S.G., Levtrinskaja Ju.O. // Nauchnyj informacionno-analiticheskij inzhenernyj zhurnal «Problemele energetici regionale (Problemy regional'noj jenergetiki)» – Kishinev, №3 (29) – S.112–118.
4. Dolinskij A.A., Maleckaja K.D. (2011) Raspylitel'naja sushka – Kiev: Akademperiodika, 376 s.
5. Potapov V.A., Jakushenko E.N. (2013) Povyshenie jenergojeffektivnosti sushki vinogradnyh vyzhimok v mas-soobmennom module s konduktivnym podvodom teploty //Nauk. praci Od. nacion. akad. harchovih tehnologij. – Odesa: 43, T2 .179-184.
6. Bernic Mircea, Raducan Marcel, Ciobanu Eugeniu, (2013). Drying Kinetics of Sunflower Seeds using Pulsed UHF Energy Intake, TEM Journal, 2(4), pp. 305-308.
7. Burdo O.G. (2010). Jevoljucija sushil'nyh ustanovok. Odessa: Poligraf, 368s.
8. Burdo O.G. (2010) Jevoljucija sushil'nyh ustanovok. Jenergeticheskij aspekt /Trudy mezhd. nauch. teh. sem. Ak-tual'nye problemy sushki i termovlazhnostnoj obrabotki materialov. – Voronezh:- s. 478-487.
9. Burdo O.G. (2005) Nanoscale effects in food-production technologies // Journal of Engineering Physics and Thermophysics Vol.78, Issue 1.- pp. 90-96.
10. Burdo O.G., (2013) Pishhevye nanojenergotehnologii. Herson, 294s.
11. Burdo O.G. (2015) Principy napravlennogo jenergeticheskogo dejstvija v pishhevyh nanotehnologijah /Burdo O.G., Terziev S.G., Bandura V.N.// Nauchnyj informacionno-analiticheskij inzhenernyj zhurnal «Problemele energetici regionale (Problemy regional'noj jenergetiki)» – Kishinev, №1 (27) – S.79–85
12. Burdo O.G., Terziev S.G., Jarovoj I.I., Ruzhickaja N.V. (2011) Issledovanie modulja lentochnoj sushilki ras-titel'nogo syr'ja s kombinirovannym jelektromagnitnym podvodom jenergii// Trudy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Sovremennye jenergosbergajushhie teplovye tehnologii (sushka i termovlazhnostnaja obrabotka materialov SJeTT-2011». – T.1, Moskva,– p. 422 – 426.
13. O.G. Burdo, A. V. Zykov, S. G. Terziev, N.V. Ruzhitskaya (2016). The Nanotechnological Innovation in Food Industry [Text] / // International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) – Vol. 6 - Issue 3 - P. 144-150
14. Burdo O.G.,Terziev S.G.,Jarovoj I.I.,Borshh A.A. (2012) Jelektromagnitnye tehnologii obezvozhivanija syr'ja /Problemele energeticii regionale, Chisinau, №1 (18),.- pp.69- 79.
15. Burdo O. et al. (2016) The technologies of targeted energy supply in food industry // MOTROL. Com. Mot. Energ. Agric. Vol. 18, № 8. P. 7–14.
16. Burdo O. et al. (2017) Development of wave technologies to intensify heat and mass transfer processes // EasternEuropean J. Enterp. Technol. Vol. 4, № 11–88.

Отримано в редакцію 25.04.2018 Received 25.04.2018
Прийнято до друку 30.06.2018 Approved 30.06.2018