

*А.З. Сапаков¹, С.З. Сапакова², С.Т.Демесова¹, Е.С.Ержигитов¹, А.С. Талдыбаева¹,
М.А. Жусупалиева¹, Н.И. Молдыбаева^{*1}*

*¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, Sapakov_A@mail.ru, saule.demesova@mail.ru, ergigitov.erken@mail.ru, taldybaeva_aigul@mail.ru, mkurmanaeva@inbox.ru, moldybayeva78@mail.ru**

²Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан, sapakovasz@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА РЕЖИМЫ ВАКУУМНОЙ СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ ПРОДУКТА

Аннотация

При сублимационной сушке ягод влажность ягод снижается до 2-5%. Сушилка состоит из двух блоков: холодильного и сублимационного. Продукт помещается в сушильную камеру при комнатной температуре. После подключения оборудования вакуумный насос в сушильной камере снижает давление до 10-30 Па. Вакуум создается, и свободный продукт в результате испарения влаги начинает замерзать. Большая часть влаги превращается в кристаллы льда, после чего начинается процесс сублимации. В данном оборудовании используется фреон 404а. «Для регистрации температуры использовался 8-канальный термометр OVEN TRM138 с интерфейсом RS-485. Продукт взвешивался каждые 30 минут после удаления из камеры на аналитических весах Vibra HT 224RCE. Эксперимент проводился с тремя видами ягод: клубникой, смородиной и малиной. В ходе эксперимента измерялись температуры на поверхности ягод, внутри камеры и масса продукта. Продолжительность сушки была определена как критерий эффективного режима, энергозатрат и качественных показателей сушеных ягод. Эффективное время сублимации составило 4,5 часа. Внутри камеры при давлении (20 ± 5) Па и температуре (-42 ± 2) °С общее время замораживания и сублимации не превышало 5 часов, а общее время сушки составило 8 часов. Начальная масса клубники уменьшилась на 36%, смородины на 28% и малины на 27,4%. Сушку следует прекратить, когда температура в камере достигнет 40 °С.

Ключевые слова: сублиматор, автоматизация, алгоритм, датчик давления, датчик температуры, солнечный коллектор, генератор, панель управления, вакуумный насос, генератор.

МРНТИ 68.85.35

DOI <https://doi.org/10.37884/4-2024/44>

Б.М. Касымбаев, К. Калым, А.К. Ниязбаев*

Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан, bek_kasimbaev@mail.ru, abdirahim_334@mail.ru, adil77@mail.ru*

ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ВОЗДУХА И РАСХОДА СУШИЛЬНОГО АГЕНТА НА ВХОДЕ И НА ВЫХОДЕ ГЕЛИОСУШИЛЬНОГО МОДУЛЯ

Аннотация

В статье представлены результаты исследований по процессу сушки яблок с использованием гелиосушильного модуля, который был установлен в полифункциональной теплице-сушилке на базе учебно-производственного хозяйства Казахского национального аграрного исследовательского университета.

Актуальность исследования. Организация процессов сушки при заготовке сушеных фруктов и овощей осуществляются путем использования традиционных видов энергии.

Применение простых солнечных сушилок с аккумулярованием солнечной энергии и круглосуточным процессом сушки является необходимым и выгодным, особенно для малых и средних фермерских и крестьянских хозяйств юго-востока Казахстана.

Цель научного исследования заключалась в проведении теоретических и экспериментальных исследований для обоснования оптимальных параметров и режимов работы предложенного гелиосушильного модуля.

Методология исследования включала проведение экспериментальной части в соответствии с актуальными стандартами СН РК и ГОСТ, с использованием методов планирования и анализа экспериментов.

Основные результаты. В рамках исследования был создан усовершенствованный модуль для сушки растительных продуктов, интегрированный с тепличной системой для повышения эффективности процесса. Система использует дополнительные отражающие элементы для улучшения поглощения и распределения солнечного тепла. Во время работы модуля сушильный агент воздействует на сырье, снижая его влажность путем изменения температурного и давления процесса. Проведенные эксперименты позволили установить оптимальные конструктивные и технологические параметры модуля, включая длительность сушки, температурные режимы и размеры обрабатываемых материалов.

Выводы по исследовательской работе. Проведены теоретические и экспериментальные исследования по обоснованию основных параметров и режимов работы предлагаемого гелиосушильного модуля для сушки различных сельскохозяйственных культур в условиях юго-востока Казахстана. Предложены результаты теоретических и экспериментальных исследований при сушке плодов и овощей в гелиосушильном модуле.

Выводы по исследовательской работе. В ходе исследования проведены теоретические и экспериментальные работы по определению оптимальных параметров и режимов работы гелиосушильного модуля для сушки различных сельскохозяйственных культур в юго-восточном регионе Казахстана. Получены результаты, подтверждающие эффективность использования модуля для сушки плодов и овощей.

Практическое значение итогов работы заключается в использовании гелиосушильного модуля в составе тепличного сооружения с целью повышения эффективности и экономии энергоресурсов в условиях юго-востока Казахстана.

Практическое значение итогов работы заключается в применении гелиосушильного модуля в составе тепличного комплекса, что способствует повышению эффективности и снижению энергозатрат в условиях юго-восточного Казахстана.

Ключевые слова. Гелиосушилка, гелиосушильный модуль, влажность, солнечная энергия, сушка, поликарбонаты, конвекция, теплообмен, теплоемкость, энтальпия.

Введение

Одной из приоритетных задач современной промышленности является увеличение объемов производства при одновременном повышении качества продукции. Достичь этого можно как путем совершенствования и модернизации существующих технологий, так и путем поиска и внедрения новых подходов и методов производства [1].

Сушка является одним из наиболее распространенных методов переработки и сохранения сельскохозяйственной продукции. В связи с этим возникает потребность в разработке инновационных методов сушки, которые обеспечат высокое качество готовой продукции, минимизацию потерь, полную переработку урожая, а также автоматизацию и механизацию процесса. Такие методы должны также обеспечивать снижение энергозатрат и повышение эффективности всего процесса [2].

Солнечная сушка является одним из древнейших способов хранения различной сельскохозяйственной продукции, она широко применяется во многих районах мира, имеющих теплый, сухой климат и жаркое лето. Актуальность использования этого способа сушки в наши дни возрастает в связи с подорожанием стоимости энергоносителей.

Современные технологии сушки претерпевают изменения по мере развития техники. Всё

большее распространение получают кратковременные процессы сушки, направленные на максимальное сохранение ценных веществ, таких как витамины, углеводы и минералы. Эти методы позволяют быстро удалять влагу, продлевая срок хранения продукции. В условиях нашего стремительного времени особую роль играют продукты быстрого приготовления, среди которых сушёные продукты, восстанавливающиеся за считанные минуты, становятся важной частью рациона человека [3].

Сушка продукции способствует её длительному хранению, уменьшению объёма, требуемого для хранения, и снижению затрат на транспортировку. Этот процесс может выполняться как на открытом воздухе с использованием солнечной энергии, так и в промышленных сушилках с различными источниками энергии. Грамотно организованный процесс сушки существенно улучшает технологические характеристики продукции. Например, правильно высушенные зерна позволяют увеличить их качество по сравнению с высушенными на воздухе в естественных условиях. Использование солнечной энергии особенно подходит для сушки сельскохозяйственной продукции, а период наиболее интенсивного солнечного света совпадает с периодом наибольшего расхода энергии сушки.

Используя специализированные устройства для ускорения процесса сушки, солнечная сушка является одним из перспективных направлений для использования солнечной энергии [4-5].

Открытая солнечная сушка фруктов и овощей для жарких и засушливых стран является классическим методом с древних времен. Наиболее часто сушат имбирь, грибы, фрукты, манго, яблоки, виноград и сливы [6-9]. Этот традиционный метод сушки, однако, имеет существенные недостатки по сравнению с сушкой в солнечных сушилках [10-11]. В нем продукты уязвимы к воздействию бактерий и насекомых, скорость сушки ниже из-за недостаточно высокой температуры и высокой относительной влажности [12-14]. Существует также опасность промокнуть от дождя и повторного смачивания продукта в результате контакта с холодным воздухом в ночное время [15]. Сушеные фрукты и овощи становятся все более рыночно актуальными и это делает их важной частью пищевой промышленности [16].

Выбор сушильной установки для конкретного продукта зависит от требований к качеству характеристик продукции и экономических факторов. Введение рециркуляции может привести к значительному восстановлению своего тепла и, следовательно, повысить эффективность установки [17]. Анализы, проведенные в этом направлении, показали, что скорость рециркуляции воздуха может достигать 80-95%, и снижение энергопотребления при сушке бананов может составить до 50% [18].

Наиболее перспективным представляется использование гелиосушилок для производителей овощей и фруктов, у которых на участках имеются тепличные комплексы. Предлагаемое усовершенствование конструкции теплицы путем интеграции гелиосушильного модуля в летний период, когда солнечная активность достигает своего пика, имеет ряд преимуществ. Южные регионы Республики Казахстан обладают благоприятными условиями для широкого применения солнечной энергии в теплицах и сушильных установках, благодаря высокой солнечной активности в летний и весенне-осенний периоды. Сочетание тепличного оборудования и гелиосушильного модуля в периоды профилактических работ теплиц позволяет уменьшить затраты на конструктивную часть гелиосушилки.

Монтаж гелиосушильного модуля на опорной конструкции теплиц способствует более эффективному использованию солнечной энергии, исключая теневой эффект, так как модуль находится в верхней части теплицы.

Таким образом, разработка гелиосушильного модуля, работающего совместно с теплицей, с учётом имеющихся недостатков и выполненного из доступных материалов, требует дальнейших исследований и разработки теории процесса для его практической реализации.

Анализ существующих конструкций гелиосушильных установок для производства сушёной растительной продукции показал, что на основные показатели влияет способ передачи тепла в сочетании с теплицей и режимы сушки.

Для повышения интенсивности процесса сушки растительных продуктов авторами предлагается гелиосушильный модуль, работающий совместно с тепличным оборудованием. Технологическая схема гелиосушильного модуля также предусматривает дополнительный подвод тепла с использованием светоотражателей.

Методика исследований

Согласно конструкции сушильного модуля, входной патрубков имеет круглое сечение, а на выходе — квадратное сечение. Поэтому методы замера параметров имеют свои особенности, зависящие от формы поперечного сечения. Каждая методика рассмотрена отдельно:

1. Методика определения скорости воздуха и расхода сушильного агента на входе сушильного модуля

Наиболее распространённым и изученным методом измерения расхода жидкостей и газов в трубопроводах является способ разделения поперечного сечения труб [19].

Скорость потока в разных точках сечения трубы круглого сечения неодинакова: она достигает максимума в центре и уменьшается по направлению к стенкам. Определение скорости потока воздуха, в конечном итоге, сводится к расчёту количества сушильного агента (воздуха), необходимого для удаления влаги из камеры. Зная объём удаляемой влаги, можно уточнить производительность устройства.

Для определения расхода необходимо знать среднюю скорость потока, то есть скорость, которая при умножении на площадь сечения трубопровода и плотность измеряемой среды даёт количество вещества, проходящего через трубопровод за единицу времени.

Скорость, измеряемая с помощью напорной трубки, соответствует локальной скорости потока воздуха в точке, где установлена трубка. Поэтому для определения средней скорости поток разделяют на «n» участков с равными площадями (рисунок 1) [20], и измеряют скорость в определённой точке каждого участка. Обозначенная скорость на каждом участке через v_1, v_2, \dots, v_n (м/с), соответствующие им динамические давления через $\Delta p_1, \Delta p_2 \dots \Delta p_n$ (Па), площадь сечения трубопровода при рабочей температуре через F (м²), расход в единицах массы Q_m (кг/с), будут иметь [20, с.21]

$$Q_m = \frac{F\rho}{n} (v_1 + v_2 + \dots + v_n). \quad (1)$$

С другой стороны, согласно определения средней скорости [140, с.33]

$$Q_m = \rho F v_{cp}. \quad (2)$$

Приравнивая уравнения (1 и 2) и исключив Q_m получим значение средней скорости согласно замера [20, с.33]

$$v_{cp} = \frac{1}{n} (v_1 + v_2 + \dots + v_n). \quad (3)$$

Поскольку при определении средней скорости используется известное выражение [20, с.34]

$$v_{cp} = \xi \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta}. \quad (4)$$

В свою очередь учитывая эквивалентность скорости воздуха давлению потока рассмотрим определения среднего значения, как [140, с.34]

$$\sqrt{\Delta p_{cp}} = \frac{1}{n} \sqrt{\Delta p_1 + \Delta p_2 + \dots + \Delta p_n}, \quad (5)$$

здесь Δp_{cp} - динамическое давление, Па, соответствует средней скорости потока.

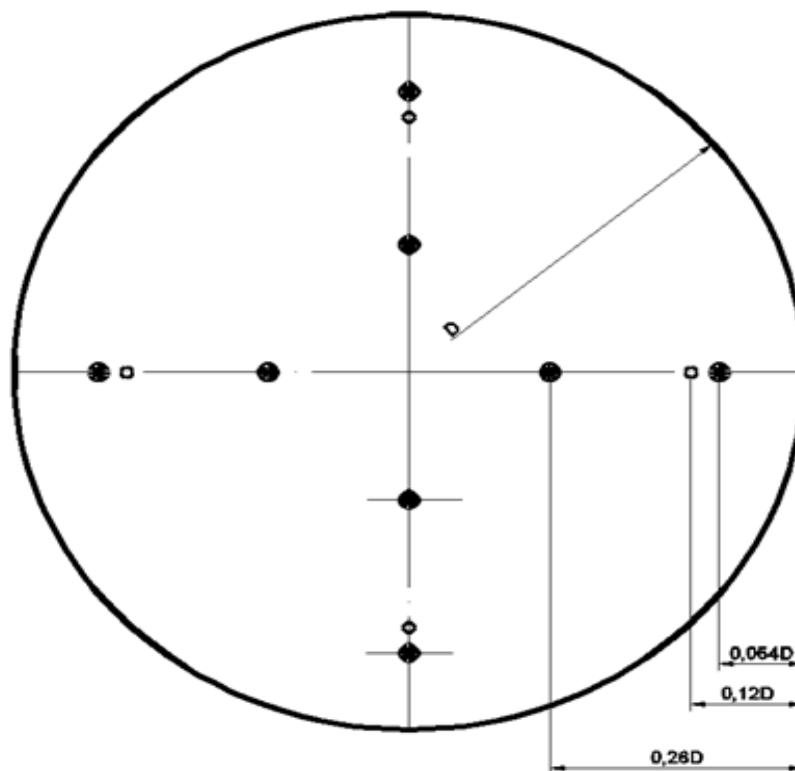


Рисунок 1 – Схема распределения точек замеров в круглом сечении воздуховода или трубы

Определив среднюю скорость можно найти расход воздуха, ($кг/с$), через поперечное сечение трубопровода в единицу времени [20, с.34].

$$Q_m = \rho F v_{cp} = \xi F \sqrt{2\rho} \Delta p_{cp}, \quad (6)$$

или

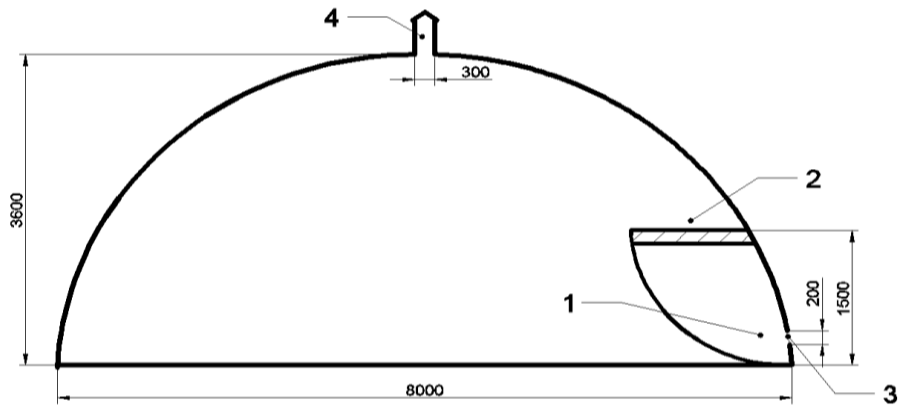
$$Q_o = \rho F v_{cp} = \xi F \sqrt{\frac{2}{\rho}} \Delta p_{cp}. \quad (7)$$

2. Методика определения скорости воздуха и расхода сушильного агента на выходе сушильного модуля.

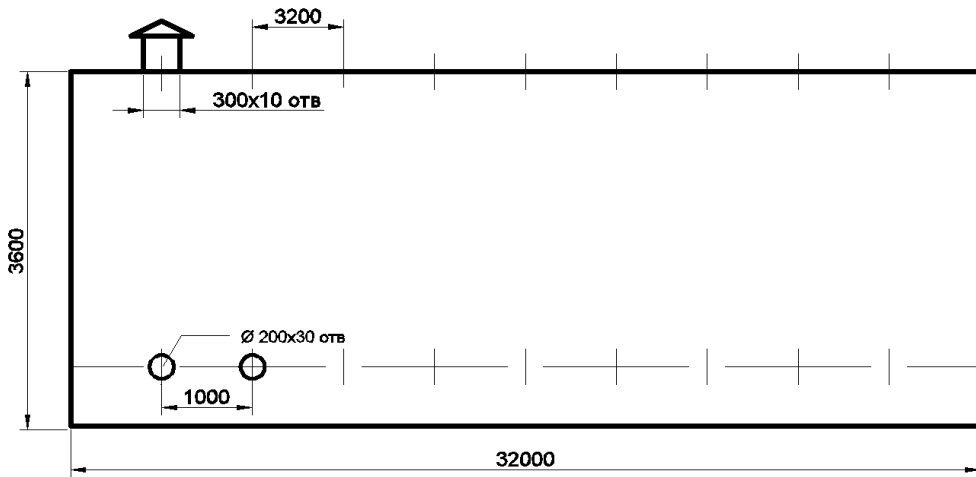
Согласно конструктивной схеме (рисунок 2) предлагаемого сушильного модуля выходная часть камеры имеет прямоугольное сечение (рисунки 3 и 4).

Наличие трения воздуха о стенки коллектора. Скорость воздуха в разных точках поперечного сечения входного коллектора различна из-за наличия трения о стенки и других факторов. Максимальные скорости обычно наблюдаются в центре сечения, тогда как минимальные — у стенок. Количество воздуха (объем или масса), проходящего через поперечное сечение в единицу времени, определяется как произведение площади сечения на среднюю скорость потока воздуха.

В воздуховодах со сложной формой поперечного сечения средняя скорость может быть определена с использованием метода равновеликих площадей в соответствии со стандартной методикой [20, с.41]. Для этого сечение разбивалось на четыре равные части (рисунок 3.8), и измерялись скорости в каждой точке с использованием прибора МЭС-200.



Вид слева



Вид сверху

Рисунок 2 - Схема точек замеров при исследовании влажности и температуры в гелиосушильном модуле

1 - точка замера на входе; 2 - точка замера на выходе; 3 - входное отверстие; 4 - выходное отверстие

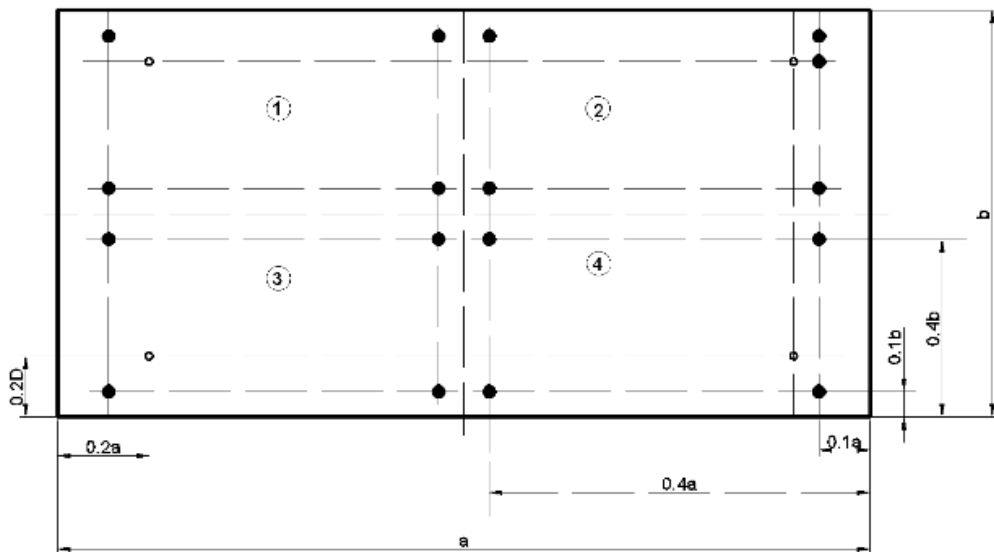


Рисунок 3 – Схема распределение точек замеров в прямоугольном сечении воздуховода

При использовании прибора с воронкой отпадает необходимость проведения множества

замеров через равные площади, что позволяет получать более точные результаты и экономить время. Для измерения достаточно одного замера. На рисунке 4 представлен общий вид сетчатого ящика, установленного на входе в сушильный модуль.

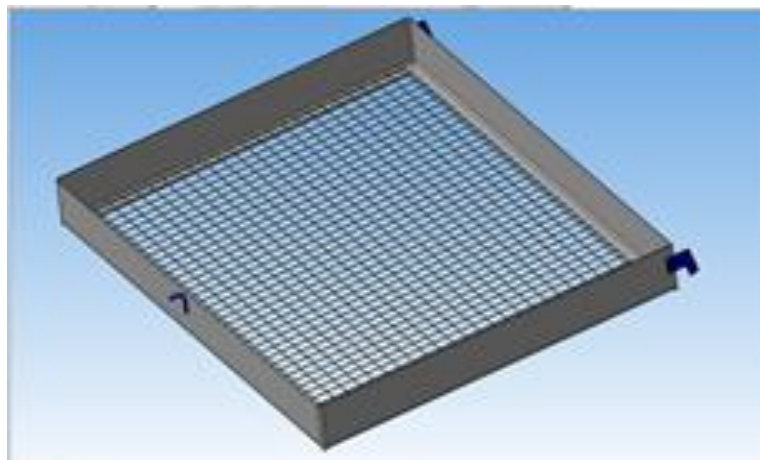


Рисунок 4 – Общий вид сетчатого ящика на входе в сушильный модуль

Среднее значение скорости потока воздуха на выходе определялось по формуле [20, с.41]

$$v_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}, \quad (8)$$

где, v_i – величина скорости в i - той точке, м/с;

n - количество измерений ($n = 16$).

Для обеспечения точности значения скорости эксперимент повторялся в трехкратной повторностью.

Объемы расход воздуха определялся согласно формулы [20, с.42]

$$Q = v_{\text{ср}} F \cdot 3600, \quad (9)$$

где $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость потока воздуха, м/с;

F – площадь поперечного сечения на измеряемом участке, м².

Основные результаты исследований

При определении расхода сушильного агента согласно представленной формуле (3) используется значение согласно, плотность воздуха при температуре 45⁰С. Для этого использованы известные закономерности изменения плотности от его температуры (рисунок 5).

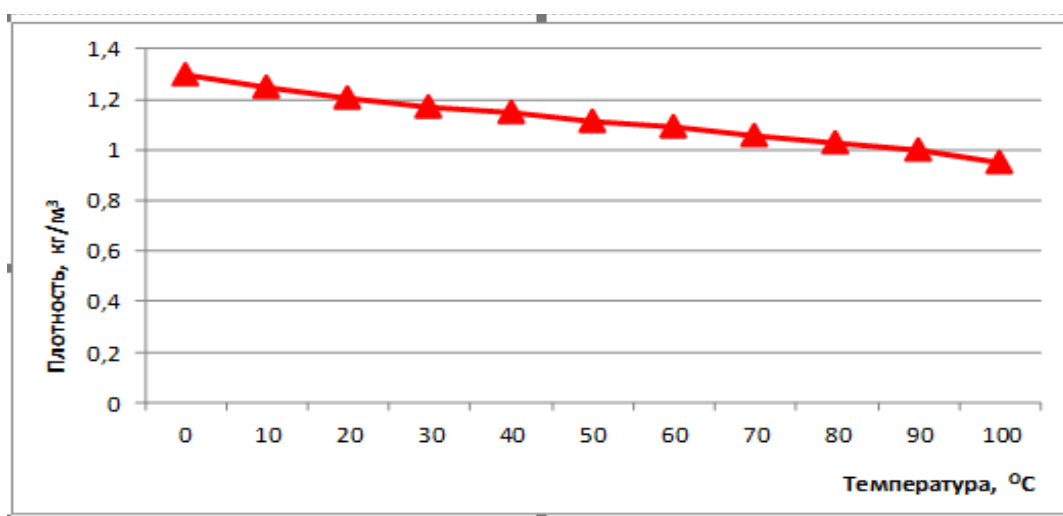


Рисунок 5 - Изменение плотности воздуха от температуры

Значения скорости сушильного агента, определенные согласно методике, после определения были занесены в таблицу 6.

Таблица 6 – Значения скорости сушильного агента по точкам замера

Точки замера	1			2			3			4		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Повторность												
Скорость воздуха, м/с	0,91	0,95	0,97	1,14	1,15	1,17	1,04	1,05	1,1	1,17	1,22	1,24
Среднее значение скорости воздуха в сечении, м/с	1,09											

При скорости воздуха 1,09 м/с расход сушильного агента составил - 0,41 кг/с. Аналогично определение значения скорости воздуха на выходе сушильного модуля по представленной методике приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Значения скорости воздуха на выходе сушильного модуля

Точки замера	Количество точек замера	Скорость потока воздуха м/с		
		1-й опыт	2-й опыт	3-й опыт
1	2	3		
	2	4		
1	1	0,512	0,514	0,514
	2	0,529	0,528	0,528
	3	0,522	0,526	0,523
	4	0,528	0,532	0,530
	1	0,528	0,530	0,530
2	2	0,513	0,511	0,512
	3	0,510	0,512	0,514
	4	0,580	0,578	0,578
	1	0,570	0,574	0,576
3	2	0,562	0,563	0,565
	3	0,558	0,560	0,558
	4	0,564	0,566	0,568
	1	0,548	0,550	0,548
4	2	0,555	0,553	0,556
	3	0,558	0,559	0,560
	4	0,556	0,558	0,556
Среднее значение скорости опыта, м/с		0,549	0,554	0,562
Среднее значение скорости опытов, м/с		0,555		

После получения среднего значения скорости воздуха на выходе из камеры по формуле (9) определялось значение объемного расхода воздуха, которое равняется – 239,76 м³/час.

Обсуждение полученных данных. Заключение

Производство сушёных фруктов и овощей требует применения дорогостоящего и энергоёмкого оборудования. Более рациональным подходом является использование солнечных гелиосушительных модулей, интегрированных в тепличные комплексы, что позволяет снизить производственные затраты и повысить эффективность производства.

Обеспечение потребности населения в растительных продуктах можно достичь благодаря использованию тепличных комплексов и заготовке консервированных и сушёных продуктов в специализированной таре. Повышение эффективности производства сушёной продукции достигается за счёт применения гелиосушительного модуля в составе тепличного сооружения, что способствует снижению транспортных затрат и улучшению использования солнечной энергии.

Скорости воздушного потока на входе и выходе сушильного модуля определялись

методом разделения на равновеликие площади для круглого и квадратного сечений, соответственно. Значения скорости воздуха рассчитывались по формулам 3 и 8 для входа и выхода. Расход воздуха определялся по формуле 9.

Экспериментальные исследования показали, что средняя скорость потока сушильного агента при естественной вытяжке составляла 1,09 м/с на входе и 0,55 м/с на выходе, что указывает на наличие сопротивления в камере сушки.

Список литературы

1. Касымбаев Б.М. Исследование и разработка полифункциональной гелиосушилочно-теплицы для производства плодоовощной продукции: дис. ... уч. ст. доктора философии (PhD). - Алматы, 2016. - 173 с.
2. Касымбаев Б.М., Курпенов Б.К., Калым К., Кашаган Б.Е., Бакытова М.Б. Исследование изменения влагосодержания яблок в гелиосушильном модуле. Казахский национальный аграрный университет, Научный журнал «Ізденістер, нәтижелер, Исследования, результаты» № 4(84), - Алматы, 2019. – С.321-331. https://izdenister.kaznau.kz/files/full/2019_4.pdf
3. Гинзбург А.С. Основы техники сушки пищевых продуктов. - М.: Пищевая промышленность, 1973. - 538 с.
4. Алкатири М. Изследване възможностите за използване на слънчева енергия за интензифицирано сушене на плодове и зеленчуци: дис. ... канд.техн. наук. - Пловдив, 1991. – С. 51-52.
5. Bilgen E., Bakeka B. Solar collector systems to provide hot air in rural applications *Renewable Energy*. – Elsevier, 2008. - Vol. 33, issue 7. - P. 1461-1468.
6. Bennamoun L., Belhamri A. Numerical simulation of drying under variable external conditions: Application to solar drying of seedless grapes // *Journal of Food Engineering*. – 2006. - Vol. 76. - P. 179-187.
7. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Assessment collection of data on post-harvest food-grain losses // *Econ. Social development paper*. - 1980. - №13. - P. 1-70.
8. ILO Solar drying: practical methods of food preservation. – Switzerland: International Labour Office-Geneva, 1986. – P. 127
9. Gbaha P. et al. Experimental investigation of a solar dryer with natural convective heat flow // *Renewable Energy*. – 2007. - Vol. 32, issue 11. - P. 1817- 1829.
10. Lahsasni S. et al. Thin layer convective solar drying and mathematical modeling of prickly pear peel (*Opuntia ficus indica*) // *Energy*. - 2004. - Vol. 29, №2. - P. 211-224.
11. Хазимов М.Ж., Хазимов Ж.М., Сагындыкова А.Д. Влияние технологических параметров на процесс сушки и качественные показатели продукта // Матер. междунар. науч. прак. конф. «От теории к практике».- Новосибирск: Сиб АК, 2015.- № 1 (38).- С. 88-95.
12. Chen H., Hernandez H., Huang T., C..A study of the drying effect on lemon slices using a closed-type solar dryer // *Solar Energy*. – 2005. - Vol. 78, №1. - P. 97- 103.
13. Sacilik K., Keskin R., Elicin A. Mathematical modelling of solar tunnel drying of thin layer organic tomato // *Journal of Food Engineering*. - 2006. - Vol. 73, №3. - P. 231-238.
14. Karim M., Hawlader M. Mathematical modeling and experimental investigation of tropical fruits drying // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – 2005. - Vol. 48. - P. 4914-4925.
15. Kiranoudis C. et al. Drying kinetics of onion and pepper. *Drying Technology*. 1992. - Vol. 10. - P. 995-1011. doi: 10.1080/07373939208916492. [Cross Ref]
16. Tokar G.M. Food drying in Bangladesh. Agro-based industries and technology project (ATDP)IFDC // Dhaka. – 1997, december. – 1213 // <http://www.agrobengal.org>.
17. Leniger H., Beverloo W. Food process engineering. - USA: D.Reidel Publishing company, 1975. – P. 86.
18. Soponronnarit S. et al. Computer simulation of solar-assisted fruit cabinet dryer // *RERIC International Energy Journal*. – 1992. - Vol. 14, №1. – P. 13.
19. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы: учебник для вузов. – М.: Энергия, 1978. - 704 с.

20. ГОСТ Р 55262-2012. Сушильные машины и установки сельскохозяйственного назначения. Методы испытания. - М.: Стандартинформ, 2015. – 127 с.

References

1. Kassymbayev B.M. Issledovaniye i razrabotka polifunktsional'noy geliosushilki-teplitsy dlya proizvodstva plodoovoshchnoy produktsii: dis. ... uch. st. doktora filosofii (PhD). - Almaty, 2016. - 173 s.
2. Kassymbayev B.M., Kurpenov B.K., Kalym K., Kashagan B.E., Bakytova M.B. Issledovaniye izmeneniya vlazhnosti yablok v module solnechnoy sushki. Kazakhskiy natsional'nyy agrarnyy universitet, Nauchnyy zhurnal «Issledovaniya, rezul'taty, issledovaniya, itogi» №4(84), – Almaty, 2019. – S.321-331. https://izdenister.kaznau.kz/files/full/2019_4.pdf
3. Ginzburg A.C. Osnovy tekhniki sushki pishchevykh produktov. - M.: Pishchevaya promyshlennost', 1973. - 538 s.
4. Alkatiri M. Issledovaniye vozmozhnostey ispol'zovaniya solnechnoy energii dlya intensivirovannoy sushki fruktov i ovoshchey: dis. ... kend.tekhn. nauk. - Plovdiv, 1991. – S. 51-52.
5. Bilgen E., Bakeka B. Solar collector systems to provide hot air in rural applications Renewable Energy. – Elsevier, 2008. - Vol. 33, issue 7. - P. 1461-1468.
6. Bennamoun L., Belhamri A. Numerical simulation of drying under variable external conditions: Application to solar drying of seedless grapes // Journal of Food Engineering. – 2006. - Vol. 76. - P. 179-187.
7. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Assessment collection of data on post-harvest food-grain losses // Econ. Social development paper. - 1980. - №13. - P. 1-70.
8. ILO Solar drying: practical methods of food preservation. – Switzerland: International Labour Office-Geneva, 1986. – P. 127
9. Gbaha P. et al. Experimental investigation of a solar dryer with natural convective heat flow // Renewable Energy. – 2007. - Vol. 32, issue 11. - P. 1817- 1829.
10. Lahsasni S. et al. Thin layer convective solar drying and mathematical modeling of prickly pear peel (*Opuntia ficus indica*) // Energy. - 2004. - Vol. 29, №2. - P. 211-224.
11. Khazimov M.ZH., Khazimov ZH.M., Sagyndykova A.D. Vliyaniye tekhnologicheskikh parametrov na protsess sushki i kachestvennyye pokazateli produkta // Mater. mezhdunar. nauch. prak. konf. «Ot teorii k praktike». - Novosibirsk: Sib AK, 2015. - № 1 (38). - S. 88-95.
12. Chen H., Hernandez H., Huang T., C..A study of the drying effect on lemon slices using a closed-type solar dryer // Solar Energy. – 2005. - Vol. 78, №1. - P. 97- 103.
13. Sacilik K., Keskin R., Elicin A. Mathematical modelling of solar tunnel drying of thin layer organic tomato // Journal of Food Engineering. - 2006. - Vol. 73, №3. - P. 231-238.
14. Karim M., Hawlader M. Mathematical modeling and experimental investigation of tropical fruits drying // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2005. - Vol. 48. - P. 4914-4925.
15. Kiranoudis C. et al. Drying kinetics of onion and pepper. Drying Technology. 1992. - Vol. 10. - P. 995-1011. doi: 10.1080/07373939208916492. [Cross Ref]
16. Tokar G.M. Food drying in Bangladesh. Agro-based industries and technology project (ATDP)IFDC // Dhaka. – 1997, december. – 1213 // <http://www.agrobengal.Org>.
17. Leniger H., Beverloo W. Food process engineering. - USA: D.Reidel Publishing company, 1975. – P. 86.
18. Soponronnarit S. et al. Computer simulation of solar-assisted fruit cabinet dryer // RERIC International Energy Journal. – 1992. - Vol. 14, №1. – P. 13.
19. Preobrazhenskiy V.P. Teplotekhnicheskkiye izmereniya i pribory: uchebnyy dlya vuzov. – M.: Energiya, 1978. - 704 s.
20. GOST R 55262-2012. Sushil'nyye mashiny i ustanovki sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya. Metody ispytaniya. - M.: Standartinform, 2015. – 127 s.

Б.М. Касымбаев*, К. Калым, А.К. Ниязбаев

*Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан,
bek_kasimbaev@mail.ru*, abdirahim_334@mail.ru, adil77@mail.ru*

КЕПТІРУ МОДУЛІНІҢ КІРІСІ МЕН ШЫҒЫСЫНДАҒЫ АУА ЖЫЛДАМДЫҒЫ МЕН КЕПТІРУ АГЕНТІНІҢ ШЫҒЫНЫН АНЫҚТАУ

Аңдатпа

Мақалада Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университетінің оқу-өндірістік шаруашылығында гелиосушилка-жылыжайдың көпфункционалды гелиосушилка модулінде алманы кептіру кезіндегі зерттеу нәтижелері келтірілген.

Зерттеудің көкейкестілігі. Ұсынылатын гелиокептіргіш модульдің негізгі параметрлері мен жұмыс режимдерін негіздеу бойынша теориялық және эксперименттік зерттеулер жүргізу ғылыми зерттеудің мақсаты болып табылады.

Зерттеу әдіснамасы. Эксперименттік зерттеулер, экспериментті жоспарлау әдістемесін пайдалана отырып, Қазақстан Республикасының қолданыстағы Санитарлық нормаларына және Мемлекеттік стандарттарына сәйкес жүргізілді.

Негізгі нәтижелері. Халықтың өсімдік тектес өнімдерге деген қажеттілігін қамтамасыз етуге жылыжай құрылыстарын пайдалану, консервіленген және кептірілген өнімдерді арнайы ыдыстарда дайындау арқылы қол жеткізуге болады. Кептірілген өнімдерді өндірудің тиімділігін арттыруға жылыжай құрылысында гелио кептіру модулін пайдалану арқылы көлік шығындарын азайту және күн энергиясының әсерін арттыру арқылы қол жеткізіледі.

Зерттеу жұмысы бойынша тұжырымдар. Қазақстанның оңтүстік-шығыс жағдайларында түрлі ауылшаруашылық дақылдарды кептіру үшін ұсынылып отырған гелиокептіргіш модульдің негізгі параметрлері мен жұмыс режимдерін негіздеу бойынша теориялық және эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Гелиокептіргіш модульде жемістер мен көкөністерді кептіру кезіндегі теориялық және эксперименттік зерттеулердің нәтижелері ұсынылған.

Жұмыс қорытындыларының практикалық мәні гелиокептіргіш модульді жылыжайлық ғимарат құрамында Қазақстанның оңтүстік-шығыс жағдайларында тиімділікті арттыру мен энергия ресурстарын үнемдеу мақсатында пайдалануда болып отыр.

Кілт сөздер: Гелиокептіргіш, гелиокептіргіш модуль, ылғалдылық, күн энергиясы, кептіру, поликарбонаттар, конвекция, жылу беру, жылу сыйымдылығы, энтальпия.

В. Kassymbayev*, K. Kalym, A. Niyazbayev

*Kazakhstan National Agrarian Research University Almaty, Kazakhstan,
bek_kasimbaev@mail.ru*, abdirahim_334@mail.ru, adil77@mail.ru*

DETERMINATION OF THE AIR VELOCITY AND FLOW RATE OF THE DRYING AGENT AT THE INLET AND OUTLET OF THE SOLAR DRYING MODULE

Abstract

The article presents the results of research on drying apples in the multifunctional heliosushilka module of the heliosushilka-greenhouse in the educational and industrial economy of the Kazakh National Agrarian Research University.

The relevance of research. The purpose of the scientific study is to conduct theoretical and experimental studies to justify the main parameters and modes of operation of the proposed heliocomputer module.

Methodology of the study. Experimental studies were carried out in accordance with the current SN RK and GOST standards, using the experimental design technique.

Main results. Meeting the needs of the population in products of plant origin can be achieved through the use of greenhouse structures, the preparation of canned and dried products in special

containers. Increasing the efficiency of the production of dried products is achieved by reducing transport costs and increasing the effect of solar energy through the use of a Helio drying module in greenhouse construction.

Conclusions on research work. The heliocomputer module is used as part of a greenhouse building in order to improve efficiency and save energy resources in the conditions of the south-east of Kazakhstan.

Key words: Solar dryer, solar drying module, humidity, solar energy, drying, polycarbonates, convection, heat transfer, heat capacity, enthalpy.

GTAMP 55.39.37

DOI <https://doi.org/10.37884/4-2024/45>

Е.С. Ержигитов, С.Т. Демесова, Н.И. Молдыбаева, А.С. Талдыбаева,
М.А.Жусупалиева*

*Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан,
ergigitov.erken@mail.ru, saule.demesova@mail.ru*, moldybayeva78@mail.ru,
taldybaeva_aigul@mail.ru, mkurmanaeva@inbox.ru*

ЖЫЛУ ЖҮЙЕСІНІҢ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫН КОМПРЕССОРДЫҢ ӨЗДІГІНЕН САЛҚЫНДАТЫЛАТЫН СОРҒЫСЫ

Аңдатпа

Жылу сорғысы - жылу энергиясын төмен потенциалды көзден тұтынушыға тасымалдауды жүзеге асыратын техникалық құрал. Ол жылу энергетикасының перспективалық батытына жатады.

Авторлар оған гелиоколлектор қосылған кезде жылу сорғысының тиімділігін арттыру, сондай-ақ компрессорды буландырғышпен өзін-өзі реттеу арқылы салқындату гипотезаларын алға тартты. Қазіргі уақытта жылу сорғылары (ЖС) тек ауаны салқындату үшін ғана емес, сонымен қатар жылу қажеттілігін қанағаттандыру үшін де белсенді түрде қолданылады. Бұл өзгеріс климаттың өзгеруіне байланысты парниктік газдар шығарындыларын азайту қажеттілігімен, сондай-ақ дәстүрлі жылумен жабдықтау жүйелерінің экологиялық таза баламаларын іздеумен байланысты. Сонымен қатар, ЖС технологияларының тиімділігі мен сенімділігін арттыру осы бағытта үлкен рөл атқарады.

Жылу сорғылары энергияны тиімді пайдаланып, қоршаған ортаға теріс әсерін азайтады. Оларды қолдану арқылы ғимараттардағы жылу қажеттіліктерін экологиялық таза жолмен қанағаттандыруға мүмкіндік бар. Мұндай технологияларды жетілдіру – жасыл энергетикаға көшу процесіндегі маңызды қадамдардың бірі.

Теориялық зерттеулер гелиоколлекторда жылу сорғымен жұмыс істеу кезінде пайда болатын тікелей күн сәулесі мен қоршаған ауадан жылу энергиясын бірлесіп сору, сондай-ақ буландырғышпен артық жылуды сору арқылы компрессордың бетінен жылу беруді күшейту тұжырымдамаларын талдайды. Авторлар жана техникалық шешімдер - компрессор шығаратын жылу жүйесіне оралу және компрессордың температуралық режимін жақсарту, сонын ішінде жетек қозғалтқышының электр орамаларын салқындату арқылы тікелей күн сәулесі мен жылу энергиясын қоршаған ауамен және жылу сорғысымен бірлесіп сору әсерінен гелиоколлектордың жылу өнімділігін арттыра алады деген қорытындыға келді.

Кілтті сөздер: жылу сорғысы, компрессор, буландырғыш, конденсатор, түрлендіру коэффициенті, төмен потенциалды жылу көзі, энергия үнемдеу, энергия тиімділігі, жанартылатын энергия.