

Таблиця 2  
Значення емпіричних коефіцієнтів в різних режимах  
процеса абсорбції

A	m	n	k	Діапазон	Тип абсорбера	Источник
0,0039	1	0,5	0	60≤Re <sub>ж</sub> ≤300	гладкотрубний	[11]
0,0057	1	0,5	0	60≤Re <sub>ж</sub> ≤300	с накаткой	[3-7]
0,29	0,576	0,5	0,2	200≤Re <sub>г</sub> ≤2000	гладкотрубний	[10]
0,0156	0,910	0,5	0,2	Re <sub>г</sub> >1800	гладкотрубний	[12]
0,6	0,576	0,5	0,2	200≤Re <sub>г</sub> ≤2000	с накаткой	[3-7]

Коефіцієнт масоотдачі в газовій середі:

$$\beta_{\bar{A}} = Nu'_{\bar{A}} \cdot \frac{D_{\bar{A}}}{d_{ai}} \quad (39)$$

Парціальне тиск амміака над поверхню струйки ВАР:

$$P_{NH_3} = f(t_{\bar{n}0}, \xi'_{\bar{A}\bar{A}D}) \quad (40)$$

Константа фазового рівноважя при абсорбції:

$$m = \frac{P_{NH_3}}{\xi'_{\bar{A}\bar{A}D} \cdot E_0} \quad (41)$$

Коефіцієнт масопереносу при абсорбції:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\beta_{\bar{A}}} + \frac{m}{\beta_{\alpha}}} \quad (42)$$

На рис. 2 приведені результати розрахунків типового абсорбера АХА виробництва Васильківського заводу холодильників, виконані по приведеній вище методикі.

Аналіз результатів, приведених на рис. 2, показує, що при збільшенні тиску в системі збільшується інтенсивність масообміну в рідкій фазі і зменшує в парогазовій. В сумі відбувається зниження масопередачі в абсорбері – в приведеному випадку до 12-14 %.

Висновки.

1. Розроблена методика поверочного розрахунку змеевикового противоточного абсорбера в основі якої лежить математична модель процесів тепло- і масообміну.

2. При збільшенні тиску в системі має місце зниження інтенсивності процесу масопереносу в абсорбері АХА.

Поступила 09.2010

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабакин Б. С. Бытовые холодильники и морозильники / Б. С. Бабакин, В. А. Выгодин. – Рязань : Узоречье, 2005. – 860 с.
2. Бадилькес И.С. Абсорбционные холодильные машины. / И. С. Бадилькес, Р. Л. Данилов. – М. : Пищевая промышленность, 1996. – 356 с.
3. Березин А.Н. Интенсификация работы абсорбера абсорбционно-диффузионной холодильной машины: дис...канд. техн. наук : 05.04.03 / Березин Александр Николаевич. – Л., 1980. – 103 с.
4. Осипов Ю. В. Тепло- и массообмен при абсорбции аммиака водоаммиачным раствором из водоаммиачной смеси / Ю. В. Осипов, Н. П. Третьяков, Н. Н. Некрасов // Холодильная техника. – 1980. – № 10. – С. 38–40.
5. Осипов Ю. В. Тепло- массообмен при абсорбции аммиака водоаммиачным раствором из водородоаммиачной смеси: дис...канд.техн.наук : 05.04.03 / Осипов Юрий Владимирович. – Л., 1971. – 175 с.
6. Осипов Ю. В. Массообмен при абсорбции аммиака водоаммиачным раствором / Ю. В. Осипов, Н. П. Третьяков // Холодильная техника. – 1971. – № 2. – С. 40–42.
7. Бретшнайдер С. Свойства газов и жидкостей. Инженерные методы расчета / С. Бретшнайдер. – М.-Л. : Химия, 1966. – 536 с.
8. Рид Р. Свойства газов и жидкостей / Р. Рид, Дж. Праусниц, Т. Шервуд. – Л. : Химия, 1982. – 592 с.
9. Рамм В. М. Абсорбция газов / В. М. Рамм. – М. : Химия, 1966. – 564 с.
10. Долотов А. Г. Интенсификация процесса абсорбции в абсорбционно-диффузионной холодильной машине / А. Г. Долотов, А. Н. Березин // Холодильная техника. – 1980. – № 10. – С. 38–40.
11. Долотов А. Г. Исследование процесса абсорбции в абсорбционно-диффузионной холодильной машине / А. Г. Долотов, А. Н. Березин // Холодильная техника. – 1980. – № 7. – С. 20–24.

УДК 631.365:535-15

**ЗАВАЛИЙ А.А., канд.техн.наук, доцент, ЯНОВИЧ И.В., ассистент,**  
Южный филиал Национального университета биоресурсов и природопользования  
Украины «Крымский агротехнологический университет», г. Симферополь.

**ЛАГО Л.А., инженер-технолог I категории**  
ГП «ПКТИ «Плодмашпроект», г. Симферополь.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРИ СУШКЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ИНФРАКРАСНЫМ И КОНВЕКТИВНЫМ СПОСОБАМИ В УСТРОЙСТВАХ КАМЕРНОГО ТИПА

Расчетно-аналитически обоснованы оптимальные режимные параметры процесса инфракрасной сушки в устройстве камерного типа. Выполнено экспериментальное сравнение энергетических затрат на процесс сушки яблок, моркови и физической модели продукта сушки инфракрасным и конвективным способами в устройствах камерного типа.

**Ключевые слова:** расчетная модель процесса сушки, физическая модель продукта сушки, инфракрасная сушка, конвективная сушка.

The optimum regime parameters of process of the infra-red drying are calculation-analytically grounded in the device of chamber type. Experimental comparison of power expenses is executed on the process of drying of apples, to the carrot and physical model of product of drying by infra-red and convective methods in the devices of chamber type.

**Keywords:** calculation model of process of drying, physical model of product of drying, infra-red drying, convective drying.

В последнее время существенно вырос интерес к инфракрасному способу сушки продуктов сельскохо-

зяйственного производства как альтернативе традиционному конвективному способу сушки. Одним из ожидаемых преимуществ инфракрасной сушки является ее высокая экономичность, так как снижение энергозатрат на производство является одним из основных источников повышения рентабельности и конкурентоспособности продукции. Источником экономичности инфракрасной сушки служит лучистый способ подвода энергии для осуществления процесса сушки, не требующий наличия промежуточного носителя энергии – агента сушки.

Цель настоящей работы – сравнение энергетических затрат на процесс сушки инфракрасным и конвективным способами в идентичных условиях проведения эксперимента.

Продукты питания, являясь по отношению к содержащейся в них влаге капиллярно-пористыми коллоидными телами, в процессе сушки характеризуются двумя периодами: периодом постоянной скорости сушки и периодом падающей скорости [1]. При этом в период постоянной скорости сушки из пищевых продуктов извлекается от 60% до 90% влаги, что позволяет рассматривать этот период как основной режим, определяющий технологические параметры сушки [2]. Характерной особенностью периода постоянной скорости сушки является наличие на поверхности продукта сушки свободной влаги. Эта особенность позволяет рассматривать процесс сушки в этом периоде как процесс испарения влаги со свободной поверхности [1].

Для сравнения энергетических затрат на процесс сушки инфракрасным и конвективным способами сушки следует определить наилучшие с позиций энергетических затрат и времени сушки режимы. Для постановки задачи оптимизации в качестве критериев оптимизации процесса сушки следует принять:

- а) удельные затраты энергии на процесс сушки должны быть минимальными;
- б) скорость сушки должна быть максимальной, а время сушки, соответственно, минимальным.

Ограничением для задачи является температура продукта сушки, которая не должна превышать значение, обеспечивающее сохранность биологически ценных компонент растительного или животного сырья. По данным [2] таким значением является 50°C.

Варьируемые факторы задачи оптимизации – тепловая мощность источника энергии (мощность источников излучения или конвекторов) и скорость вентиляции объема сушильной камеры.

Для решения задачи оптимизации использована модель процесса сушки, включающая в себя зависимости:

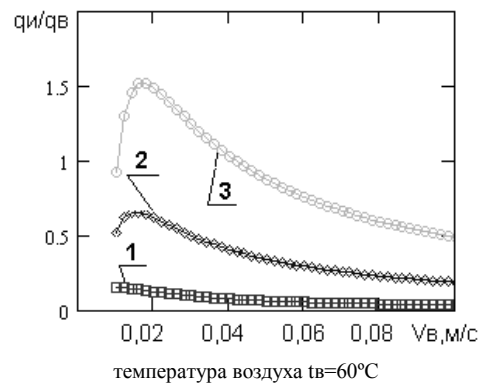
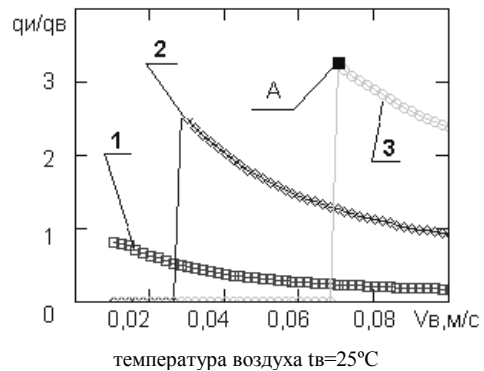
- функции давления и плотности насыщенного водяного пара от температуры [2];
- функции парциального давления и плотности водяного пара от температуры и влажности воздуха [2];
- зависимость скорости испарения влаги  $V$  со свободной поверхности [3]:

$$V = 0.00965 \cdot F \cdot (p_1 - p_n)^{1,2}, \text{ кг/час}, \quad (1)$$

где  $F$  – площадь поверхности испарения, м<sup>2</sup>;  $p_1$  – давление насыщенных паров при температуре поверхности воды, мм.рт.ст.;  $p_n$  – парциальное давление водяного пара в воздухе над поверхностью испарения, мм.рт.ст.

Модель по заданным атмосферному давлению, температуре и влажности воздуха в помещении, скорости вентиляции камеры, температурам на поверхности испарения и над поверхностью испарения позволяет рассчитать скорость испарения влаги, количество энергии, затрачиваемое

на испарение влаги  $q_i$  и на нагрев паровоздушной смеси в камере  $q_v$ . Принимая, что в теплоизолированной сушильной камере в процессе сушки других стоков энергии нет, то сумма указанных энергетических затрат составит полные затраты энергии. Результаты

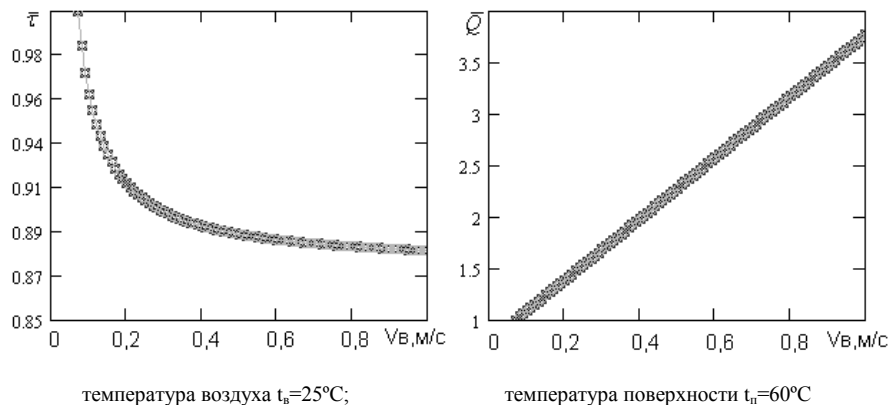


1 - температура поверхности 25°C; 2 - 45°C; 3 - 60°C  
**Рис. 1.** Зависимость отношения энергетических затрат на испарение и на нагрев воздуха сушки от скорости вентиляции и температуры поверхности испарения

всех расчетов получаем для единицы площади испарения (1 м<sup>2</sup>).

Отношение затрат мощности на процесс испарения к затратам мощности на нагрев воздуха  $q_i/q_v$  определяет степень совершенства сушильной камеры. На рис.1 приведена зависимость  $q_i/q_v$  от скорости вентиляции  $V_v$  при различных значениях температуры поверхности испарения  $t_n$ .

Данные, представленные на рис.1, показывают, что наиболее предпочтительным по соотношению затрат на испарение и на нагрев режимом сушки является режим максимально допустимой для продукта сушки температуры поверхности испарения и близкой



**Рис. 2.** Влияние скорости вентиляции на время сушки и полные затраты энергии на процесс сушки

к минимально возможной скорости вентиляции объема камеры (точка А на рис.1). Увеличение температуры воздуха снижает отношение  $q_i/q_v$ , а также смещает максимум  $q_i/q_v$  в сторону больших значений скорости вентиляции.

По полученным значениям скорости сушки и массового расхода паровоздушной смеси через камеру определяем время сушки и суммарные затраты энергии на процесс сушки. На рис. 2 приведены зависимости относительного времени сушки  $\bar{\tau}$  и относительных затрат энергии  $\bar{Q}$  на процесс сушки от скорости вентиляции  $V_v$ , где

$$\bar{\tau} = \frac{\tau(V\hat{a})}{\tau(V\hat{a} = 0,07)}, \quad \bar{Q} = \frac{Q(V\hat{a})}{Q(V\hat{a} = 0,07)}. \quad (2)$$

В формулах (2) значения  $\tau(V\hat{a}=0,07)$  и  $Q(V\hat{a}=0,07)$  соответствуют точке А на рис.1.

Зависимости на рис.1 и рис.2 показывают, что режимом, обеспечивающим минимальные энергозатраты, является режим максимальной температуры продукта сушки и максимальной влажности агента сушки. Такой режим обеспечивается минимально возможной скоростью вентиляции. Увеличение скорости вентиляции приводит к незначительному снижению времени сушки при значительном росте энергозатрат.

Экспериментально сравнение энергетических затрат на процесс сушки инфракрасным и конвективным способами выполнено в лабораторной сушильной камере с инфракрасными и конвективными источниками тепла, схема которой представлена на рис. 3. Рабочий объем камеры составляет  $950 \times 350 \times 600 \text{ мм}^3$ . Стенки камеры теплоизолированы листовым пенопластом толщиной 50 мм. Изнутри стенки камеры закрыты вспененным полиэтиленом толщиной 3 мм на основе алюминиевой фольги. В камере на весах установлен сетчатый лоток. Источник излучения – инфракрасные излучатели с «изотермическими» отражателями [4] и линейными лампами накаливания с температурой спирали 3000 К и общей электрической мощностью 400 Вт – 800 Вт. Источником конвективного тепла является проволочный спиральный нагревательный элемент. Нагревательный элемент выполнен из медного провода диаметром 0,31 мм, который равномерно навит на раме размерами  $950 \times 350 \text{ мм}$ . Напряжение питания конвективного нагревателя может плавно изменяться с помощью лабораторного автотрансформатора, что позволяет получать на нем тепловую мощность 0 – 800 Вт.

Воздух снаружи в камеру попадает через плоскую щель между дном и фронтальными стенками камеры, проходит через конвективный нагреватель, затем через сетку лотка и через 2 цилиндрических отверстия в крышке камеры выходит наружу. Для принудительной вентиляции в отверстиях установлены вентиляторы общим объемным расходом  $50 \text{ м}^3/\text{час}$ . В экспериментах измеряли убыль массы продукта сушки, температуру продукта на лотке, температуры на входе и выходе воздуха из камеры и относительную влажность воздуха на выходе из камеры. Рабочий диапазон измерений массы – 0-2000 г, температуры - 0-100 °С, относительной влажности возду-

ха - 0-100 %. Разрешающая способность, соответственно, 0,1 г, 0,1 °С, 0,1 % влажности. Погрешность измерения массы -  $\pm 0,5 \text{ г}$ , температуры -  $\pm 1,5 \text{ °С}$ , влажности – 2 %. Экспериментальные данные регистрировались в память персонального компьютера с интервалом 30 с.

В качестве продукта сушки использовали яблоки, морковь, свеклу, нарезанные ломтиками или соломкой, виноградные выжимки, а также физическую модель растительного сырья, представляющую собой войлочные пластины или войлочные цилиндры - «пыжи», пропитанные водным раствором желатина. Влага в структуре войлока удерживается адсорбцией и физико-механической связью, коллоидную связь влаги моделируют растворы желатина [1]. В эксперименте масса сухих пыжей при температуре воздуха 15 °С и относительной влажности 60 % составляла 120 г, а войлочных пластин – 106 г. Перед сушкой пыжи (пластины) выдерживались в воде или растворе желатина в течение 30 минут. После этого для стекания остатков жидкости пыжи (пластины) выкладывали на сито, на котором находились в течение 5-10 минут. Концентрация желатина составляла 1,5 %. Масса влажных пыжей перед сушкой составляла 850-1000 г, масса влажных пластин войлока – 750-810 г.

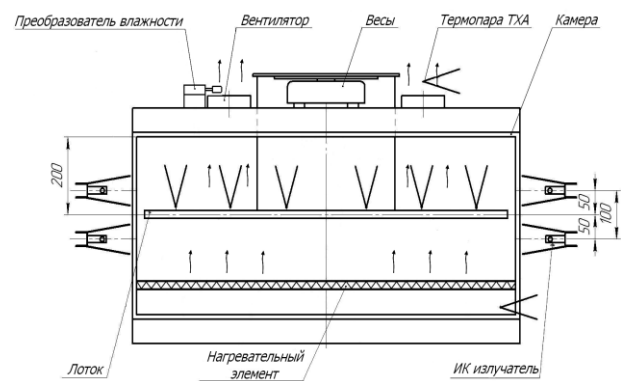


Рис. 3. Лабораторная сушильная камера

Яблоки и морковь нарезались соломкой и ломтиками толщиной 5 мм.

Программа экспериментальных исследований энергетических затрат и скорости сушки продуктов питания включает в себя следующие этапы.

1. Экспериментальное сравнение скорости инфракрасной сушки физической модели и скорости испарения влаги со свободной поверхности.
2. Определение оптимальных режимов сушки для экспериментальной установки.
3. Сравнение энергетических затрат и скорости сушки для инфракрасного и конвективного нагрева продукта сушки.

Для сравнения скорости инфракрасной сушки физической модели и скорости испарения со свободной поверхности воды влажные войлочные пластины и воду помещали в металлический лоток размерами  $333 \times 225 \text{ мм}^2$ , который подвешивали на весах в среднем сечении лабораторной камеры взамен сетчатого лотка. Для сушки задействовали только верхний ряд излучателей (тепловая мощность 400 Вт), излучение которых направлено на поверхность пластин или воды.

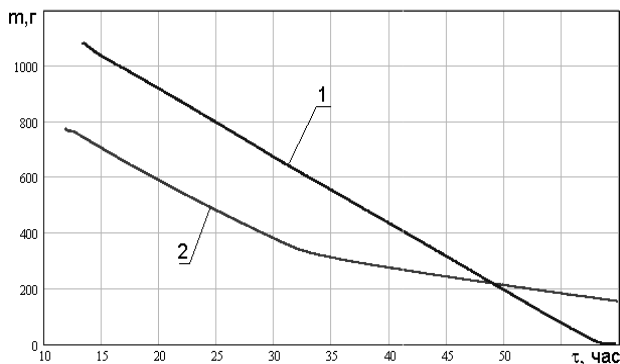
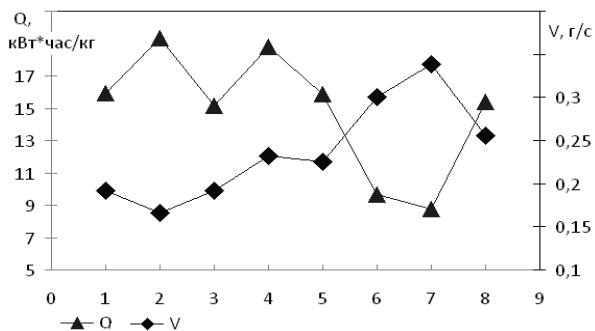


Рис. 4. Кривые испарения свободной поверхности воды 1 и сушики пластин войлока 2.



Напряжение питания ламп по позициям на горизонтальной оси: 1 – 70В; 2 – 90В; 3 – 110В; 4 – 130В; 5 – 150В; 6 – 190В; 7 – 220В; 8 – 220В.

Рис. 5. Режимные параметры сушики пыхей с раствором желатина при включении 4 ламп (поз.1 – 7) и 8 ламп (поз.8)

Камеру принудительно вентилировали расходом воздуха  $50 \text{ м}^3/\text{ч}$  (расчетная скорость движения воздуха в сечении лотка –  $0,085 \text{ м}/\text{с}$ ). Для измерения температуры термомпары размещали по глубине слоя воды и пластин войлока. В проведенных экспериментах влажность воздуха на выходе из сушильной камеры составляла  $20 \pm 2 \%$ .

На рис. 4 приведены кривые испарения свободной поверхности воды и сушики пластин войлока, выдержанных в воде. Линия 1 на рис. 4 позволяет определить, что для принятого режима сушики скорость испарения свободной влаги составила  $6,76 \text{ мг}/\text{с}$  или  $90,3 \text{ мг}/\text{с}\cdot\text{м}^2$ . Для проведения сушики войлока на дно лотка укладывались полоски войлока, укрывающие дно на 10-15 % площади, затем лоток наполняли водой на высоту полосок. Сверху укладывали две пластины войлока, выдержанные в воде. Линия сушики войлока имеет характерный излом, разбивающий процесс сушики на 3 периода. Первый и второй периоды – сушика листов войлока, третий – испарение воды из-под листов. Существенно нелинейный участок перехода от 1-го периода сушики к 3-му соответствует 2-му периоду – периоду падающей скорости сушики. Скорость сушики войлока (линия 2 на рис.4) составила  $6,1 \text{ мг}/\text{с}$  или  $81,3 \text{ мг}/\text{с}\cdot\text{м}^2$ .

Несущественность периода падающей скорости сушики войлока и 10 %-е отличие скорости сушики войлока в 1-м периоде и скорости испарения свободной поверхности воды позволяют предположить, что основная часть влаги из продукции растениеводства при инфракрасной сушике испаряется

как влага свободной поверхности. Таким образом, оценки расчетной модели сушики можно считать достоверными.

Для определения тепловой мощности, обеспечивающей максимальную скорость ИК сушики, выполнена сушика физической модели. Для сушики использованы войлочные пыжи, пропитанные 1,5 %-м водным раствором желатина. Сушка проводилась с постоянной вентиляцией камеры (скорость обмена воздуха  $25 \text{ м}^3/\text{ч}$ ). Время сушики составляло 6,5-17 ч.

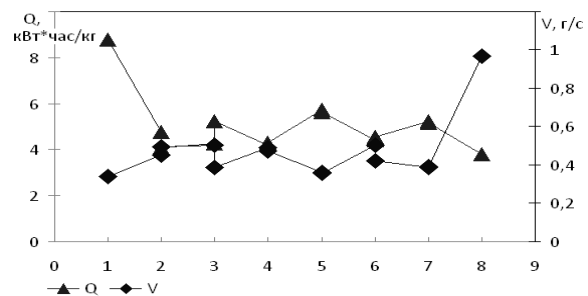
Тепловая нагрузка в процессе сушики была постоянной и для различных режимов сушики варьировала от 100 Вт до 1200 Вт. Изменение тепловой нагрузки осуществляли отключением части ламп излучателей, а также изменением напряжения питания на лампах при помощи тиристорного регулятора. Результаты экспериментов приведены на рис. 5.

Полученные данные показывают, что увеличение тепловой мощности (позиции 1-8 на горизонтальной оси) приводит к уменьшению затрат энергии  $Q$  и росту скорости сушики  $V$ , и подтверждают вывод о необходимости поддержания максимально возможной температуры на поверхности продукта сушики.

Исследование зависимости режимных параметров процесса ИК сушики от скорости воздухообмена в камере выполнено при сушике пыжей, замоченных в воде. Управление воздухообменом осуществлялось изменением проходного сечения вентиляторов на крышке сушильной камеры от 0 % (полностью закрыты) до 100 % (вентиляторы открыты, их вращение заблокировано), а также режимы 100 % (вентиляторы открыты и вращаются под действием естественной конвекции воздуха в камере), 100 % (вентиляторы открыты и работают с расходом  $25 \text{ м}^3/\text{ч}$ ).

Тепловая мощность камеры во всех сушиках составляла 400 Вт (4 лампы по 100 Вт над поверхностью лотка). Результаты экспериментов приведены на рис. 6. Затраты энергии  $Q$  определялись на участке кривой сушики (кривая убыли массы продукта) 100-30 %. Скорость сушики  $V$  определялась как тангенс угла наклона касательной к кривой сушики на промежутке 50-150 минут сушики.

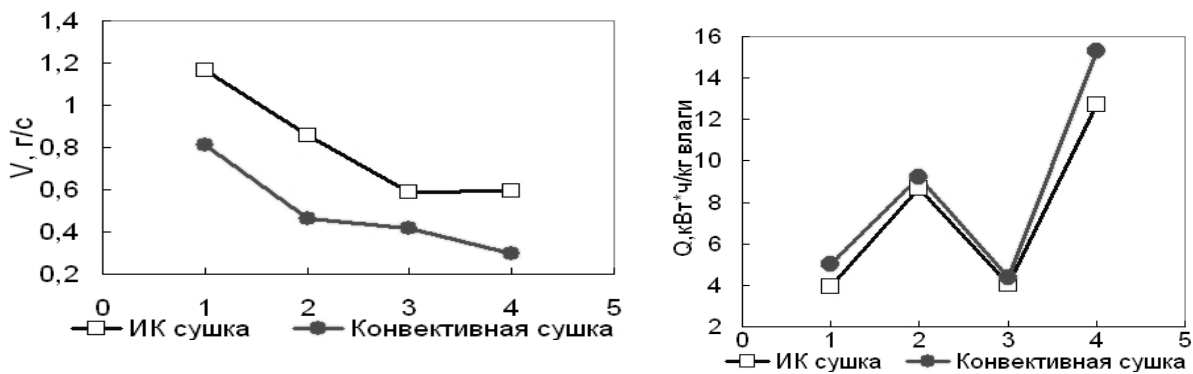
Полученные данные показывают, что уменьшение скорости вентиляции (позиции 1-8 на горизонтальной оси) приводит к уменьшению затрат энергии  $Q$  и росту скорости сушики  $V$ , и подтверждают вывод о необходимости поддержания максимально возможной



Режим вентиляции камеры по позициям на горизонтальной оси: 1 – принудительная вентиляция ( $25 \text{ м}^3/\text{ч}$ ); 2 – 100% (вентилятор вращается под действием естественной конвекции); 3 – 100% (вентилятор заблокирован); 4 – 75%; 5 – 50%; 6 – 25%; 7 – 0% (отверстия снизу открыты); 8 – 0% (камера закрыта герметично)

Рис. 6. Режимные параметры сушики пыхей





Позиції на горизонтальній осі: 1 – 800Вт\*; 2 – 800Вт\*\*; 3 – 400Вт\*; 4 – 400Вт\*\*

Рис. 7. Скорість сушки (V, г/с) і енергозатрати (Q, кВт\*ч/кг вологи) ІК і конвективної сушки пшійей замочених в воді

влагості над поверхню продукту сушки. Так, в експерименті зменшення расхода воздуха через камеру приводит к росту влажности от 36 % при принудительной вентиляции объема камеры до 65-67 % для камеры с закрытым выходным сечением, а также к росту температуры продукта сушки и воздуха в камере. Температура продукта во время сушки в эксперименте не превышает 40 °С (только при полностью закрытой камере температура продукта достигла 55 °С) и может быть увеличена до 50 °С без потери качества продукта. Для снижения затрат энергии на процесс сушки необходимо согласованно уменьшать скорость воздухообмена и тепловую мощность камеры. Это даст возможность получить относительную влажность воздуха близкую к 100 % при температуре продукта не более 50 °С.

Таким образом, оптимальным по экономичности режимом инфракрасной сушки продукции растениеводства (плодов и овощей) является режим тепловой мощности и вентиляции объема сушильного устройства, обеспечивающий близкую к 100 % влажность агента сушки и предельно допустимое значение температуры продукта сушки. Увеличение массового расхода агента сушки через камеру приводит к незначительному росту скорости сушки при существенном увеличении энергозатрат.

Для сравнения энергетических затрат и скорости сушки при инфракрасном и конвективном способе сушки использовали пшійей, замоченные в воде и растворе желатина. Пшійей раскладывали на сетчатом лотке размерами 810x350 мм<sup>2</sup>, который подвешивали на весах в среднем сечении лабораторной камеры.

Сушку проводили при тепловой мощности ИК и конвективного нагревателей 400сВт и 800сВт. Режимы вентиляции камеры: естественная конвективная при выключенных вентиляторах и принудительная с расходом воздуха 50 м<sup>3</sup>/час (расчетная скорость движения воздуха в сечении лотка – 0,085см/с). Для измерения температуры термомпары размещали в пшійей, на входе на выходе из камеры (см. рис.с3), преобразователь относительной влажности воздуха располагался в потоке воздуха вентилятора на крышке камеры.

На рис. 7 показаны временные протоколы регистрации экспериментальных данных ИК и конвективной сушки «пшійей» с раствором желатина при тепловой мощности ка-

меры – 800 Вт и естественной конвективной вентиляции.

Критериями для сравнения способов сушки выбраны скорость сушки на участке постоянной температуры (постоянной скорости сушки) и удельные затраты энергии на испарение 1 кг влаги. Скорость сушки определялась как тангенс угла наклона касательной кривой сушки. Удельные затраты энергии рассчитывались по формуле:

$$w = \frac{W \cdot \tau}{m},$$

где w – затраты энергии, кВт\*ч/кг испаренной влаги; W – тепловая мощность камеры, кВт; τ – время сушки на участке постоянной температуры продукта, ч; m – масса испаренной влаги, кг.

Результаты определения скорости сушки V и затрат энергии Q при инфракрасной и конвективной сушках «пшійей», яблок и моркови представлены на рис. 7.

Полученные данные показывают, что увеличение тепловой мощности (позиции 1-4 на горизонтальной оси) приводит к уменьшению затрат энергии Q и росту скорости сушки V, и подтверждают вывод о необходимости поддержания максимально возможной температуры на поверхности продукта сушки. В эксперименте наиболее выгодным по затратам энергии и скорости сушки является режим 1 (см. рис. 8). При одинаковой тепловой мощности скорость ИК сушки на 20-25 % выше, а затраты энергии на 5-20 % ниже, чем в процессе конвективной сушки. Режим 1 (см. рис. 7) обеспечивает максимальное отличие инфракрасной сушки от конвективной по затратам энергии и скорости сушки.

Выводы.

Для оценки энергетических затрат и скорости сушки процесс сушки продуктов питания инфракрасным и конвективным способами может рассматриваться как процесс испарения влаги со свободной поверхности. Оптимальными по минимуму затрат энергии и максимуму скорости сушки являются режимы, обеспечивающие максимальные допустимые значения температур продукта сушки и влажность в объеме сушильной камеры, близкую к 100 %. Инфракрасный способ передачи энергии продукту сушки позволяет осуществлять процесс сушки на 20-25 % быстрее и на 5-20 % экономнее по сравнению с конвективным способом.

Поступила 09.2010

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лыков А.В. Теория сушки. – М: Энергия, 1968. – 472 с.
2. Сублимационная сушка пищевых продуктов растительного происхождения. Под ред. В.Г. Поповского.-М.:Пищевая промышленность, 1975.- 336 с.
3. Глауберман Х.Б. Отопление, вентиляция и сушка. М.-Л.: Госуд. Научно-техническое издательство легкой промышленности. 1949.– 450 с.
4. А.Завалий, И.Янович Система инфракрасного изотермического нагрева поверхности // Motrol. Motorization and power in agriculture.- Volume 11В.- Simferopol-Lublin 2009, s. 172-178.