

## СУШКА ТЕРМОЛАБИЛЬНЫХ КУЛЬТУР В ИК-ДИАПАЗОНЕ С УЧЕТОМ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОДУКТА

*В.М. Попов, В.А. Афонькина, Е.И. Шукшина*

*г. Челябинск, Челябинская государственная агроинженерная академия*

## COMPARISON OF EFFICIENCY OF CHANNELS OF REGENERATORS FILLINGS ON THE BASIS OF RESULTS OF CALCULATION WITH THE USE OF LICENSE PACKAGE ANSYS CFX

*V.M. Popov, V.A. Afonkina, E.I. Shukshina*

*Chelyabinsk, Chelyabinsk State Academy Agroengineering*

На примере исследований спектральных характеристик укропа и петрушки изучено влияния оптических свойств термоллабильных культур на выбор диапазона ИК-излучения для их сушки.

*Ключевые слова:* термоллабильные культуры, спектральные характеристики, ИК-сушка.

The authors of the article have studied the effect of optical properties of heat-sensitive crops on choosing the range of IR radiation for their drying using the example of dill and parsley spectral characteristics studies.

*Keywords:* heat-sensitive crops, spectral characteristics, IR-drying.

На сегодняшний день использование инфракрасного излучения в технологических процессах переработки и хранения сельскохозяйственной продукции растительного происхождения становится все более актуальным, так как оно является экологически чистым и энергоэффективным средством в получении лекарственных сборов и продуктов питания высокого качества. ИК-излучение обладает множеством положительных особенностей, одной из которых является способность излучения к специфическому воздействию на биологический объект на клеточном и молекулярном уровнях [1].

Применение ИК-излучения для сушки сырья – это один из самых распространенных технологических процессов, используемых в химической, фармацевтической и пищевой промышленности. Трудно найти такое химическое и фармацевтическое производство, на котором не было бы операции сушки того или иного вещества или препарата. Наиболее часто сушка является завершающим этапом технологического процесса с получением целевого продукта. Однако современные концепции в сельскохозяйственной и химико-фармацевтической науке в области теории сушки свидетельствуют о том, что тепловые и массообменные процессы нередко сопровождаются изменением структурно-механических свойств высушиваемого материала, образованием полиморфных форм и кристаллогидратов лекарственных веществ, реакциями окисления, гидролиза, а также приводят к изменению растворимости, всасывания, снижению или потере терапевтической ак-

тивности и питательной ценности лекарственного и растительного сырья.

Высокое качество, стабильность продукта зависит от технического уровня сушки – степени автоматизации и механизации режимов процесса, совершенства сушильной аппаратуры.

Как любой другой процесс сушка имеет две стороны – свою статику и кинетику, поэтому правильно организованный процесс сушки позволяет сохранить или улучшить свойства материалов.

Статика сушки заключается в установлении связи между начальными и конечными параметрами участвующих в сушке веществ на основе уравнений материального и теплового балансов. Из статики определяют состав материала и расход тепла.

Кинетика сушки устанавливает связь между изменением влажности материала и параметрами процесса (свойства и структура материала, его размеры и т.д.). На основе уравнения кинетики получают характеристику процесса удаления влаги из материала во времени и определяют продолжительность и режим сушки [2].

Для расчета процесса сушки, создания рациональных конструкций нагревательных элементов и сушильных установок в целом, а также для подбора оптимальных режимов сушки с целью снижения энергозатрат и повышения качества конечного продукта необходимо совместное рассмотрение статики и кинетики сушильного процесса, а именно определение зависимости между расходом тепла и оптическими свойствами сырья, которые на-

пряמוу связаны с продолжительностью технологического процесса.

Анализ существующих методик расчета мощности источников ИК-излучения, используемых в конструкции сушильных установок, показал, что в них нет совместного рассмотрения и согласования спектральных характеристик не только источника, но и приемника. Численные значения коэффициента преобразования электрической энергии в энергию инфракрасных лучей  $\beta$  предлагают принять в пределах 0,7–0,9 [3]. На наш взгляд такой подход позволяет ориентировочно определить мощность источника, что в вопросах энергосбережения не совсем корректно.

Коэффициент  $\beta$  дает информацию не только о собственном преобразовании электрической энергии в энергию оптического излучения ( $\beta_1$ ), но и о восприятии этой энергии материалом сушки ( $\beta_2$ ), которое в свою очередь является эффективным коэффициентом полезного действия (1):

$$\beta_2 = \frac{\Phi_{\text{эф}}}{\Phi}, \quad (1)$$

где  $\Phi$  – падающий поток излучения от источника, Вт;  $\Phi_{\text{эф}}$  – эффективный (воспринятый и полезно преобразованный сырьем) поток излучения, Вт.

Следовательно, принимая во внимание спектральную чувствительность облучаемого сырья, а также оптические свойства источника ИК-излучения, можно эффективно управлять процессом поглощения ИК-излучения сырьем, уменьшая долю отразившегося и прошедшего сквозь сырье потока, тем самым увеличивая КПД установки и уменьшая энергозатраты при получении сухопродукта.

Взаимодействие излучения с веществом весьма сложно, что затрудняет теоретический анализ процесса сушки. Для аналитического описания процессов распространения и ослабления излучения в сырье необходимо знать его основные оптические характеристики, так как спектральный состав потока излучения влияет на оптические коэффициенты поглощения, отражения и пропускания из-за избирательной способности сырья воспринимать излучение различных длин волн.

С помощью ИК-Фурье спектрометра BRUKER Optics на базе Южно-Уральского государственного университета нами были получены зависимости коэффициента пропускания от длины волны для зеленных культур на примере укропа и петрушки с начальной влажностью 85 % в инфракрасной области спектра (рис. 1, 2).

Почти все продукты, в том числе и сельскохозяйственное растительное сырье, обладают четко выраженной селективностью к поглощению ИК-излучения в различных областях спектра [4]. Поэтому для практических целей в условиях корректного выбора оптимального инфракрасного излучателя и объема нагреваемого сырья необходимо пользоваться спектральными характеристиками, которые отражают взаимодействие продукта с лучистой энергией во всем используемом диапазоне длин волн, что нами и было сделано.

Основные пики полученных зависимостей (у укропа: 3,5; 6; 9 и 13 мкм; у петрушки: 3; 6; 9 и 12 мкм) характеризуют влагу, содержащуюся в укропе и петрушке, с различными формами связи, которые неодинаково отражаются на спектре пропускания сырья. Максимальное поглощение ИК-излучения водой данного сырья приходится на три

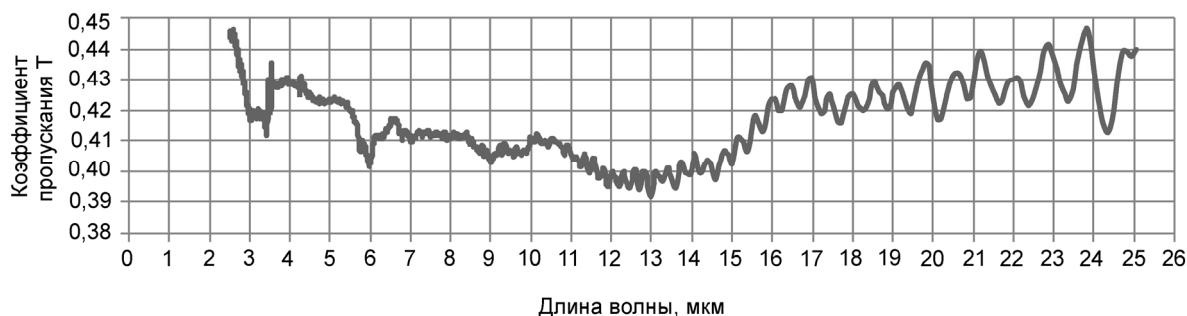


Рис. 1. Зависимость коэффициента пропускания укропа от длины волны в инфракрасной области спектра



Рис. 2. Зависимость коэффициента пропускания петрушки от длины волны в инфракрасной области спектра

Расчетные данные зависимости температуры нагревателя от длины волны

Длина волны $\lambda$ , мкм	Температура поверхности нагревателя $T$ , К	Температура поверхности нагревателя $t$ , °С
6	483	210
9	322	48
12	241	-30
13	222	-50

области 6; 9 и 12–13 мкм, все они одинаково хороши с точки зрения поглощения излучения водой, но не все они хороши с точки зрения получения качественного сухопродукта и уменьшения энергоёмкости техпроцесса.

Так если воспользоваться соотношением Вина [5], можно определить температуру поверхности излучателя во всех трех областях:

$$\lambda_{\max} = \frac{2896}{T} [\text{мкм}], \quad (2)$$

где  $T$  – температура на поверхности источника излучения;  $\lambda_{\max}$  – длина волны.

Данные сведём в таблицу.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что для ИК-сушки термолабильного сельскохозяйственного и дикорастущего сырья подходит только одна область излучения с 9 мкм, так как температура в 210 °С вызовет глубокие биохимические изменения, которые скажутся не только на внешнем виде продукта, но и снизят пищевую ценность и содержание биологически активных веществ, а область 12–13 мкм – это уровень температур который соответствует другому виду сушки – сублимационному, который также не подходит для зеленых культур из-за разрыва тканей зеленой массы и невозможности использования такого продукта в лекарственных сборах.

## Выводы

1. Знание оптических характеристик продукта поможет определить диапазон длин волн, необходимый для получения сухопродукта высокого

качества с полным сохранением питательных и биологически активных веществ.

2. Знание необходимого для качественного ведения техпроцесса диапазона длин волн поможет согласовать его с оптическими характеристиками излучателя, подобрав оптимальную температуру его нагрева, тем самым минимизировав энергозатраты.

3. Для сушки зеленой массы термолабильного сельскохозяйственного и дикорастущего сырья необходим нагреватель, способный на 9 мкм обладать высокой плотностью теплового потока.

## Литература

1. Карпов, В.Н. Энергосбережение в оптических электротехнологиях АПК / В.Н. Карпов, С.А. Ракутько // – Пушкин: СПбГАУ, 2009. – С. 100.

2. Гинзбург, А.С. Технология сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург // Пищевая промышленность. – М., 1976. – С. 248.

3. Мелякова, О.А. Энергоэкономические режимы сушки овощей в конвективно-радиационной сушилке: дис. ... канд. техн. наук / О.А. Мелякова. – Тюмень, 2001.

4. Алтухов, И.В. Оптические свойства сельскохозяйственных продуктов растительного и животного происхождения / И.В. Алтухов, В.Д. Очиров // Вестник ИрГСХА. – 2010. – Вып. 37. – С. 43–49.

5. Авраменко, В.Н. Инфракрасные спектры пищевых продуктов / В.Н. Авраменко, М.П. Есельсон, А.А. Заика. – М.: Пищевая промышленность, 1974.

Поступила в редакцию 13.04.2012 г.

**Попов Виталий Матвеевич** – доктор технических наук, профессор кафедры «Электротехника и автоматика», Челябинская государственная агроинженерная академия, г. Челябинск. Область научных интересов – применение ИК-техники в различных сферах АПК. Контактный телефон: 8-(351) 263-28-03.

**Popov Vitaliy Matveevich** – Doctor of Science (Engineering), Professor of “Electrical Engineering and Automation” Department of Chelyabinsk State Academy Agroengineering, Chelyabinsk. Research interests: IR application, machines in different spheres of agroindustrial complex. Contact telephone number: 8-(351) 263-28-03.

**Афонкина Валентина Александровна** – старший преподаватель кафедры «Электротехника и автоматика», Челябинская государственная агроинженерная академия, г. Челябинск. Область научных интересов – применение ИК-техники в различных сферах АПК. Контактный телефон: 8 906 890 53 37.

**Afonkina Valentina Aleksandrovna** – Senior Teacher of “Electrical Engineering and Automation” Department of Chelyabinsk State Agro-Engineering Academy, Chelyabinsk. The sphere of scientific interests – IR application, machines in different spheres of agroindustrial complex. Contact telephone number: 8 906 890 53 37.

**Шукшина Елена Ивановна** – аспирант кафедры «Электротехника и автоматика», Челябинская государственная агроинженерная академия, г. Челябинск. Область научных интересов – применение ИК-техники в различных сферах АПК. Контактный телефон: 8-(351) 263-28-03.

**Shukshina Elena Ivanovna** – Postgraduate student of “Electrical Engineering and Automation” Department of Chelyabinsk State Academy Agroengineering, Chelyabinsk. Research interests: IR application, machines in different spheres of agroindustrial complex. Contact telephone number: 8-(351) 263-28-03.