

# ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И АВТОМАТИЗАЦИИ ИНФРАКРАСНОЙ СУШИЛКИ

Кудрявец А.С.

*Кудрявец Анатолий Сергеевич – магистрант,  
факультет заочного обучения,  
Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар*

**Аннотация:** в статье описывается малоизученный перспективный способ сушки материалов инфракрасным излучением. Приведены преимущества такого способа сушки. Показаны способы расчета необходимого воздухообмена и плотности излучения. Представлен пример определения перечня автоматизируемых функций и входных/выходных сигналов и данных.

**Ключевые слова:** сушка, инфракрасное излучение, автоматизация, расчет излучателей.

Сушка - один из основных технологических процессов в различных отраслях сельского хозяйства. Но возросшим запросам потребителей не всегда удовлетворяет существующее применение процессов сушки. Производство высококачественной продукции требует более совершенного оборудования с высокой интенсивностью ведения процессов [1].

Правильно и своевременно проведенная сушка не только повышает стойкость семян при хранении, но и улучшает его продовольственные и семенные качества.

В недостаточно высушенной массе проходит процесс самосогревания. В ней развиваются микроорганизмы и усиливаются бактериальные процессы, что снижает всхожесть семян и продовольственное качество зерна, разрушает питательные вещества и витамины трав, используемых на корм животным. Продолжительность безопасного хранения зависит от температуры материала и влажности.

Перспективный, но еще мало освоенный прием - радиационная сушка путем передачи тепла семенам от генераторов инфракрасного излучения.

Инфракрасные лучи проникают на незначительную глубину (до 15 мм) внутрь облучаемого тела и вызывают его нагрев. В качестве генераторов можно применять специальные лампы, а также нагретые до определенной температуры открытым пламенем или горячими газами металлические и керамические поверхности.

Достоинством ламповых радиационных сушилок является малая теплоинерционность, простота и сравнительная безопасность в работе.

Процесс сушки существенно ускоряется при облучении зерна инфракрасными лучами и одновременном продувании воздухом, так как температурный градиент в поверхностном слое меняет при этом свой знак и способствует продвижению влаги к поверхности.

У инфракрасной сушки есть ряд преимуществ:

- 1) среда вокруг нагреваемого материала не является теплопередающей; следовательно, расход тепла на нагрев воздуха значительно меньше, а КПД установки - выше;
- 2) учитывая зависимость оптических характеристик материалов – отражения, пропускания и поглощения ими инфракрасных лучей - от спектрального состава лучистого потока, можно в известных границах эффективно управлять режимами радиационного нагрева и сушки
- 3) экологичная и высокопроизводительная сушка;
- 4) отсутствие прямого контакта между нагреваемой массой и излучателем не является препятствием для эффективной передачи тепла;

Высокая экономичность и производительность оборудования инфракрасной сушки и нагрева обеспечивается:

- безынерционностью оборудования, поскольку время выхода на рабочий режим панелей не более 30 секунд;
- возможностью нагрева части изделия (зонный нагрев), что невозможно реализовать при конвективном способе нагрева;
- малым временем нагрева материалов до заданной температуры, так как энергия при терморadiационном нагреве передается непосредственно изделию без промежуточного теплоносителя;
- отсутствием необходимости предварительного прогрева сушильной установки;
- меньшей продолжительностью инфракрасной сушки по сравнению с конвективным способом сушки;
- оптимизацией потребляемой электроэнергии в зависимости от габаритов изделий, подлежащих сушке.

Таким образом, сушка инфракрасным излучением является одним из перспективных, но еще малоизученным методом сушки сельскохозяйственных культур

В сушилках основанных на данном методе в качестве источников инфракрасного излучения как правило используют электрические или газовые излучатели. В газовых радиационных сушилках излучатели нагреваются газом, сжигаемым непосредственно под ними. К электрическим относят: лампы, панели, трубки с электрообогревом. Наиболее широко распространены ламповые нагреватели, отличающиеся безинерционностью.

При тепловом расчете инфракрасных сушилок необходимо определить количество и схему размещения ламп. Также надо найти расход воздуха по максимально допустимой концентрации паров в воздухе.

При известном коэффициенте теплоотдачи а плотность излучения в Вт/см<sup>2</sup> можно найти по формуле:

$$E = \frac{\alpha \cdot F' \cdot (t_{\text{max}} - t_B)}{0,86 \cdot A} \quad (1)$$

где  $F' = F/F_0$  — отношение площадей полной поверхности к облучаемой ее части;

$t_{\text{max}}$  — максимальная или установившаяся температура материала в °С;

$t_B$  — температура окружающей среды в сушилке в °С;

$A$  — коэффициент поглощения излучения.

Температуру нагрева тела и продолжительность сушки рассчитывают из уравнения кинетики облучаемого тела, полученного из уравнения теплового баланса сушки,

$$\tau = \frac{1}{D'} \cdot \ln \frac{B + D' \cdot (t_{\text{max}} - t_B)}{B + D' \cdot (t_0 - t_B)} \quad (2)$$

где

$$D' = \frac{\alpha \cdot \sigma}{c \cdot \rho} \quad (3)$$

$$B = \frac{0,86 \cdot A \cdot E \cdot \sigma}{c \cdot \rho \cdot F} \quad (4)$$

В этих выражениях:  $\square\square$  — коэффициент теплоотдачи в ккал/(м<sup>2</sup>°С);

$\square\square = F/V$  — отношение площади поверхности облучаемого тела к его объему;

$c$  — теплоемкость облучаемого тела в ккал/(кг°С);

$\square\square$  — плотность облучаемого тела в кг/м<sup>3</sup>;

$t_0$  — начальная температура материала в °С.

Теплоемкость влажного материала находится по формуле:

$$c = c_{\text{сух}} \cdot \frac{100 - \omega}{100} + \frac{\omega}{100} \quad (5)$$

здесь  $c_{\text{сух}}$  — удельная теплоемкость сухого материала в ккал/(кг·°С), определяемая по справочным данным;

$\square\square$  — влажность материала в %.

Расход воздуха находим из уравнения баланса влаги

При установившемся режиме сушки и отсутствии потерь влага поступает в сушилку с материалом и воздухом, а уходит из сушилки с высушенным материалом и воздухом. Запишем уравнение баланса влаги:

$$G_1 = \frac{\omega_1}{100} + L \cdot \frac{d_1}{100} = G_2 \cdot \frac{\omega_2}{100} + L \cdot \frac{d_2}{100} \quad (6)$$

здесь  $L$  — количество абсолютно сухого воздуха, необходимого для сушки, в кг/ч;

$d_1$  и  $d_2$  — влагосодержание воздуха соответственно на входе в сушилку и выходе из нее в г на 1 кг сухого воздуха.

$G_1$  и  $G_2$  — количество материала поступающего в сушилку и высушенного соответственно

$\omega_1$  и  $\omega_2$  начальная и конечная влажность материала

Обозначая удельный расход сухого воздуха (на 1 кг испаренной влаги) через  $l = L/W$ , найдем удельный расход сухого воздуха в кг на 1 кг влаги:

$$l = \frac{1000}{d_2 - d_1} \quad (7)$$

Данное развитие инфракрасной техники сушки связано с применением мощных потоков лучистой энергии. Однако эффективное управление быстропротекающими процессами сушки невозможно без применения автоматического регулирования и управления.

Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) – один из наиболее эффективных способов повышения эффективности производства: снижения трудоемкости выпускаемой продукции и повышения конкурентоспособности предприятия.

Целями создания АСУ ТП являются:

- повышение качества выпускаемой продукции;
- повышение производительности технологического оборудования;
- повышение надежности и ремонтпригодности технологического оборудования;
- снижение трудоемкости технологических операций;
- снижение энергоемкости выпускаемой продукции;
- синхронизация с другими технологическими комплексами.

Однако системы автоматизации являются сложными системами с множествами подсистем, со сложной структурой комплекса технических средств и программного обеспечения. Проектирование, интеграция и сопровождение таких систем невозможно без применения специализированного программного обеспечения.

При проектировании АСУ ТП первоначально необходимо определить перечень автоматизируемых функций и входных/выходных сигналов и данных

Перечень автоматизированных функций определяется на основе технологической схемы и сформированного общего перечня функций, реализуемых технологическим оборудованием. Определение вида автоматизированной функции – это определение принципа, способа реализации частной задачи автоматизации. После определения, какие функции технологического процесса необходимо автоматизировать составляется перечень оборудования подлежащего автоматизации (Таблица 1).

Таблица 1. Перечень оборудования, подлежащего автоматизации

| № | Наименование технологического оборудования | Автоматизируемая функция  |
|---|--|---|
|   | Конвейер                                   | 1. Включение/отключение конвейеров<br>2. Контроль схода ленты<br>3. Контроль скорости<br>4. Контроль перегрузки |
|   | ИК-излучатели                              | 1. Включение/отключение ИК-излучателей<br>2. Контроль температуры<br>3. Контроль влажности продукта             |

Для дальнейшей разработки автоматизированной системы необходимо составить перечень входных/выходных сигналов и данных (Таблицы 2, 3). При составлении перечня указываются:

- наименование измеряемой величины и сигнала;
- источник сигнала;
- диапазон изменения технологического параметра;
- точность представления технологического параметра;
- тип сигнала.

Таблица 2. Перечень входных сигналов

| № п/п | Наименование измеряемой величины, сигнала | Источник сигнала                          | Диапазон изменения параметра | Точность представления параметра | Тип сигнала | Имя переменной  | Тип переменной |
|-------|---|---|------------------------------|----------------------------------|-------------|-----------------|----------------|
|       | Конвейер1 включен                         | Датчик движения/положения БТП-211         | true/false                   | -                                | 24VDC       | KonveierOn      | BO<br>OL       |
|       | Контроль схода ленты                      | Датчик контроля схода ленты INNOLevel BMS | true/false                   | -                                | 24VDC       | KonveierSh<br>L | BO<br>OL       |
|       | Контроль перегрузки конвейера             | Тепловое реле                             | true/false                   | -                                | 24VDC       | KonveierPe<br>r | BO<br>OL       |

|  |                                   |                                  |          |       |           |       |          |
|--|-----------------------------------|----------------------------------|----------|-------|-----------|-------|----------|
|  | Температура в начале сушки        | Термопара ТПП (S)                | 0-100 °C | ±0,5C | 4...20 мА | Temp1 | RE<br>AL |
|  | Температура в конце сушки         | Термопара ТПП (S)                | 0-100 °C | ±0,5C | 4...20 мА | Temp2 | RE<br>AL |
|  | Влажность воздуха на выходе сушки | Датчик влажности FIZEPR-SW100.10 | 5-95%    | ±1%   | 4...20 мА | Damp  | RE<br>AL |

Таблица 3. Перечень выходных сигналов

| № п /п. | Наименование формируемой величины, сигнала | Приемник сигнала               | Диапазон изменения выходного сигнала | Тип сигнала | Имя переменной | Тип переменной |
|---------|--|--------------------------------|--------------------------------------|-------------|----------------|----------------|
|         | Включение конвейера1                       | Магнитный пускатель конвейера1 | true/false                           | 220VAC      | KonveierOn1    | BOOL           |
|         | Включение конвейера2                       | Магнитный пускатель конвейера2 | true/false                           | 220VAC      | KonveierOn1    | BOOL           |
|         | ИК-излучатель включен                      | Магнитный пускатель            | true/false                           | 220VAC      | izluchatelOn   | BOOL           |

Для составления управляющей программы необходимо определить типы переменных и составить идентификаторы переменных, в которых будут храниться значения технологических параметров, в соответствие со стандартом ИЕС 61131-3.

Таким образом при применении радиационного способа сушки совместно с автоматизированной системой управления технологическим процессом значительно повышается производительность сушки за счет быстрого нагрева материала до нужной температуры. А так же происходит уменьшение трудозатрат, так как снижается доля участия человека в процессе сушки.

#### Список литературы

1. Пьявченко Т.А., Финаев В.И. Автоматизированные информационно-управляющие системы. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2007. 271 с.
2. Чагин О.В., Кокина Н.Р., Пастин В.В. Оборудование для сушки пищевых продуктов. Иван. хим.-технол. ун-т.: Иваново, 2007. 138 с.