

5. Dotsenko, S.M., Ivanov, S.A., Baranov, S.A. Povyshenie effektivnosti proizvodstva soevoi belkovoï dobavki. Rekomendatsii [Tekst] (Improvement of Soy Protein Additive Production. Recommendations [Text]), Blagoveshchensk, PKI «Zeya», 1999, 16 p.
6. Dotsenko, S.M., Ivanov, S. A. Povyshenie effektivnosti raboty tekhnologicheskikh linii po proizvodstvu soevykh kormov: rekomendatsii [Tekst] (Improvement of Efficiency of Soy Fodder Processing Lines. Recommendations [Text]), Blagoveshchensk [b. i.], 2000, 43 p.
7. Dotsenko, S.M., Ivanov, S.A., Morozova, E.I. Tekhnologicheskaya liniya po proizvodstvu belkovogo komponenta [Tekst] (Protein Component Processing Line [Text]), *Kombikorma*, No 3, 2002, p.21.
8. Dreiner, N., Smit, G. Prikladnoi regressiionnyi analiz [Tekst] (Application Regression Analysis [Text]), M., Izd-vo Finansy i statistika, 1987, 349 p.
9. Zhislin, Ya.M. Oborudovanie dlya proizvodstva kombikormov, obogatitel'nykh smesei i premiksov [Tekst] (Mixed Fodder, Enrichment Mixture, Premix Manufacturing Equipment [Text]), M., Izd-vo Kolos, 1981, 200 p.
10. Zaitseva, M.A., Neretina, E.A. Ispol'zovanie soevogo belkovogo produkta v granulirovannykh kormakh dlya ryb (Use of Soy Protein Product in Granulated Feed for Fish Feeding), Agrarnye problemy nauchnogo obespecheniya Dal'nego Vostoka, sb.nauch.tr. po mater. nauchn.-prakt. konf., posvyashchennoi 45-letiyu sozdaniya Vserossiiskogo NII soi. (g. Blagoveshchensk, 9 – 10 aprelya 2013 g.), v 2 t., Blagoveshchensk, GNU VNII soi, T.2, PP. 50 – 52.
11. Kalinovskaya, O. Pokrytie granulirovannykh kombikormov dlya ryb zashchitnoi plenкой (Covering Granulated Mixed Fodder for Fish Feeding with Protective Film), O. Kalinovskaya, E. Gulida, V. Chernyavskii, T. Lukashevich, *Mukomol'no-elevatornaya promyshlennost'*, 1970, No 3, PP.26–28.
12. Povyshenie effektivnosti prigotovleniya granulirovannykh kormovykh smesei dlya ryb s ispol'zovaniem soevogo komponenta: monografiya (Improvement of Procession of Granulated Feed Mixture for Fish Feeding with the Help of Soy Component: Monograph), S. M. Dotsenko, V. V. Samuilov, M. A. Zaitseva, E. A. Neretina, Blagoveshchensk, Dal'GAU, 2015, 218 p.

УДК 631.365

ГРНТИ 55.57.39

**Самарина Ю.Р., канд. техн. наук, доцент; Щегорец О.В., д-р с.-х. наук, профессор;
Жирнов А.Б., д-р техн. наук, профессор; Епифанцев В.В., д-р с.-х. наук, профессор;
Якименко А.В., канд. техн. наук, доцент; Капустина Н.А., магистрант**

Дальневосточный государственный аграрный университет,

г. Благовещенск, Амурская область, Россия

E-mail: uoup_dalgau@mail.ru; ursa1980@mail.ru

СУШКА КОРМОВОГО МАТЕРИАЛА РАЗЛИЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Качество и объем производимой продукции зависит от множества факторов. Одним из них является грамотное полнорационное кормление животных, обеспечить которое в течение всего года в некоторых случаях не представляется возможным. Поэтому основной задачей является сохранения полноценного рациона в осенне-зимний период. Предлагаемая технологическая линия подготовки многокомпонентных кормовых смесей к длительному хранению позволит обеспечить полный рацион кормления животных как в летний, так и в зимний периоды. Основным и неотъемлемым этапом данного процесса является сушка. Главной задачей при совершенствовании технологий сушки кормовых продуктов является уменьшение длительности процесса и, как следствие, снижение энергетических затрат. В связи с этим актуальным является проведение исследований, направленных на повышение эффективности использования камерных терморрадиационных сушилок периодического действия. Действие облучательных инфракрасных установок основано на поглощении инфракрасного излучения обрабатываемыми материалами

или изделиями и на превращении поглощенной лучистой энергии в теплоту, используемую для нагревания этих материалов или изделий в технологических целях. Молекулы воды, находящиеся в продукте, поглощают инфракрасные лучи и нагреваются. То есть, в отличие от всех других видов сушки, энергия подводится непосредственно к воде продукта, чем достигается высокое КПД. Анализ экспериментальных исследований показал, что одной из возможностей совершенствования технологического процесса сушки является сочетание терморрадиационного и конвективного способов подвода тепла в сушильную камеру. Проведенные исследования показывают, что использование конвекции в процессе сушки значительно снижает длительность процесса, уменьшает энергозатраты и максимально сохраняет питательные свойства корма.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: КОРМОВОЙ МАТЕРИАЛ, ВЛАЖНОСТЬ КОРМОВОГО МАТЕРИАЛА, ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ, РЕЖИМЫ СУШКИ

UDC 631.365

Samarina Yu.R., Cand. Tech. Sci., Associate Professor;

Shchegorets O.V., Dr Tech. Sci., Professor;

Zhirnov A.B., Dr Tech. Sci., Professor; Epifantsev V.V., Dr Agr. Sci., Professor;

Yakimenko A.V., Cand. Tech. Sci., Associate Professor;

Kapustina N.A., Undergraduate Student

Far Eastern State Agrarian University,

Blagoveshchensk, Amur Region, Russia

E-mail: uoup_dalgau@mail.ru; ursa1980@mail.ru

DRYING OF FEED MATERIAL OF VARIOUS HUMIDITY BY MEANS OF INFRARED EMISSION

Quality and volume of the product manufactured depends on many of factors. One of them is competent and balanced feeding of animals which is not possible to ensure in some cases during the whole year. That is why the main task is preservation of a balanced menu during the autumn and winter period. The technological line of preparation of multi-component feed mixtures to long-term storage will make it possible to ensure animals balanced feeding both in the summer and winter periods. Drying is the basic and integral stage of this process. Reduction of process time and, as a consequence, reduction of energy costs is the main task in improvement of technologies of feed products drying. Due to it performance of researches, aimed at increase of effectiveness of usage of chamber batch action radiant heating ovens, is of current importance. Effect of illuminating infrared installations is based on infrared absorption by process materials or items and on transformation of absorbed radiation energy into warmth used for heating this materials or items in the technological aims. Water molecules, contained in the product, absorb infrared rays and heat up. That is to say, unlike all other types of drying, the energy is delivered straightforward to water of the product, in this way high coefficient of efficiency is achieved. Analysis of experimental researches has displayed that combination of thermo-radiation and convectional ways of heat delivery to the drying oven is one of possibilities of improvement of drying technological process. Researches performed have displayed that usage of convection in the drying process considerably decrease process time, reduce energy costs and save nutritive properties of the fodder to the maximum.

KEY WORDS: FEED MATERIAL, FEED MATERIAL HUMIDITY, TECHNOLOGY OF DRYING, DRYING SCHEDULES.

Все влажные кормовые материалы, которые можно подвергнуть сушке, делятся на

три вида. Это коллоидные, капиллярнопористые и коллоидные капиллярнопористые

тела. Для каждого из них имеются свои особенности во время сушки. С этим связан тот факт, что при описании кинетики процесса они рассматриваются отдельно.

Методы сушки различаются способами подвода теплоты. В сушильной технике применяются конвективный, кондуктивный (либо контактный), термоизлучением (при помощи инфракрасных лучей) и токами высокой и сверхвысокой частоты.

В кормопроизводстве применяются разнообразные сушилки. Конструкции сушильных установок должны, прежде всего, обеспечить равномерный нагрев при сушке кормового материала и постоянном контроле его температуры и влажности.

Сушилки должны иметь достаточно высокую производительность, при этом должны быть экономичными по удельным расходам теплоты, электроэнергии, иметь возможно меньшую металлоемкость [2].

Современные сушилки должны быть универсальны в части возможности сушки различных кормовых материалов.

Энергоподвод к объекту сушки в электромагнитном поле способствует значительной интенсификации процесса, повышению качества продукта и создает благоприятные условия для автоматизации производства. Наиболее перспективен для сушильных установок энергоподвод в электромагнитном поле инфракрасного диапазона (ИК) в терморadiационных установках.

Расчеты сушильных установок, в том числе расчеты по расходу электроэнергии, представлены в работах Н.Е. Федорова, О. Кришера, П.С. Куца, Д.М. Левина, В. В. Мешкова, В.И.Муштаева, П.Д. Лебедева.

В предлагаемых сушильных установках совмещен терморadiационный и конвективный способы сушки. Введение конвекции в терморadiационный процесс сушки значительно сокращает время сушки. Структурно-логическая схема данного способа сушки приведена на рисунке 1.1 [3].

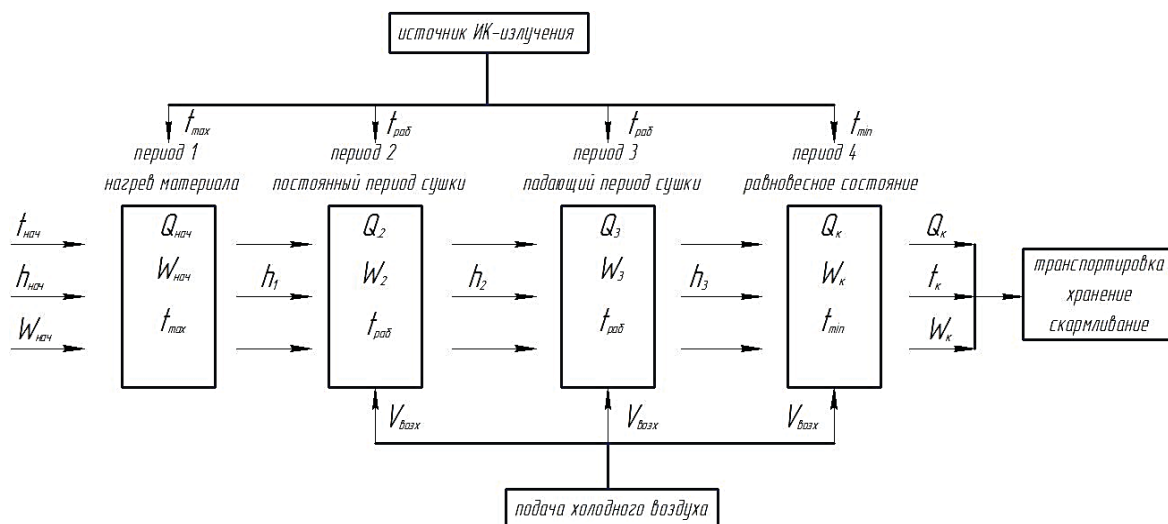


Рис.1.1. Структурно-логическая схема предлагаемой технологии терморadiационной сушки кормового продукта.

Согласно данной схемы, определены конструктивно-режимные параметры сушильной установки.

Производительность сушильной установки по массе материала:

$$W_{yc} = g_m / \tau \quad (1)$$

W_{yc} – производительность сушильной установки, кг/ч; g_m – масса влажного материала, кг; τ – длительность процесса сушки, ч.

Производительность сушильной установки:

$$W_{yc} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \quad (2)$$

С учетом того, что первый и четвертый период сушки отличаются незначительной длительностью процесса, то их можно не учитывать, соответственно уравнение 2 примет вид:

$$W_{yc} = W_2 + W_3 \quad (3)$$

С учетом уравнения 3 при проектировании сушильных установок можно условно ограничиться двумя сушильными камерами.

Расход электроэнергии на сушку кормового материала (Вт) определяется по следующей формуле:

$$\Xi = \frac{EF}{\eta u a} \quad (4)$$

где E – плотность облучения – плотность лучистого потока по облучаемой поверхности, Вт/м²; F – площадь облучаемой поверхности в сушилке, м²; η – энергетический КПД источника излучения, обычно принимается равным 0,7 – 0,75 [1]; u – коэффициент эффективности источника излучателя, зависящий от степени заполнения облучаемыми изделиями пространства и от отношения длины камеры l_k к расстоянию от ламп до облучаемой поверхности h ; в практических расчетах коэффициент изменяется в пределах 0,7 – 0,85 [1]; a – коэффициент многократных отражений: камеры, поверхности облучения изделий и доли потока, отраженного камерой; в практических расчетах коэффициент принимается в пределах 1,07 – 1,09 [1].

Плотность лучистого потока по облучаемой поверхности E равна

$$E = \frac{\bar{S} \cdot \alpha (t - t_a)}{A} \quad (5)$$

где $\bar{S} = S / S_0$ – отношение площадей полной поверхности и облучаемой поверхности, которое при одностороннем облучении равно $\bar{S} = 2$; α – суммарный коэффициент конвективной теплоотдачи, Вт/(м²К); t, t_a – температуры облучаемой поверхности и окружающей среды, °С; A – коэффициент поглощения излучения облучаемым телом.

Площадь облучаемой поверхности в сушильной установке находится по формуле

$$F = w b \tau \quad (6)$$

где w – скорость конвейера, м/мин; b – ширина высушиваемого слоя в м; τ – длительность сушки, ч.

Скорость конвейера определяется из уравнения

$$w = \frac{L_k}{\tau \cdot 60} \quad (7)$$

где L_k – длина конвейера, м.

Длина конвейера L_k (м) сушильной установки рассчитывается по формуле

$$L_k = \frac{G_2 \tau}{N \cdot 24 g_k^m} \quad (8)$$

где $\frac{G_2}{N \cdot 24}$ – вместимость одной сушильной камеры по высушиваемому материалу, кг; G_2 – масса облучаемого материала, кг/с; N – число сушильных камер; g_k^m – масса высушенного материала, приходящаяся на 1 м длины конвейера, кг/м; τ – длительность сушки, ч.

Подставляя в формулу 4. все раскрытые значения параметров, получим уравнение в развернутом виде для расчета электроэнергии на сушку кормового материала в сушильной установке с инфракрасным излучением

$$\Xi = \frac{\bar{S} \cdot \alpha (t - t_a) \cdot w \cdot b \cdot \tau}{A \cdot \eta \cdot u \cdot a} \quad (9)$$

Анализируя приведенную зависимость, можно установить, что расход электроэнергии на производство тепла на радиационную сушку увеличивается с повышением разности температур облучаемой поверхности и окружающей ее среды, с увеличением суммарного коэффициента теплоотдачи, с увеличением отношения площадей S с уменьшением коэффициента A поглощения тепла облучаемой поверхностью, зависящего от расположения излучателей в сушильной установке.

На основании экспериментальных исследований использования инфракрасной сушильной установки были определены основные факторы, влияющие на изменение качественных и количественных показателей исследуемого процесса. К ним относятся следующие факторы: $W_{нач}$ и $W_{к}$ – начальная и конечная влажность кормового продукта, %; τ – длительность сушки, мин; $V_{возд}$ – интенсивность подачи воздуха, м/мин [3].

При сушке кормового материала начальной влажностью менее 25% предлагается использование сушильной установки, представленной на рисунке 1.2.

Схема инфракрасной сушильной установки с прямым расположением транспортера приведена на рисунке 1.2.

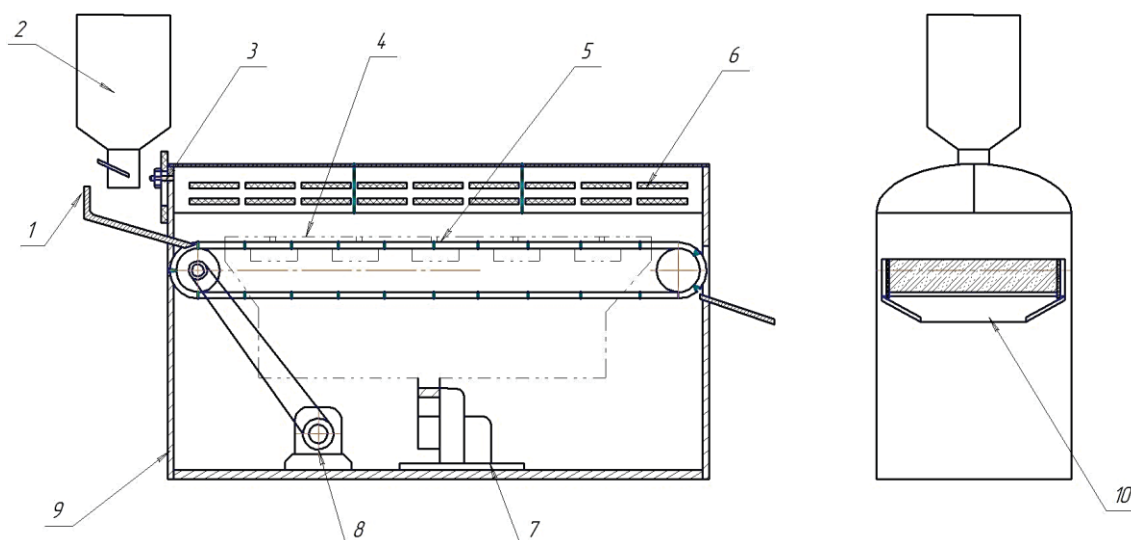


Рис. 1.2. Терморadiационная сушильная установка с прямым расположением транспортера:
 1 – загрузочный лоток; 2 – накопительный бункер; 3 – заслонка уровня насыпки; 4 – воздушные каналы; 5 – транспортерная лента; 6 – инфракрасные нагревательные элементы; 7 – вентилятор; 8 – двигатель; 9 – рама; 10 – выгрузной лоток

Принцип действия данной установки заключается в следующем: из накопительного бункера 2 кормовой материал поступает на загрузочный лоток 1, где равномерно распределяется с помощью заслонки 3 и подается на транспортерную ленту 5. Попадая в рабочую камеру, кормовой материал нагревается под воздействием длинноволновых инфракрасных нагревательных элементов 6. Нагрев инфракрасными лучами кормового материала происходит в течение нескольких секунд. Одновременно через систему воздухопроводов 4 происходит охлаждение поверхности кормовой материал потоком воздуха, создаваемого вентилятором 7. Скорость обдува может меняться в пределах от 10 до 30 м/мин. За счет обдува поверхности влага начинает перемещаться к поверхности, что увеличивает скорость сушки в 2 раза. Высушенный кормовой материал высыпается на выгрузной лоток 10 после чего упаковывается в мешки.

Привод транспортера 5 осуществляется от электродвигателя 8 через ременную передачу [4]. Если начальная влажность превышает 25%, то рекомендуется каскадный способ сушки (рис. 1.3).

Принципиальная технологическая схема терморadiационной сушильной уста-

новки заключается в том, что сушка кормового материала осуществляется ступенчато в двух камерах.

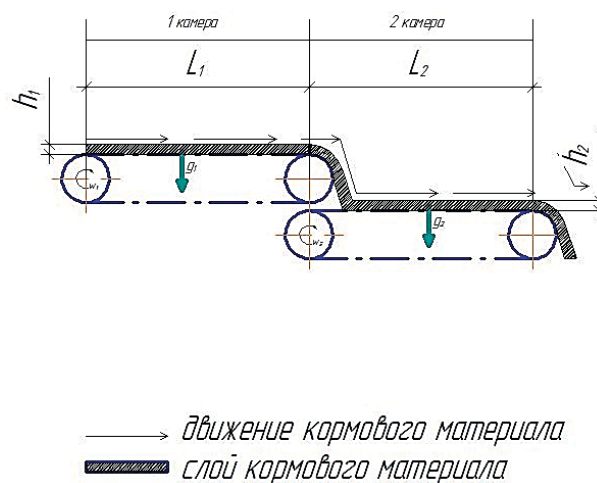


Рис. 1.3. Схема процесса сушки каскадной сушильной установки

При поступлении кормового материал в первую рабочую камеру используется максимальная мощность нагревательных элементов инфракрасного излучения с одновременным охлаждением поверхностного слоя, что приводит к резкому снижению первоначальной влажности.

Процесс сушки, протекающий во второй камере, характеризуется значительным

снижением интенсивности испарения влаги с поверхности кормового материала, температура нагревателя которого не должна превышать 60°C.

Продолжительность первого и второго периода регулируется скоростью движения транспортерных лент, мощностью ИК-излучателей, интенсивностью подачи охлаждающего воздуха. Данные регулировки осуществляются с помощью ременных передач

через шкивы различных диаметров, термодатчиками температуры излучателей, наличием регулировочных заслонок подачи воздуха.

Предлагаемая технология каскадного типа позволяет сушить кормовые материалы различные по физико-механическим свойствам в широком диапазоне начальной влажности от 60 до 18%.

Список литературы

1. Атаназевич, В.Н. Сушка зерна / В.Н.Атаназевич. – М.: Лабиринт, 1997. – 329 с.
2. Обоснование параметров и режимов сушки инфракрасной сушильной установки / Ю.Р. Самарина, А.В. Якименко, Т.Я. Самарина, И.В. Бумбар // Техника и оборудование для села. – 2012. – № 12. – С. 20-23.
3. Щитов, С.В. Обоснование технологии подготовки кормов к длительному хранению / С.В. Щитов, Ю.Р. Самарина Ю.Р., А.Ф. Гудкин, А.В. Якименко // Дальневосточный аграрный вестник. – 2016. – № 4 (40). – С. 174-183.
4. Щитов, С.В. Обоснование конструктивно-режимных параметров инфракрасной сушильной установки / С.В. Щитов, Ю.Р. Самарина Ю.Р., Т.А. Краснощекова, Р.Л. Шарвадзе, Н.А. Капустина // Дальневосточный аграрный вестник. – 2016. – № 4 (40). – С. 183-190.

Reference

1. Atanazevich, V.N. Sushka zerna [Tekst] (Grain Drying [Text]), V.N. Atanazevich, M., Labirint, 1997, 329 p.
2. Obosnovanie parametrov i rezhimov sushki infrakrasnoi sushil'noi ustanovki (Justification of Parameters and Modes of Drying Infrared Drying Installation), Yu.R. Samarina [i dr.], *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2012, No 12, PP. 20-23.
3. Shchitov, S.V. Obosnovanie tekhnologii podgotovki kormov k dlitel'nomu khraneniuyu (Substantiation of the Technology of Preparation of Feed for Long-Term Storage), S.V. Shchitov [i dr.], *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2016, Vyp. 4 (40), PP. 174-183.
4. Shchitov, S.V. Obosnovanie konstruktivno-rezhimnykh parametrov infrakrasnoi sushil'noi ustanovki (Substantiation of Constructive-Regime Parameters of the Infrared Dryer), S.V. Shchitov [i dr.], *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2016, Vyp. 4 (40), PP. 183-190.

УДК 631.36
ГРНТИ55.57.39

Смолянинов Ю.Н., науч. сотр.,

Дальневосточный научно-исследовательский институт механикации и электрификации сельского хозяйства,
г Благовещенск, Амурская область, Россия,
E-mail: dal-agris@mail.ru

СОСТОЯНИЕ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗАЦИИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ

В статье обоснована необходимость коренных изменений технологического и технического обеспечения отрасли послеуборочной обработки, сушки и хранения зерна. Определены направления совершенствования технологии послеуборочной обработки зерновых культур и сои. Разработана структурная схема выполнения технологических процессов, которая позволяет применять гибкие технологии с учетом состояния поступающего с поля зернового вороха и требований к качеству конечного продукта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПОСЛЕУБОРОЧНАЯ ОБРАБОТКА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР, ХРАНЕНИЕ ЗЕРНА, СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА, ДАЛЬНИЙ ВОСТОК