

CALCULATION OF PIPES SINGLE FORCED CONVECTION

V. Gorobets

Annotation. Using the method of calculation of heat transfer in pipe channels for thenoniso thermal surface the numerical calculation of heat transfer for single tube is conducted and distributions of local heat transfer coefficient in tube channel are received. A comparison the results of numerical calculation with the results of calculation using of simplified modalities is conducted and the errors that occur is found.

Key words: heat transfer, temperature gradient, noniso thermal, heat transfer coefficient, single tube

УДК 621.3: 636.5

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ИЛИ ЭКОНОМИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНАЯ КОМБИНИРОВАННАЯ ИНФРАКРАСНАЯ И КОНДУКТИВНАЯ СУШКА ДВИЖУЩИХСЯ СЫПУЧИХ КОРМОВ

*А.В. Дубровин, доктор технических наук
e-mail: dubrovin1953@mail.ru*

Аннотация. Разработана комбинированная инфракрасная и кондуктивная установка для сушки сыпучих кормов. Производство осуществляется в автоматизированном режиме по технико - экономическому критерию.

Ключевые слова: комбинированная инфракрасная и кондуктивная сушка, информационные технологии, автоматизация технологических процессов, эффективность производства, технико-экономический параметр

Экономический критерий является всеобъемлющим показателем эффективности производства продукции. Его правильное применение требует достаточно точного учёта хотя бы основных общеизвестных его составляющих, наиболее сильно влияющих на результативность конкретного технологического процесса. Однако в практике управления, например, процессом

комбинированной инфракрасной и кондуктивной сушки движущихся сыпучих кормов до сих пор необоснованно не применяется.

Известны способ и устройство экономичной транспортировки птичьих яиц магистральным транспортером птицефабрики. Устанавливается такое значение скорости движения ленты транспортера, при котором обеспечивается наименьшая на данный момент времени сумма затрат от расчётной потери стоимости поврежденных при транспортировке яиц и на электроэнергию для электропривода транспортера [1]. Известно техническое решение энергосберегающего обеззараживания кормов и продуктов животноводства и птицеводства. Имеется информация о требуемых дозах облучения и о массах обеззараживаемых продуктов. Определяется необходимое напряжение питания ускорителя электронов. В зависимости от массы продукта корректируют режим облучения каждого продукта при поступлении его в зону облучения [2]. Известно техническое решение экономически оптимального и энергетически рационального режима обеззараживания кормов и других продуктов пучками быстрых электронов. Автоматически определяется экономический минимум суммы стоимостей потерь обеззараживаемой продукции и эксплуатационных энергетических затрат на облучение и на транспортировку кормов и других продуктов сельского хозяйства. [3]. При длительном хранении (более 4...5 часов) пророщенного зерна влажностью 50...60% оно начинает покрываться плесенью и гнить. Поэтому его необходимо скормить, в первые же часы после его проращивания. Для продления срока хранения пророщенного зерна его необходимо высушить до относительной влажности 14% [4]. Известен процесс комбинированного нагрева зёрен сои, причём сверху в зёрнам теплота доставляется в форме инфракрасной лучистой энергии, а снизу – происходит прямой, контактный, кондуктивный нагрев транспортёрной ленты, перемещающей зёрна сои через зоны такой комбинированной сушки [5].

Цель исследований – разработка технических решений комбинированной инфракрасной и кондуктивной сушки движущихся сыпучих кормов для автоматизации управления технологическими процессами в птицеводстве по хозяйственному признаку (по экономическому критерию).

Материалы и методика исследований. Для режима непосредственного кормления животных и птицы устанавливается такое технологически наилучшее количественное сочетание абсолютных значений мощностей комбинированной сушки за счёт ИК облучения и кондуктивного нагрева сыпучих кормов, при котором обеспечивается наименьшая на данный момент времени сумма затрат от расчётной потери стоимости потерь продукции и затрат из-за потери качества кормов в результате их чрезмерного облучения и перегрева. Для режима последующего хранения сыпучих кормов устанавливается такое экономически наилучшее значение мощности комбинированной ИК и кондуктивной сушки сыпучих кормов, при котором обеспечивается наименьшая на данный момент времени сумма затрат от расчётной потери стоимости потерь продукции и затрат из-за потери их

качества в результате их чрезмерного облучения и перегрева, а также эксплуатационных энергетических затрат.

Результаты исследований. Задают диапазон требуемых для данного вида высушиваемого сыпучего корма значений мощности ИК излучения, которые были установлены заранее при испытаниях по сушке опытных партий сыпучих кормов. Задают диапазон требуемых для данного вида высушиваемого сыпучего корма значений мощности кондуктивного нагрева, значение которой было установлено заранее при испытаниях по сушке опытных партий сыпучих кормов. Обогревают высушиваемый сыпучий корм сверху ИК излучением, снизу – кондуктивным нагревом теплопроводящей ленты транспортёра, а также его ведущих катков, или одного из них. Энергия, затрачиваемая на сушку материала, обратно пропорциональна температуре высушиваемого материала и прямо пропорциональна его относительной влажности. Таких экспериментальных сведений имеется множество, однако отсутствует объединяющее их начало в виде нового способа управления наилучшей сушкой сыпучих кормов по принятым признакам оптимизации. Следует учесть, что выдавленная из материала кормов влага под воздействием комбинированного нагрева, должна уходить из зоны сушки с отводящимся воздухом. Сушка подаваемого материала станет тем лучше по качеству и тем энергетически результативнее, чем теплее, суше и быстрее будет вентилируемый воздух, уносящий вредные продукты процесса сушки.

При подаче продуктов на установку для сушки надо корректировать режим ИК облучения и кондуктивного нагрева в зависимости от массы, температуры и относительной влажности сыпучих кормов, от тепловых свойств принудительно вентилируемого воздуха в камере сушки. Следует искусственно сформировать по величине аргумента суммы мощностей ИК излучения и кондуктивного нагрева функциональные зависимости расчётных будущих затрат от потерь продуктивности животных и птицы из-за их кормления при сильной зараженности сыпучих кормов микрофлорой в отсутствие комбинированного обогрева или при его малых уровнях. Необходимо знать зависимости затрат от потерь продуктивности животных и птицы из-за чрезмерно сильного комбинированного нагрева кормов одновременно ИК излучением и кондуктивным нагревом, когда высокая температура воздействует на клеточную структуру биомассы сыпучих кормов. Первая из этих зависимостей нелинейно убывает с ростом суммарной мощности сушки, начинаясь с определенного заранее известного по результатам измерений санитарно-гигиенических свойств материалов, поступающих на тепловую сушку, уровня зараженности биоматериала грибами и прочей микрофлорой. Вторая зависимость нелинейно возрастает, начинаясь с минимального значения порога ИК облучённости и контактного нагрева, достаточного для появления первых необратимых изменений в биологических продуктах растительного происхождения. Допустимый уровень затрат на расчётные потери продукции животноводства и птицеводства из-за таких изменений свойств сыпучих кормов определяется в конкретных опытных работах. Если кормление животных и птицы необходимо производить сразу после сушки

сыпучих кормов, то важнейшим признаком эффективности кормления высушенными кормами является только первая сумма указанных потерь стоимостей продукции животноводства и птицеводства. Эта сумма двух указанных зависимостей есть первая целевая функция оптимизации, а её минимум соответствует технологически наилучшей суммарной мощности сушки для достижения наилучшей продуктивности поголовья при всех прочих равных условиях.

Для учёта энергетики процесса сушки, что важно для последующего процесса хранения высушенных влажных и при этом обсеменённых бактериями сыпучих кормов, следует также сформировать аналогичные дополнительные зависимости затрат на электроэнергию для транспортировки сыпучих кормов и для их ИК облучения и контактного нагрева от суммарной мощности ИК излучения и кондуктивного нагрева, т.е. в зависимости от суммарной мощности комбинированной сушки. Третья зависимость затрат на транспортировку сыпучих кормов есть постоянная величина при постоянной скорости движения рабочего органа транспортёров и при неизменном массовом расходе сыпучих кормов по времени. Она пропорциональна скорости движения рабочих органов транспортёров и подаче сыпучих кормов. Четвёртая зависимость затрат на электроэнергию для собственно комбинированной сушки линейно возрастает с ростом суммарной мощности ИК излучения и контактного нагрева. Причём рост энергозатрат на сушку тем больше, чем меньше температура и чем больше относительная влажность подаваемых на сушку сыпучих кормов. При необходимости экономить энергию на сушку сыпучих кормов следует полученные четыре функции затрат сложить в диапазоне изменения искусственно сформированного сигнала суммарной мощности ИК излучения и контактного нагрева и найти минимум этой второй суммы, или второй целевой функции оптимизации (рис. 1): P – суммарная мощность ИК излучения и контактного нагрева при комбинированной сушке сыпучих материалов и при одном постоянном значении скорости их подачи в зону сушки с постоянной производительностью по времени, Вт; $(P_{\text{технол}}^{\text{макс}} - P_{\text{технол}}^{\text{мин}})$ – нормативно задаваемый технологический диапазон суммарных мощностей сушки соответствующего материала определённого вида, Вт; ΔPr – стоимость расчётных потерь продуктивности животных и птицы из-за повышенной влажности (микрофлора, грибок и т.п.) и из-за пересушки (потери витаминов и влаги, разрушение белковых молекул и т.п.) потребляемых сыпучих кормов, руб./ед. времени; Z – экономические (хозяйственные) затраты, руб./ед. времени; $\Delta Pr_{\text{влажн}}$ – стоимость потерь продуктивности только из-за повышенной влажности, руб./ед. времени; $\Delta Pr_{\text{перегрев}}$ – стоимость потерь продуктивности только из-за пересушки (из-за перегрева), руб./ед. времени; $\Delta Pr_{\text{технол}}$ – стоимость суммарных потерь продуктивности животных и птицы из-за некондиционных кормов, руб./ед. времени; с ростом температуры T_k подаваемых на сушку сыпучих кормов сушка ускоряется; с ростом относительной влажности B_k подаваемых на сушку сыпучих кормов сушка замедляется; с ростом температуры вентиляционного воздуха T_v в камере сушки сушка ускоряется; с уменьшением относительной влажности

вентиляционного воздуха V_B в камере сушки сушка ускоряется; с ростом скорости движения вентиляционного воздуха V_B в камере сушки сушка ускоряется; $Z_{\text{энерг1}}$ – затраты на суммарную энергию теплового ИК облучения и кондуктивного нагрева высушиваемых кормов при высокой температуре и низкой влажности подаваемых на сушку кормов, руб./ед. времени; $Z_{\text{энерг2}}$ – затраты на суммарную энергию теплового ИК облучения и кондуктивного нагрева высушиваемых кормов при низкой температуре и высокой влажности подаваемых на сушку кормов, руб./ед. времени; $Z_{\text{эк1}}$ – суммарные тепловые затраты на сушку и от потерь продуктивности при высокой температуре и низкой влажности подаваемых на сушку кормов, руб./ед. времени; $Z_{\text{эк2}}$ – суммарные тепловые затраты на сушку и от потерь продуктивности при низкой температуре и высокой влажности подаваемых на сушку кормов, руб./ед. времени; $P_{\text{технол}}^{\text{опт}}$ – технологически оптимальная суммарная мощность сушки, при которой стоимость потерь продуктивности животных и птицы $\Delta Pr_{\text{технол}}^{\text{мин}}$ в результате потребления высушенных кормов наименьшая, Вт; $P_{\text{эк1}}^{\text{опт}}$ – экономически оптимальная суммарная мощность сушки, при которой сумма стоимости потерь продуктивности животных и птицы в результате потребления высушенных кормов при высокой температуре и низкой влажности подаваемых на сушку кормов и затрат энергии на комбинированную сушку $Z_{\text{экон1}}^{\text{мин}}$ наименьшая, Вт; $P_{\text{эк2}}^{\text{опт}}$ – экономически оптимальная доза облучения, при которой сумма стоимости потерь $Z_{\text{экон2}}^{\text{мин}}$ продуктивности животных и птицы в результате потребления высушенных кормов при низкой температуре и высокой влажности подаваемых на сушку кормов и затрат энергии на комбинированную сушку наименьшая, Вт; ΔPr_1 – дополнительные потери продуктивности из-за отклонения режима облучения $P_{\text{эк1}}^{\text{опт}}$ от технологически оптимального $P_{\text{технол}}^{\text{опт}}$ в результате стремления сэкономить затраты на электроэнергию для сушки $\Delta Z_{\text{энерг1}}$, руб./ед. времени; ΔPr_2 – дополнительные потери продуктивности из-за отклонения режима облучения $P_{\text{эк2}}^{\text{опт}}$ от технологически оптимального $P_{\text{технол}}^{\text{опт}}$ в результате стремления сэкономить затраты на электроэнергию для сушки $\Delta Z_{\text{энерг2}}$, руб./ед. времени; $\Delta Pr_{\text{технол}}(P_{\text{технол}}^{\text{опт}}) + Z_{\text{энерг1}}(P_{\text{технол}}^{\text{опт}})$ – суммарные затраты от потерь продуктивности и на энергию для комбинированной сушки в технологически наилучшем режиме сушки $P_{\text{технол}}^{\text{опт}}$ при высокой температуре и низкой влажности подаваемых на сушку кормов, руб./ед. времени; $\Delta Pr_{\text{технол}}(P_{\text{технол}}^{\text{опт}}) + Z_{\text{энерг2}}(P_{\text{технол}}^{\text{опт}})$ – суммарные затраты от потерь продуктивности и на энергию для комбинированной сушки в технологически наилучшем режиме сушки $P_{\text{технол}}^{\text{опт}}$ при низкой температуре и высокой влажности подаваемых на сушку кормов, руб./ед. времени; $\Delta Pr_{\text{сушки}}$ – наибольший технологический выигрыш при переходе от нормативного управления сушкой в *нормативном* технологическом диапазоне доз облучения ($P_{\text{технол}}^{\text{макс}} - P_{\text{технол}}^{\text{мин}}$) к инновационному точному *технологическому* управлению режимом сушки $P_{\text{технол}}^{\text{опт}}$, руб./ед. времени; $\Delta Z_{\text{экон1}}$ – снижение суммарных потерь продуктивности и затрат на энергию сушки при экономически оптимальном управлении при высокой температуре и низкой влажности подаваемых на сушку кормов по сравнению с технологически наилучшим режимом, руб./ед. времени. Экономия энергии $\Delta Z_{\text{энерг1}}$ на величину снижения суммарных потерь

продуктивности и затрат на энергию сушки $\Delta Z_{\text{экон1}}$ превосходит собственно стоимость дополнительных потерь продуктивности $\Delta \text{Пр}_1$; $\Delta Z_{\text{экон2}}$ – снижение суммарных потерь продуктивности и затрат на энергию сушки при экономически оптимальном управлении при низкой температуре и высокой влажности подаваемых на сушку кормов по сравнению с технологически наилучшим режимом, руб./ед. времени. Экономия энергии $\Delta Z_{\text{энерг2}}$ на величину снижения суммарных потерь продуктивности и затрат на энергию сушки $\Delta Z_{\text{экон2}}$ превосходит собственно стоимость дополнительных потерь продуктивности $\Delta \text{Пр}_2$.

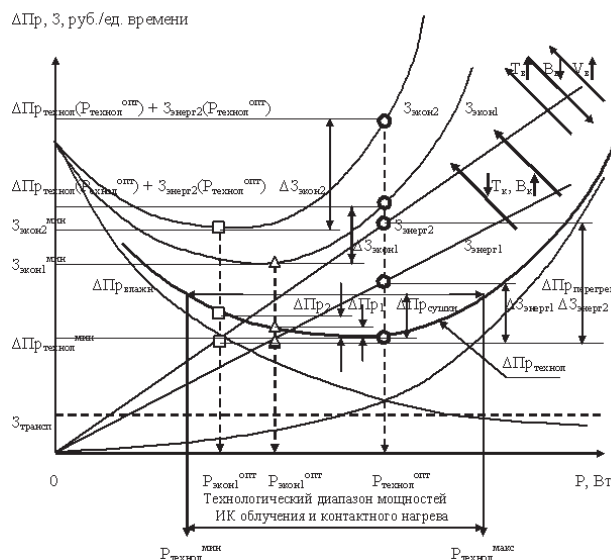


Рис. 1. Иллюстрация осуществления технологически или экономически оптимальной комбинированной ИК и кондуктивной сушки движущихся сыпучих кормов (пояснения в тексте)

Схема устройства дана на рис. 2: 1 – принудительно вентилируемая камера сушки; 2 – регулятор мощности ИК излучения; 3 – регулятор мощности кондуктивного нагрева; 4 – ИК излучатель; 5 – кондуктивный нагреватель; 6 – сыпучие корма в зоне их нагрева; 7 – выходной направляющий раструб; 8 – зона ИК облучения и кондуктивного нагрева в виде участка теплопроводящей транспортёрной ленты по её длине с загруженным на неё слоем сыпучих кормов; 9 – подающий ленту каток транспортёра; 10 – поточный измеритель расхода сыпучих кормов; 11 – задатчик скорости движения ленты; 12 – измеритель скорости движения ленты; 13 – регулятор скорости движения ленты; 14 – задатчик мощности ИК излучения; 15 – задатчик мощности кондуктивного нагрева; 16 – измеритель мощности ИК излучения; 17 – измеритель мощности кондуктивного нагрева; 18 – измеритель температуры T_k подаваемых на сушку сыпучих кормов: с ростом T_k сушка ускоряется; 19 – измеритель относительной влажности V_k подаваемых на сушку сыпучих кормов: с ростом V_k сушка замедляется; 20 – измеритель массового временного расхода подаваемых на сушку сыпучих кормов; 21 – измеритель температуры

вентиляционного воздуха T_v в камере сушки: с ростом T_v сушка ускоряется; 22 – измеритель относительной влажности вентиляционного воздуха V_v в камере сушки: с уменьшением V_v сушка ускоряется; 23 – измеритель скорости движения вентиляционного воздуха V_v в камере сушки, с ростом V_v сушка ускоряется; 24 – блок задатчиков сигналов времени сушки, наименьшей и наибольшей суммарной технологической мощности ИК излучения и кондуктивного нагрева, развёртки суммарной мощности ИК излучения и кондуктивного нагрева во времени, удельных региональных цен на продукцию животноводства и птицеводства, на сыпучие корма и на электроэнергию, формирования суммарного сигнала мощности ИК излучения и кондуктивного нагрева, сигналов периодического изменения значения сформированного суммарного сигнала в диапазоне между технологически допустимыми наименьшим и наибольшим заданными значениями этого сигнала; 25 – блок вычисления в зависимости от значения изменяемого сформированного суммарного сигнала с учётом условий вентиляции воздуха в камере сушки первой суммы затрат на расчётные потери стоимости продукции при кормлении животных и птицы высушенными сыпучими кормами из-за их бактериологической и микробной заражённости и затрат из-за потери их качества в результате их чрезмерного облучения и перегрева, также в зависимости от значения изменяемого сформированного суммарного сигнала, с учётом условий вентиляции воздуха в камере, вычисления второй суммы затрат на расчётные потери стоимости продукции, затрат из-за потери качества кормов в результате их чрезмерного облучения и перегрева, затрат на электроэнергию для ИК излучения, для кондуктивного нагрева, на электроэнергию для электроприводов рабочего органа поточного измерителя расхода сыпучих кормов, затрат электроэнергии на создание условий вентиляции воздуха в камере; 26 – первый орган выбора вида критерия оптимизации режима сушки в виде сигнала переключения разрешения прохождения для дальнейших действий первой или второй вычисленной суммы затрат; 27 – первый двухходовый управляемый ключ выбора последующих процессов для непосредственного кормления поголовья высушенными сыпучими кормами или для хранения высушенных сыпучих кормов по соответственно первой или по второй из пропущенных через него сформированной сумме сигналов; 28 – блок определения соответствующего наименьшему значению выбранной суммы затрат сформированного суммарного сигнала ИК излучения и кондуктивного нагрева сыпучих кормов; 29 – делитель полученного минимального результата расчёта технологически или экономически оптимальной заданной суммарной мощности ИК излучения и кондуктивного нагрева сыпучих кормов пропорционально отношению облучаемой ИК излучением и контактно нагреваемой поверхности частиц сыпучих кормов; 30 – второй двухходовый управляемый ключ для пропуска через него мощности нормативного ИК излучения, либо технологически или экономически оптимального её значения; 31 – третий двухходовый

управляемый ключ для пропуска через него мощности нормативного кондуктивного нагрева, либо технологически или экономически оптимального её значения; 32 – второй орган управления нормативной или технологически и экономически оптимальной комбинированной ИК и кондуктивной сушкой сыпучих кормов.

Блок 25 вычисляет две целевые функции суммарных затрат в зависимости от дозы облучения. Первая из них есть функция суммарных потерь стоимости продуктивности животных и птицы из-за микробов и бактерий в сыпучих кормах при малых суммарных мощностях и из-за перегрева и пережога сыпучих кормов при больших суммарных мощностях. Вторая функция отражает суммарных потери стоимости продуктивности животных и птицы и эксплуатационные энергетические затраты на сушку, на транспортировку и на вентилирование сыпучих кормов в виде их общей суммы. Каждая из этих двух функций попадает на один из двух выходов блока 25. Далее только одна из них пройдёт через выбранный первым органом выбора вида критерия оптимизации режима сушки 26 управляющий вход первого двухвходового управляемого ключа 27.

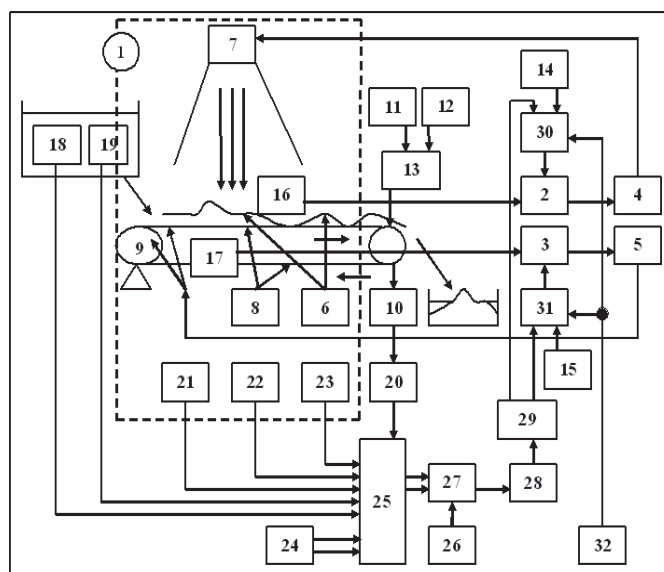


Рис. 2. Функциональная схема устройства технологически или экономически оптимальной комбинированной ИК и кондуктивной сушки движущихся сыпучих кормов (пояснения в тексте)

Блок 28 определяет наименьшее значение выбранной, с помощью органа выбора критерия оптимизации режима сушки 26, целевой функции суммарных затрат, то есть вырабатывает соответствующее этому минимуму оптимальное значение режима сушки по суммарной мощности сушки. При расчётах учитываются температура поступающих на сушку сыпучих кормов с помощью датчика 18, и относительная влажность поступающих на сушку сыпучих кормов с помощью датчика 19. Поэтому с изменением этих входных характеристик сыпучих кормов функционально изменяются как зависимости стоимостей потерь

продуктивности и эксплуатационных затрат на сушку, так и положения технологически и экономически наилучших режимов сушки по величине дозы облучения в виде сигнала требуемого наилучшего значения суммарной мощности на выходе блока 28. Остаётся распределить по значению каждую из мощностей сушки: одна часть суммарной мощности должна превратиться с в ИК излучение верхней части сыпучих кормов, вторая часть суммарной мощности должна быть контактным нагревом опорной поверхности сыпучих кормов, т.е. транспортёрной ленты. Деление суммарной мощности на две неравные части, из-за свойств освещённой и затенённой частей поверхности формы зёрен сыпучих кормов, производится в заранее отрегулированном по результатам натуральных испытаний делителе 29. Например, в процесса тепловой обработки зёрен сои это отношение деления мощностей ИК излучения и кондуктивного нагрева, иначе – отношение освещаемой ИК лучами верхней части зерна и контактирующей с опорной поверхностью транспортёрной ленты нижней части зерна было точно установлено и равно значению «2,6» в терминах плотностей тепловых потоков, что в контексте обсуждаемых в указанной статье [5] и в данном материале проблем никакого принципиального значения не имеет. Поскольку любое устройство всегда можно до предела насытить множеством аттенуаторов, усилителей и т.п., которые не изменяют существа инноваций предлагаемых здесь технических решений.

С помощью второго двухходового управляемого ключа 30 и третьего двухходового управляемого ключа 31 второй орган управления 32 одновременно может навязывать устройству сушки для режима работы: по нормативам ИК излучения и кондуктивного обогрева. Причём второй режим может быть функционально также двойным: первый – технологически наилучшая сушка без учёта теплоты на сушку для немедленного скармливания высушенных сыпучих кормов животным и птице, и для получения их наивысшей при всех прочих равных условиях продуктивности, второй – энергоэкономная экономически наилучшая сушка для продолжения хранения сыпучих кормов с приемлемыми энергетическими затратами [6].

Выводы. Предложенные технические решения имеют широкие возможности в трёх важнейших случаях: когда при наличии избытка электрической энергии и кормов приемлемого качества следует сушить их по принятым нормативам; когда энергия также имеется и есть смысл пойти на незначительный её перерасход по сравнению с нормативным энергопотреблением для технологически наибольшего эффекта; когда энергия в дефиците и приходится её расходовать экономически наилучшим образом, получая при этом корма приемлемого качества. Направляя такие подсушенные корма на дополнительное хранение, производитель продукции животноводства и птицеводства всегда может выбрать время для технологически оптимальной сушки, т.е. при появившемся избытке электроэнергии пойти на её перерасход, но зато получить наивысшую продуктивность животных и птиц.

Список литературы

1. Патент 2414396 Российская Федерация. Способ и устройство экономической транспортировки птичьих яиц магистральным транспортером птицефабрики / Дубровин А.В. и др. – 2011, Бюл. №8.
2. Патент 2521712 Российская федерация. Способ и устройство энергосберегающего обеззараживания кормов и продуктов животноводства и птицеводства / Дубровин А.В. и др. – 2014, Бюл. №19.
3. Патент 2533585 Российская Федерация. Устройство экономичного и энергосберегающего обеззараживания кормов и продуктов животноводства и птицеводства / Дубровин А.В. – 2014, Бюл. №11.
4. Вендин С.В. и др. Определение параметров сушилки пророщенного зерна // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – №1. – С.8–10.
5. Шувалов А.М, Машков А.Н., Чернов Д.С., Калинин В.Ф., К.А. Набатов. Расчёт показателей процесса нагрева зерна сои // Техника в сельском хозяйстве, – 2014. – №6. – С.7–9.
6. Дубровин А.В. Основы автоматизированного управления технологическими процессами в птицеводстве по экономическому критерию / А.В. Дубровин. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: ФГБНУ ВИЭСХ, 2014. – 544 с.

ТЕХНОЛОГІЧНО ТА ЕКОНОМІЧНО ОПТИМАЛЬНЕ КОМБІНОВАНЕ ІНФРАЧЕРВОНЕ І КОНДУКТИВНЕ СУШІННЯ РУХОМИХ СИПКИХ КОРМІВ

О.В. Дубровін

Анотація.. Розроблено комбіновану інфрачервону та кондуктивну установку для сушіння сипких кормів. Виробництво здійснюється в автоматизованому режимі за техніко--економічним критерієм.

Ключові слова: комбіноване інфрачервоне і кондуктивне сушіння, інформаційні технології, автоматизація технологічних процесів, ефективність виробництва, техніко-економічний параметр

TECHNOLOGICALLY OR ECONOMICALLY OPTIMAL COMBINED INFRARED AND CONDUCTIVE DRYING OF BULK LIVE FEED

A. Dubrovin

Abstract. The combined conductive and infrared drying installation for loose forages are designed. Production is carried out in automatic mode according to technological or economic criteria.

Keywords: combined infrared and conductive drying, information technology, automation of technological processes, production efficiency, technical and economic parameters