

Проанализировав полученные экспериментальные [6–8] и расчетные данные, можно отметить, что при использовании частотно-регулируемого электропривода молочного насоса достигается большой диапазон регулирования, высокая экономичность, сохраняется стабильность характеристик, возможность регулирования скорости как вниз, так и вверх от номинального значения [5]. Экономия электроэнергии при использовании регулируемого электропривода для насосов в диапазоне 20...50 Гц в среднем составляет 50...75 % от мощности при нерегулируемом режиме работы.

Список литературы

1. Браславский, И.Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков. — М.: Академия, 2004. — 256 с.

2. Цой, Ю.А. Процессы и оборудование доильно-молочных отраслей животноводческих ферм / Ю.А. Цой. — М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. — 424 с.

3. Марьяхин, Ф.Г. Исследование и разработка автоматизированного электропривода поточной линии первичной обработки молока на фермах и комплексах: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ф.Г. Марьяхин. — М.: ГНУ ВИЭСХ, 1979.

4. Насос молочный универсальный НМУ-6: руководство по эксплуатации. — Курган: Кургансельмаш, 1971. — 24 с.

5. Герасенков, А.А. Электропривод. Низковольтные преобразователи частоты: учебное пособие / А.А. Герасенков, Н.Е. Кабдин, Д.Н. Зайцев. — М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. — 104 с.

6. Зайцев, Д.Н. Частотно-регулируемый энергосберегающий электропривод молочных насосов / Д.Н. Зай-

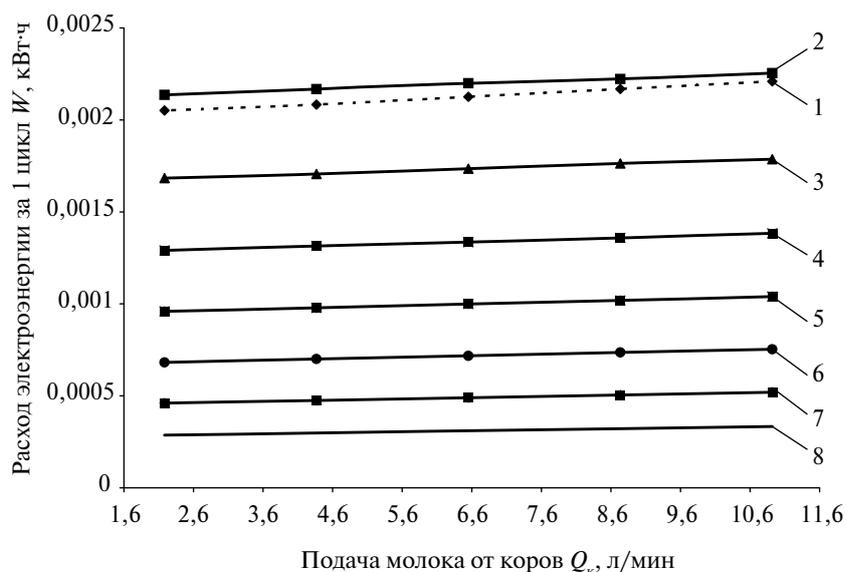


Рис. 2. Зависимость потребляемой электроэнергии от подачи молока на вход молокоприемника:

1 — работа от сети 50 Гц; 2 — работа от ПЧ 50 Гц; 3 — работа от ПЧ 45 Гц; 4 — работа от ПЧ 40 Гц; 5 — работа от ПЧ 35 Гц; 6 — работа от ПЧ 30 Гц; 7 — работа от ПЧ 25 Гц; 8 — работа от ПЧ 20 Гц

цев // Тр. 7-й Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». (18–19 мая 2010 года Москва, ГНУ ВИЭСХ): в 5-ти частях. — Ч. 3. Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике. — М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. — С. 175–180.

7. Зайцев Д.Н. Частотно-регулируемый электропривод молочного насоса НМУ-6 / Д.Н. Зайцев // Труды Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы развития аграрного образования и науки» (21 октября 2010 года Балашиха, ФГОУ ВПО РГАЗУ). Секция 2. Инженерное обеспечение инновационного развития агросферы. — Балашиха: ФГОУ ВПО РГАЗУ. — С. 133–138.

8. Зайцев, Д.Н. Исследование энергосберегающего частотно-регулируемого электропривода молочного насоса / Д.Н. Зайцев // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Агроинженерия. — 2011. — № 2(47). — С. 15–17.

УДК 620:631.365.22

А.Н. Васильев, доктор техн. наук
Д.А. Будников, канд. техн. наук

Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства Россельхозакадемии

ПРИМЕНЕНИЕ КРИТЕРИЯ ЭЛЕКТРОАКТИВАЦИИ ПРИ ОПИСАНИИ ПРОЦЕССА СУШКИ ЗЕРНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ

Снижение энергоемкости и увеличение производительности сушки зерна является важной производственной проблемой. Одним из вариантов ее решения является использование электро-

технологий. Достаточно хорошо отработана технология сушки зерна с использованием озона [1]. В данной технологии концентрация озона, как правило, выходит за нормы ПДК, что накладывает со-

ответствующие ограничения и требования на соблюдение условий по охране труда. Однако исследования, проводимые различными авторами [2, 3], указывают на высокую эффективность влияния воздействия низкой интенсивности на растительные клетки.

Использование воздуха, насыщенного аэроионами для предпосевной обработки зерна [4], показало, что воздействие низкой интенсивности позволяют добиваться требуемого эффекта при меньших энергозатратах. Применение информационного подхода к описанию поведения зерновки как биологического объекта позволило разработать принципы интенсификации сушки зерна. В соответствии с разработанными принципами [5] снижение энергоемкости и увеличение производительности процесса сушки зерна возможно при применении электротехнологического воздействия «низкой мощности»; при использовании циклических, периодических внешних электротехнических воздействий.

Для реализации данных принципов использовали режимы сушки зерна с циклическим насыщением агента сушки аэроионами. Предварительными исследованиями установлено, что целесообразно использовать такой режим, при котором агент сушки в течение 5 мин насыщается аэроионами, а в течение последующих 5 мин сушка проводится воздухом без аэроионов. Процесс продолжается циклически до высыхания зерна до требуемой влажности. При насыщении агента сушки аэроионами обеспечивают их концентрацию на уровне $3,5 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-3}$.

Насыщение аэроионами агента сушки и условия его взаимодействия с зерном отражаются во вводимом критерии электроактивации Q_3 .

При циклическом насыщении агента сушки аэроионами (рисунок) критерий электроактивации должен отражать особенности режима, выражающиеся в соотношении времени сушки при воздействии аэроионов и без них. В этом случае критерий электроактивации будет выглядеть следующим образом:

$$Q_3 = Q_1(vS\tau_{аэ}),$$

где Q_1 — концентрация аэроионов на входе в зерновой слой, $1/\text{м}^3$; v — скорость агента сушки, м/ч; S — площадь поперечного сечения рабочей камеры для сушки зерна, м^2 ; $\tau_{аэ}$ — полупериод колебаний концентрации аэроионов в агенте сушки, ч.

Таким образом,

$$\tau_{аэ} = \tau_a + \tau_b,$$

где τ_a — время работы генератора аэроионов за одно включение, ч; τ_b — время, в течение которого генератор аэроионов выключен, ч.

Для описания процесса сушки зерна в толстом слое активным вентилированием и радиальной по-

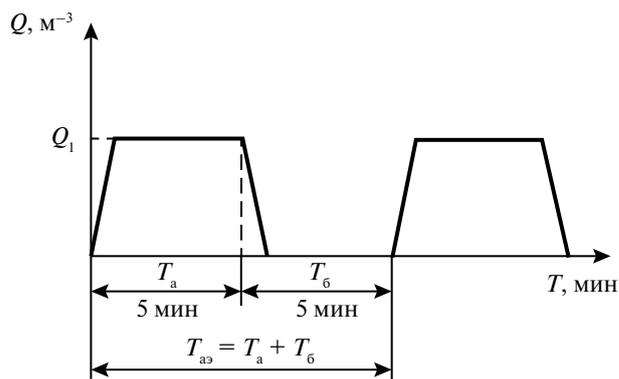


График изменения концентрации аэроионов в агенте сушки при циклическом режиме подачи аэроионов

даче агента сушки В.И. Анискин разработал критериальное уравнение:

$$No = AKo^\alpha Gu^\beta Re^\gamma \left(\frac{d}{L}\right)^\omega.$$

Каждый критерий описывает механизм внутреннего или внешнего теплообмена.

Критерий гомохронности No описывает продолжительность сушки зернового слоя при постоянной скорости агента сушки:

$$No = \frac{v\tau}{L},$$

где v — скорость агента сушки, м/с; τ — продолжительность сушки, ч; L — толщина зернового слоя, м.

Критерий Коссовича Ko отражает соотношение между теплом, затраченным на испарение влаги, и теплом, расходуемым на нагрев зерна.

Поэтому

$$Ko = \frac{r'\Delta w}{c_3\Delta\Theta},$$

где w — влажность зерна, %; r' — удельная теплота парообразования, кДж/кг; c_3 — теплоемкость зерна, кДж/кг·град; Θ — температура зерна, °С.

Критерий Гухмана Gu характеризует потенциальные возможности воздуха как агента сушки:

$$Gu = \frac{t_c - t_m}{273 + t_c},$$

где t_c — температура агента сушки, °С; t_m — температура «мокрого термометра», °С.

Критерий Рейнольдса Re отражает гидродинамический режим движения агента сушки:

$$Re = \frac{vd}{\nu},$$

где v — скорость агента сушки, м/с; d — приведенный диаметр зерновки, м; ν — кинематическая вязкость воздуха, $\text{м}^2/\text{с}$.

Термодинамические критерии, использованные В.И. Анискиным для описания процес-

са, в полной мере отражают его, но пока авторы не касаются применения электроактивированного воздуха. В некоторой степени критерий Косовича может отражать процессы в зерновке при воздействии на нее электроактивированным воздухом. Однако этого может оказаться недостаточно. Поэтому целесообразно дополнительно применить критерий, который бы смог отразить изменение процессов в зерновке. В качестве такого термодинамического критерия может быть принят критерий Лыкова.

Критерий А.В. Лыкова связывает между собой интенсивность развития полей влагосодержания и температуры внутри материала в процессе влагопереноса:

$$Lu = \frac{a_m}{a},$$

где a — коэффициент теплообмена, m^2/c ; a_m — коэффициент диффузии влаги, m^2/c .

В результате критериальное уравнение сушки зерна активным вентилированием с применением аэроионов будет выглядеть следующим образом:

$$No = AKo^\alpha Gu^\beta Re^\gamma \left(\frac{d}{L}\right)^\omega Q_3^\lambda.$$

Данное уравнение применимо для описания закономерностей тепло- и влагообмена при сушке толстого слоя. В частном случае, когда проводятся исследования элементарного слоя, параметрическим критерием d/L можно пренебречь, тогда критериальное уравнение будет описывать процессы происходящие в элементарном слое и может быть использовано в качестве базового для построения имитационных моделей сушки зерна.

Для практических вычислений удобнее использовать не само критериальное уравнение, а полученное из него выражение для времени сушки $\tau = f(Lu, Ko, Gu, Re)$. Современные методы обработки экспериментальных данных позволяют сразу получать такие зависимости. Необходимо учитывать, что в этом случае коэффициент A' будет иметь размерность времени.

Таким образом, критериальное уравнение времени сушки элементарного слоя будет иметь следующий вид:

$$\tau = A'Lu^\chi Ko^\alpha Gu^\beta Re^\gamma Q_3^\lambda.$$

Проведение многофакторного эксперимента при сушке тонкого слоя зерна тремя режимами позволило получить уравнения регрессии для времени сушки:

уравнение для продолжительности сушки зерна без аэроионов:

$$\tau = 1277,7185Lu^{0,5759}Gu^{-6,1123}Ko^{1,1898}Re^{-0,1539}; \quad (1)$$

уравнение для сушки зерна с постоянной концентрацией ионов:

$$\tau_1 = 9190,482Lu^{0,6119}Gu^{-6,1527}Ko^{1,2820}Re^{-0,3115}; \quad (2)$$

уравнение для сушки зерна с циклической подачей ионов:

$$\tau_2 = 13603,68Lu^{0,6751}Gu^{-6,7517}Ko^{1,4336}Re^{-0,2765}. \quad (3)$$

Отличие уравнения (2) от уравнения (1) по теплофизической сущности заключается в том, что в уравнении (2) отображается дополнительный эффект от применения электроактивированного воздуха. Следовательно, уравнение (2) можно записать так: $\tau_1 = \tau Q$, откуда получим $Q = \tau_1/\tau$. Поскольку имеется два уравнения регрессии для режимов с использованием электроактивированного воздуха, то и критерия Q используют два: Q_p — для постоянной концентрации аэроионов; Q_c — для переменной концентрации аэроионов.

Следовательно, $Q_p = \tau_1/\tau$, а $Q_c = \tau_2/\tau$. Выполним соответствующие математические действия, получают следующие уравнения:

$$Q_p = 7,1929Lu^{0,0360}Gu^{-0,0404}Ko^{0,0922}Re^{-0,1576}; \quad (4)$$

$$Q_c = 10,6469Lu^{0,0992}Gu^{-0,6394}Ko^{0,2438}Re^{-0,1226}. \quad (5)$$

Использование циклического режима насыщения аэроионами агента сушки позволяет задействовать биологические реакции зернового слоя, поэтому уравнение (5) можно представить так:

$$Q_c = Q_p Q_{cb},$$

где Q_{cb} — критерий электроактивации, отражающий в теплофизических величинах биологическую реакцию зерна на циклические режимы воздействия электроактивированным воздухом.

Выполнив преобразования, получают (6):

$$Q_{cb} = \frac{Q_c}{Q_p} = 10,6469Lu^{0,0632}Gu^{-0,599}Ko^{0,1516}Re^{-0,1516}.$$

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования позволили получить критериальное уравнение для описания процесса сушки зерна с использованием электроактивированного воздуха как при его постоянной концентрации в агенте сушки, так и при режимах циклического насыщения его аэроионами. Сравнительный анализ полученных уравнений позволил получить математическое описание термодинамических реакций зерна на циклические режимы насыщения агента сушки аэроионами.

Список литературы

1. Глушенко, Л.Ф. Интенсификация процессов пищевых и сельскохозяйственных производств озонозоо-воздушными смесями: учеб. пособие / Л.Ф. Глушенко,

Н.А. Глушенко. — Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2003. — 152 с.

2. Бецкий, О.В. Миллиметровые волны и живые системы / О.В. Бецкий, В.В. Кислов, Н.Н. Лебедев. — М.: Радиотехника, 2003. — 176 с.

3. Будаговский, А.В. Дистанционное межклеточное взаимодействие / А.В. Будаговский. — М.: НПЛЦ «Техника», 2004. — 104 с.

4. Васильев, А.Н. Предпосевная обработка семян ячменя электроактивированным воздухом / А.Н. Васильев, А.Ф. Кононенко, А.С. Ерешко // Материалы 41-й НТК. — Челябинск: ЧГАУ, 2002. — Ч. 2. — С. 217–220.

5. Васильев, А.Н. Электротехнология и управление при интенсификации сушки зерна активным вентилированием / А.Н. Васильев. — Ростов-на-Дону: Терра Принт, 2008. — 240 с.

УДК 616.618.19:615.84

И.И. Гришин, доктор техн. наук

А.С. Морозов, аспирант

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

ПАРАМЕТРЫ ОБЛУЧАЮЩИХ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ МАСТИТА КОРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ПОЛЕМ

Модернизация оборудования сельского хозяйства является важной задачей, к решению которой необходимо привлечь интеллектуальные и производственные ресурсы. Молочное производство относится к отраслям, нуждающимся в инновационных решениях, связанных с усовершенствованием ветеринарно-технического электрооборудования. Одна из центральных проблем, которую необходимо решать, является заболевание коров воспалением молочной железы — маститом. Современные способы лечения можно разделить на медикаментозные и физиотерапевтические. У каждого из них есть свои достоинства и недостатки. Однако одним из наиболее перспективных и эффективных способов лечения является УВЧ-терапия. Разработки в этом направлении позволят улучшить процесс лечения и совместить процесс лечения с технологией по уходу за животными. Лечение высокочастотным полем на современных установках относится к экологически чистым технологиям, которые устраняют выбраковку продукции животноводства, и может стать альтернативой антибактериальным препаратам, применяемых при заболевании маститом.

Целью статьи является исследование параметров излучателей УВЧ поля, выбор оптимальных размеров и формы при применении их в сухой период. Мастит возникает как в период запуска, так и в период лактации животных, поэтому целесообразнее всего производить профилактику или лечение мастита в это время. Одним из наиболее важных элементов лечебной УВЧ-аппаратуры являются излучатели. Так, наиболее распространенной в последние годы была конструкция излучателей в виде усеченного конуса, которые закрепляются в доильных стаканах. Ряд недостатков, присущих таким электродам, нуждается в доработке. Другой тип излучателей, применяемых при лечении мастита, имеет форму пластин, крепящихся на боковую часть вымени, как показано на рис. 1.

Данный способ позволяет эффективно подводить УВЧ-энергию к вымени животного. Параллельное включение излучателей обеспечивает более равномерное распространение электромагнитного поля в тканях вымени, что является одним из главных критериев при подобном лечении.

Как известно, животные ткани имеют различную проводимость, некоторые по свойствам ближе к диэлектрикам, другие к проводникам, это затрудняет построение аналитической картины поля внутри вымени при лечении. При рассмотрении УВЧ-излучателей используют картину квазистатического поля, так как длина волны при облучении составляет более 7 м, а параметры облучаемого объема не превышают 0,5 м. Главной задачей является расчет параметров излучающих пластин. Они должны соответствовать таким требованиям:

1. Иметь площадь пластин, при которой во время работы лечебной установки не наступает ожог облучаемой ткани.

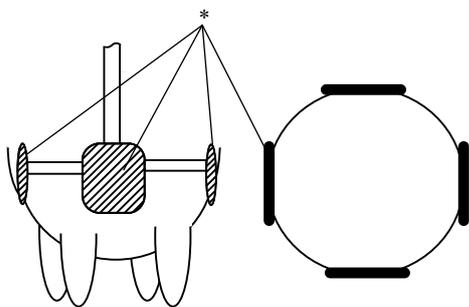


Рис. 1. Схема крепления конденсаторных пластин:

* — излучающие электроды