УДК 631.362

Интенсификация использования электрооборудования с целью оптимизации энергоресурсов в камерных сушилках напольного типа

Козлов А.В., Шевченко М.В., Горбунова Л.Н., Дубкова Е.С.

Дальневосточный государственный аграрный университет

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы интенсификации использования электрооборудования и эффективности энергосбережения в камерных зерносушилках напольного типа. Предложена цикличная технология сушки семян в сушилках данного типа с применением технологии двухэтапной сушки.

Ключевые слова: ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ИНТЕНСИФИКАЦИЯ, КАМЕРНАЯ СУШИЛКА, РЕЖИМЫ СУШКИ, ОПТИМИЗАЦИЯ

Введение

Как известно, подготовка зерна и семян для дальнейшего их хранения (сушка) является очень энергоёмким технологическим процессом.

Своевременное выполнение операций по сушке зерна и семян позволяет сохранить зерновой материал в хорошем качестве в течение длительного времени.

Теоретически при сушке зерна, чтобы испарить один килограмм влаги при нормальных условиях протекания процесса требуется ни много ни мало 2600 кДж теплоты. В современных зарубежных и отечественных сушилках на один килограмм испаренной влаги затрачивается 5000–6000 кДж теплоты [1].

Нами выявлены основные недостатки стандартной (базовой) технологии сушки семян для напольных сушилок камерного типа:

- остаточная неравномерность сушки семян, зависящая от исходного материала, который поступает на сушку, а также от высоты насыпи и продолжительности процесса;

Козлов А.В., Шевченко М.В., Горбунова Л.Н., Дубкова Е.С. Интенсификация использования электрооборудования с целью оптимизации энергоресурсов в камерных сушилках напольного типа

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

- большие непроизводительные потери теплоты, которые состоят из потерь на нагрев зерна и потерь в окружающую среду.

Однако сушка семян в неподвижном слое активным вентилированием (к которому относятся сушилки камерного типа) имеет ряд достоинств:

- возможность обеспечить мягкие режимы сушки, которые исключают тепловое травмирование и способствуют процессу дозревания семян;
- исключается перемещение влажной массы, а это позволяет снизить микроповреждения зерен более чем в четыре раза [2];
- данные сушилки просты по устройству, а это, в свою очередь, позволяет снизить капиталовложения;
- возможность сушки различной зерновой массы с любой исходной влажностью за одну загрузку;
- данные сушилки можно использовать для хранения зерна и предпосевной обработки.

Целью работы являлось совершенствование сушилки камерного типа с наклонным полом. Повышение эффективности сушки семян за счет разработки технологических режимов камерной зерносушки, позволяющих оптимизировать работу электрооборудования и снизить энергоемкость процесса.

Задачи исследования:

- обоснование рациональных режимов энергосберегающей технологии сушки зерна;
- обоснование возможности создания таких технологических режимов сушки, которые позволят обеспечить цикличность действия; это качество позволит включить сушилку в работу поточной линии обработки зерна.

Известна так называемая двухэтапная технология сушки зерна [3], согласно которой зерно не досушивают на 1,7...3,0 % до кондиционной влажности (в зависимости от его назначения). При этом влагосъём меньший для семян, больший – для фуражного зерна. Затем в течение определённого времени проходит режим отлёжки. Охлаждение

осуществляют с помощью вентилирования наружным воздухом в отдельных ёмкостях [3]. Медленное охлаждение зерна позволяет использовать более 50% тепла, которое накапливается при сушке, для дальнейшего снижения влажности, что существенно снижает энергозатраты, а, значит, и себестоимость обработки.

Для объединения всех процессов двухэтапной технологии сушки можно использовать камерные сушилки напольного типа. Для того, чтобы обеспечить рациональное сочетание и использование технологических приёмов с наибольшей технологической эффективностью, была проведена доработка камерных зерносушилок с наклонным полом периодического действия, установленных в колхозе «Колос» Октябрьского района Амурской области.

Для рационального использования оборудования было предложено объединение двух сушилок в одну. Объединение двух сушильных камер вентиляционно-нагревательной системой может обеспечить бесперебойную работу теплогенератора только при цикличности технологического процесса.

Для разработки циклического процесса сушки были внесены следующие изменения:

1. В днище камеры сухого зерна выполнена перфорация для всасывания атмосферного воздуха при досушивании и охлаждении семян.
2. Построена система воздухопроводов в соответствии с технологической схемой (рис. 1).
3. Работа камерных сушилок в значительной степени зависит от начальной влажности зерна. Чем выше влажность, тем больше время сушки зерна. Это обстоятельство не дает возможности использовать зерносушилку в поточной технологии. Опытным путем было установлено оптимальное время работы одной камеры во время сушки, которое составило 5,5 часов. Для того, чтобы обеспечить стабильность (по времени цикла сушки), необходимо изменять слой зерна в камере. Поэтому была предложена установка регулируемых щитков, которыми можно устанавливать толщину слоя в зависимости от исходной влажности зерна.

Исходя из этого, предлагается двухэтапную технологию сушки семян применить в одной сушилке без выносных емкостей. Для обеспечения данной технологии нами предлагается следующая схема работы сушилки (рис. 1).

Рис. 1. Схема работы зерносушилки

Примечание: 1 – теплогенератор; 2 – воздуховод; 3 – нагнетающий патрубок; 4 – всасывающий патрубок; 5 – перфорированное дно; 6 – камера сушки; 7 – камера отлёжки; 8 – выгрузной транспортёр

После загрузки сушильной камеры 6 и вывода процесса на оптимальные режимы происходит просушивание зерновой насыпи агентом сушки, которое продолжается до достижения зерном заданной конечной влажности в нижнем слое. При этом остаточная неравномерность сушки в верхних слоях может достигать 3-4 %, т.е. зерно возможно сушить в среднем до влажности 15,5%.

Дальнейший съём влаги до кондиционной происходит за счёт эффективного испарения благодаря теплу, ранее аккумулированному в процессе его нагрева, и сушки высокотемпературным теплоносителем, что составляет порядка 10-11 % экономии топлива.

После завершения процесса сушки зерно сбрасывается самотеком в нижнюю камеру отлёжки 7, при этом происходит перемешивание зерновой массы нижнего и верхнего слоев. В нижней камере осуществляется выравнивание влажности отдельных зерновок в массе за счет их контактирования друг с другом и перемещение внутренней влаги зерновки к ее поверхности. Этому способствует использование теплоты нагретого зерна, накопленной в процессе сушки.

Для согласованной работы всех камер разработан график цикличной работы зерносушилки (рис. 2).

Рис. 2. Схема ритмичной работы сушилки

Примечание: t_1 – сушка зерна, t_2 – разгрузка сушильной камеры и загрузка камеры отлёжки, t_3 – период отлёжки и загрузки сушильной камеры, t_4 – охлаждение сухого и предварительный прогрев (сушка) влажного зерна

Продолжительность одного оборота камеры t_0 равна:

$$t_0 = t_{зск} + t_{ст} + t_{суш} + t_{рск} = t_{зксз} + t_{отл} + t_{охл} + t_{рксз} \quad (1)$$

где: $t_{зск}$ – загрузка сушильной камеры сырым зерном, ч.;

$t_{ст}$ – период стабилизации, ч.;

$t_{суш}$ – сушка агентом, ч.;

$t_{рск}$ – разгрузка сушильной камеры, ч.;

$t_{зксз}$ – загрузка камеры сухого зерна, ч.;

$t_{отл}$ – время отлёжки, ч.;

$t_{охл}$ – охлаждение сухого и предварительная сушка влажного зерна, ч.;

$t_{рксз}$ – разгрузка камеры сухого зерна, ч.

С целью обеспечения ритмичной работы и интенсификации использования электрооборудования камеры подключаются поочередно со сдвигом в фазах сушки через равные интервалы времени $t_{инт}$, ч,

$$t_{инт} = \frac{t_0}{m}, \quad (2)$$

где m – число блоков в модуле сушилки, в нашем случае $m = 4$ блока.

Сдвиг фаз по времени позволяет постоянно пропускать агент сушки через одну из камер, то есть обеспечивающий подогрев агента сушки теплогенератор и

электродвигатель вентилятора работают постоянно то на одну камеру, то на другую. В течение одного оборота любого блока сушильного модуля повторяются однотипные циклы.

Преимущества предлагаемой технологии:

- объединение двух сушильных камер вентиляционно-нагревательной системой сокращает количество электрооборудования и обеспечивает наиболее интенсивное использование теплогенератора 1 при цикличности технологического процесса;
- сокращение простоев, связанных с перерывами в работе;
- уменьшение потерь теплоты в окружающую среду через нагретые поверхности, т.к. зерносушилка не успевает остыть.

Рассмотрим последовательно значение параметров приведенного уравнения (3) применительно к технологии двухэтапной сушки в напольных сушилках камерного типа.

Расход теплоты [2] $\sum E$ (МДж/ч) в зерносушилке можно представить суммой:

$$\sum E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5, \quad (3)$$

где: E_1 – затраты теплоты на испарение влаги, МДж;

E_2 – потери теплоты на нагрев зерна, МДж;

E_3 – потери теплоты с отработавшим агентом сушки, МДж;

E_4 – потери теплоты в окружающую среду через нагретые поверхности, МДж;

E_5 – потери теплоты вследствие неполного сгорания топлива, МДж.

Потери теплоты на нагрев зерна (МДж/кг):

$$E_2 = Gc_2 (T_2 - T_0), \quad (4)$$

где: G – количество высушенного зерна за один цикл, кг;

c_2 – удельная теплоёмкость высушенного зерна, (кДж/кг К);

T_2 – температура зерна после сушки, ($^{\circ}\text{C}$);

T_0 – начальная температура зерна, ($^{\circ}\text{C}$).

По выражению (4) можно отметить, что чем меньше разница начальной и конечной температуры, тем ниже величина E_2 . Так как температура сушки зерна T_2 задаётся технологическим процессом в зависимости от термоустойчивости зерна, необходимо повысить начальную температуру зерна T_0 .

Этого можно достичь за счёт использования теплоты при охлаждении зерна после сушки и отлёжки.

Для снижения потерь теплоты на нагрев зерна необходимо выполнить: отлёжку зерна перед охлаждением; охлаждение просушенного зерна до температуры, близкой к температуре окружающей среды с максимальным использованием внутренней тепловой энергии зерна для испарения влаги.

При проведении испытаний было установлено, что прогрев зерна составил в среднем 4,5–5,0 °С, что позволяет получить порядка 12-14 % экономии топлива.

Затраты теплоты на испарение влаги (кДж/кг):

$$E_1 = W(N_{\text{п}} - N_{\text{ж}}), \quad (5)$$

где: W – количество испарившейся влаги, кг/ч;

$N_{\text{п}}$ – энтальпия пара при температуре t (°С) отработавшего агента сушки, кДж/кг
($N_{\text{п}} = 2500 + 1,842 \cdot t$);

$N_{\text{ж}}$ – энтальпия жидкости при начальной температуре зерна, кДж/кг ($N_{\text{ж}} = 4,19 \cdot T_0$).

Затраты теплоты на испарение влаги выражаются формулой:

$$E_1 = W(r + \Delta r), \quad (6)$$

где r – скрытая теплота парообразования воды при температуре зерна T , кДж/кг, определяется из выражения:

$$r = 2500 - (2,3 + 0,0014T) T, \quad (7)$$

т.е. чем выше температура зерна, следовательно, и испаряющейся жидкости, тем ниже скрытая теплота парообразования;

Δr – удельная теплота, затрачиваемая на преодоление внутреннего сопротивления переносу влаги при сушке.

Таким образом, для снижения затрат теплоты на испарение влаги необходимо:

1. Оптимальное сочетание технологических приёмов, используемых для обезвоживания зерна; подача в зону сушки предварительно нагретого и прошедшего отлёжку зерна.
2. Использование агента сушки с максимально возможными значениями температуры и скорости.

3. Затраты тепловой энергии в окружающую среду через нагретые поверхности, в том числе на нагрев транспортных средств.
4. Применение поточной технологии позволило сократить простои, связанные с перерывами в работе, и зерносушилка не успевает остыть.
5. Для снижения потерь теплоты от неполного сгорания топлива была установлена новая горелка с контролем и автоматизация процесса сжигания топлива.

Выводы

1. В ходе испытаний подтвердилось, что перечисленные выше мероприятия обеспечили снижение энергетических затрат на 27%.
2. Оптимальное сочетание разработанных технологических режимов зерносушилки для семенного зерна повышенной влажности (в зависимости от состояния исходного вороха) позволяет использовать их преимущественные стороны.

Список использованных источников

1. Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А. Энергозатраты на процесс сушки зерна // Вестник ВИЭСХ. – 2012. – № 2 (7). – С. 52-55.
2. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна. – М.: Изд-во «Колос», 2004. – 239 с.
3. Голубкович А.В., Павлов С.А., Ламкин Д.С. Расчет процессов двухэтапной сушки зерна // Техника в сельском хозяйстве. – 2009. – №6. – С. 16-19.

Цитирование:

Козлов А.В., Шевченко М.В., Горбунова Л.Н., Дубкова Е.С. Интенсификация использования электрооборудования с целью оптимизации энергоресурсов в камерных сушилках напольного типа [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/2/st_226.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20212226>.