

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЯМОТОЧНОЙ СУШКИ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ПРОПУСКЕ ЗЕРНА ЧЕРЕЗ ДВЕ ШАХТЫ ОДНОГО ЗЕРНОСУШИЛЬНОГО АГРЕГАТА

Малин Николай Иванович, профессор кафедры теплотехники гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация.** На основе анализа и моделирования различных вариантов организации процесса, дана оценка энергоэффективности сушки зерна повышенной влажности на базе одного зерносушильного агрегата.*

***Ключевые слова:** зерно, неравномерность нагрева и сушки, прямоточная сушка, моделирование, энергоэффективность.*

Для шахтных прямоточных зерносушилок, широко используемых в сельскохозяйственном производстве и на предприятиях АПК, характерны явления значительной неравномерности нагрева и сушки зерна, причины которых детально рассмотрены в [1].

Отражением этих явлений явились изложенные в действующем нормативном документе (Инструкция по сушке продовольственного, кормового зерна, маслосемян и эксплуатации зерносушилок № 9-3-82. – М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1982. – 61 с.) режимы, согласно которым, при сушке в прямоточных сушилках зерна, предназначенного для выработки крупы, снижение влажности за один пропуск риса-зерна и сои не должно превышать 3%, проса и гречихи – 2...3%, гороха и ячменя – 3,5...4%, кукурузы – 4,5...5,5%, а в остальных случаях и при сушке других культур – 6%. Таким образом, если зерно перечисленных и других культур нельзя высушить за один пропуск через сушилку, его следует сушить за несколько пропусков. При этом, зерно после первого пропуска рекомендуется направлять на вторую сушилку, или, до следующего пропуска через сушилку, в склад, оборудованный установками активного вентилирования.

Объективными причинами подобных ограничений являются биологические свойства зерна, как объекта сушки, описание которых дано автором в [2].

В условиях дефицита зерносушильных мощностей, если следовать изложенным в Инструкции рекомендациям, единственным способом сушки зерна, находящегося в пределах указанных ограничений по влажности, является вариант «или ...».

В исследовательских целях автором рассмотрена возможность и дана оценка энергоэффективности различных вариантов организации процесса сушки зерна повышенной влажности на базе одного зерносушильного агрегата.

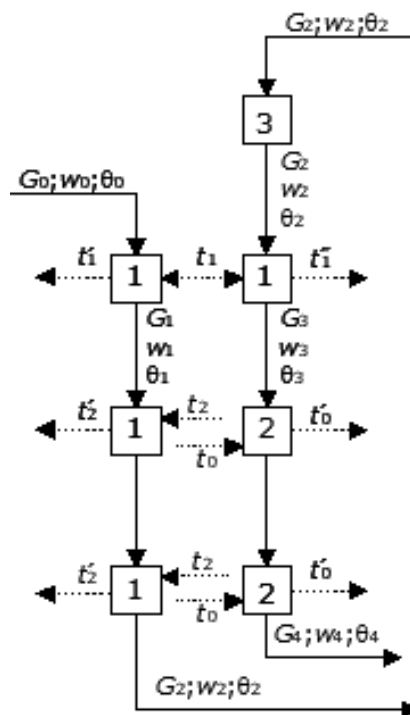
Первый, базовый вариант использования одного зерносушильного агрегата для сушки зерна повышенной влажности от начального до конечного значения влажности за один пропуск через сушилку, как показано в [1], возможен и эффективен в условиях стабилизации по влажности подаваемого на сушку зерна – по существу, аналога рециркуляционной сушки, когда часть просушенного зерна смешивается с вновь подаваемым на сушку исходным сырым зерном. Недостатки: потребность длительной отлежки (6...8 ч) при температуре компонентов зерновой смеси θ_0 (°C), приближающейся к температуре окружающей среды t_0 (°C); потребность в дополнительных устройствах для смешивания отдельных компонентов и отлежки смеси зерна перед подачей на сушку.

Второй вариант организации процесса сушки предусматривает пропуск всей массы подаваемой на сушку зерна с начальной влажностью вначале через первую, а затем через вторую шахты зерносушилки, с использованием штатных режимов работы 1 и 2 зон сушки и зоны охлаждения. По существу, это ничто иное, как обычная прямоточная сушка зерна, но только разбитая на два этапа, с перерывом на время нахождения зерна в надсушильном пространстве второй шахты. Недостатки схемы: низкая эффективность окончательного охлаждения (во второй шахте) и дополнительные затраты теплоты на повторный нагрев зерна, охлажденного в первой шахте.

Третий, рассмотренный автором вариант организации процесса сушки, представленный предусматривает (аналогично второму) пропуск всей массы подаваемой на сушку зерна с начальной влажностью вначале через первую, а затем через вторую шахты зерносушилки, с использованием штатных режимов работы 1 и 2 зон сушки; отличие – в зону охлаждения первой шахты перекрыт доступ охлаждающего воздуха, и она используется как зона промежуточной отлежки перед поступлением в 1 и 2 зоны сушки второй шахты. По существу, это ничто иное, как аналог зон досушки и окончательного охлаждения шахтной рециркуляционной зерносушилки, но только с двумя, а не с одной (как в рециркуляционных зерносушилках) зонами сушки. Недостатком подобной организации процесса является низкая эффективность охлаждения просушенного зерна, поскольку из 2 зоны сушки зерно выходит с температурой, приближающейся, или превышающей температуру на входе в 1 зону сушки второй шахты.

Четвертый вариант организации процесса сушки, представленный на рис. 1, предусматривает (аналогично второму и третьему вариантам) пропуск всей массы подаваемой на сушку зерна с начальной влажностью вначале через первую, а затем через вторую шахты зерносушилки, с использованием в первой шахте штатных режимов работы 1 и 2 зон сушки. Отличия: в бывшую зону охлаждения первой шахты подается агент сушки, предназначенный для 2 зоны сушки второй шахты, которая используется в данной схеме как дополнительная зона охлаждения; надсушильное пространство 2 шахты используется в качестве зоны промежуточной отлежки перед поступлением в 1 зону сушки второй шахты. По существу, это ничто

иное, как аналог зон досушки и окончательного охлаждения шахтной рециркуляционной зерносушилки, но с более высоким (чем при использовании третьего варианта) эффектом охлаждения просушенного зерна (рис.).



Функционально-параметрическая схема предлагаемого варианта работы шахтной прямоточной зерносушилки:

- 1 – прием подвода к зерну агента сушки;
- 2 – прием подвода к зерну атмосферного воздуха;
- 3 – отлежка зерна

Изложенные результаты, а также проведенный анализ, с использованием описанного в [3] метода моделирования применительно к условиям двухступенчатой прямоточной сушки по варианту 2 (первая и вторая шахта), а также по вариантам 3 и 4 (первая шахта), и описанного в [4] метода моделирования кинетики двухступенчатой рециркуляционной сушки, характерного для второй шахты 3 и 4 вариантов, позволил сделать вывод о том, что вариант 4, представленный на рис. 1, является наиболее предпочтительным в силу высокой энергоэффективности и относительной простоты реализации.

Библиографический список

1. Малин, Н.И. Особенности организации процесса сушки зерна повышенной влажности в шахтных прямоточных зерносушилках / Н.И. Малин, Е.И. Третьяков // Доклады ТСХА: Сборник статей. Выпуск 292. Часть I. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2020. – С. 194-199.
2. Малин, Н.И. Термоустойчивость и неравномерность нагрева, как факторы воздействия на режим сушки зерна / Н.И. Малин // Международный технико-экономический журнал. Москва, 2018. № 4. С. 26-36.

3. Малин, Н.И. Использование метода «оптимальных» конечных параметров в моделировании кинетики двухступенчатой сушки зерна / Н.И. Малин // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 62-5. – С. 25-32.

4. Малин, Н.И. Моделирование кинетики двухступенчатой рециркуляционной сушки зерна / Н.И. Малин // Международный технико-экономический журнал. – Москва, 2019. – № 4. – С. 7-14.

УДК 664.723

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЯМОТОЧНОЙ СУШКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПРОПУСКА ЗЕРНА ЧЕРЕЗ ДВЕ ЗЕРНОСУШИЛКИ

Малин Николай Иванович, профессор кафедры теплотехники гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. На основе анализа и моделирования различных вариантов организации процесса, дана оценка энергоэффективности сушки зерна повышенной влажности на базе двух зерносушильных агрегатов.

Ключевые слова: зерно, неравномерность нагрева и сушки зерна, непрерывная и прерывистая сушка, энергоэффективность.

Вследствие значительной неравномерности нагрева и сушки зерна, характерной для шахтных прямоточных зерносушилок [1], действующей Инструкцией по сушке продовольственного, кормового зерна, маслосемян и эксплуатации зерносушилок № 9-3-82 (1982 г.) рекомендуется зерно пшеницы и семена подсолнечника влажностью свыше 20%, с учетом их термоустойчивости [2] сушить за два пропуска через зерносушильный агрегат, или, как вариант, через два последовательно смонтированных зерносушильных агрегата.

В целях выбора наиболее энергоэффективного варианта сушки зерна повышенной влажности, автором, помимо традиционного, проанализировано несколько, представленных на рис. 1, возможных вариантов организации процесса.

Традиционный вариант реализации подобного ограничения по величине влагосъема при сушке зерна повышенной влажности, заключается в последовательном пропуске зерна через два агрегата (или даже один агрегат) с промежуточной отлежкой зерна в хранилище, то есть в условиях прерывистой сушки. Отличительная особенность данного варианта – зерносушилки работают в штатном режиме, в соответствии с рекомендуемыми Инструкцией режимами, а продолжительность отлежки зависит от оснащенности предприятий зерносушильными мощностями: чем они меньше, тем дольше период отлежки. Положительным при данной