

УДК 658.52.011.56:664.723

А.В. Муравьёв, В.В. Осипов, А.А. Светлаков

Анализ процесса сушки зерна с целью создания адаптивной системы управления

В статье приводится описание существующих способов сушки зерна. Показана и обоснована целесообразность разработки и создания адаптивной автоматизированной системы управления технологическим процессом сушки зерна на базе современной микропроцессорной техники для достижения качественно нового уровня в управлении процессами сушки зерна.

1. Введение

В настоящее время одной из ведущих задач экономического развития России является увеличение производства зерна на основе значительного повышения урожайности и сокращения потерь на всех этапах его обработки. В период уборки и послеуборочной обработки агроклиматические условия в большинстве случаев неблагоприятные, поэтому в системе технологических операций и послеуборочной обработки семян и зерна важное место принадлежит их сушке.

Как известно [1,2], влажность зерна выше 14 % усиливает жизнедеятельность микроорганизмов и повышает его температуру, в результате чего возникает опасность его порчи. Этому также способствует невызревшее зерно. Так, ухудшение качества ржи, например, может начаться уже через 10 суток, если влажность составляет 18 %, а температура около 20 °С. При влажности 20 % и температуре 20 °С 500 т зерна в течение 15 суток теряет, например, 4 т своей массы. Из этого следует, что зерно необходимо подвергать обработке непосредственно после уборки для предотвращения его потерь.

Своевременно и правильно проведенная сушка не только повышает стойкость зерна при хранении, но и улучшает его продовольственные и семенные достоинства. Обеспечение высокого качества сушки требует умелого использования зерносушильной техники, бесперебойной ее работы и применения правильно выбранных режимов сушки. При соблюдении рекомендованных режимов сушки ускоряется послеуборочное дозревание зерна, происходит выравнивание зерновой массы по влажности и степени зрелости, улучшается цвет, внешний вид и другие технологические свойства зерна. Сушка действует угнетающе на жизнедеятельность микроорганизмов и вредителей. Она оказывает положительное влияние на выход и качество продукции при переработке зерна в муку.

Целью работы является создание универсальной адаптивной автоматизированной системы управления процессами сушки зерна, которая позволит проводить эффективный и энергосберегающий способ сушки зернового материала в зерносушилках.

2. Анализ существующих способов сушки зерна

Существуют различные способы удаления влаги из зерна. Свободную влагу, находящуюся на поверхности зерна, можно удалить механическим путём, например отжимом в центрифуге или смешиванием зерна с другим веществом, быстро поглощающим воду. Способы сушки зерна условно можно разделить на две группы.

К первой группе можно отнести способ механического обезвоживания и способ сорбционной сушки. И в том и в другом случае влагу из зерна удаляют в жидком виде. Затраты энергии на такую сушку сравнительно невелики, и влажность зерна может быть снижена лишь на небольшую величину (1–2 %). Кроме того, сорбционная сушка зерна длительна.

Ко второй группе относится тепловой способ сушки зерна. Основное количество влаги в зерне прочно связано с сухим веществом. Удалить её из зерна удаётся лишь при испарении. При таком способе сушки требуется затрачивать значительно больше энергии, чем при механическом обезвоживании или сорбционной сушке. Энергия в данном случае расходуется на преодоление силы связи влаги с сухим веществом зерна, а также на теплоту парообразования. Такую сушку называют тепловой. На хлебоприёмных предприятиях при подготовке зерна к хранению применяют только тепловую сушку как наиболее эффективную, позволяющую быстро снизить влажность зерна.

Теплота, необходимая для превращения влаги в пар, может быть подведена к зерну различными способами: конвективным, кондуктивным, инфракрасными лучами и другими способами.

В зерносушении наиболее распространён конвективный метод, при котором тепловая энергия передаётся к зерну от нагретого газа (подогретого воздуха или смеси воздуха с продуктами сгорания топлива). Укрупнённая схема технологического процесса, реализующего данный метод, представлена на рис. 1.

Сушилка с воздухоподогревом состоит из 3 зон: зоны нагревания, зоны сушки и зоны охлаждения. В зоне нагревания путём сжигания топлива или подачи тепловой энергии в какой-либо форме (например горячая вода) воздушный поток нагревается и достигает определённой влажности и температуры.

Подогретый поток воздуха в зоне сушки встречается с потоком зерна. Здесь происходит тепло- и влагообмен между воздухом и зерном. Воздух охлаждается и нагревает зерно. Одновременно требуется теплота для парообразования. Влажность зерна снижается, выделяемая влага переходит в воздух, при этом повышается его абсолютная влажность. Зерно покидает зону сушки сравнительно тёплым и требует охлаждения. Это осуществляется в зоне охлаждения потоком атмосферного воздуха. Поток зерна покидает зону охлаждения с влажностью, которая ниже, чем его влажность после зоны сушки. Следовательно, в зоне охлаждения наблюдается дополнительный эффект сушки. Охлаждающий воздух поглощает влагу и покидает зону охлаждения.

На практике нашли распространение 3 технически возможных варианта сушки подогретым воздухом:

- прямоточная сушка;
- противоточная сушка;
- сушка с поперечным движением нагретого воздуха.

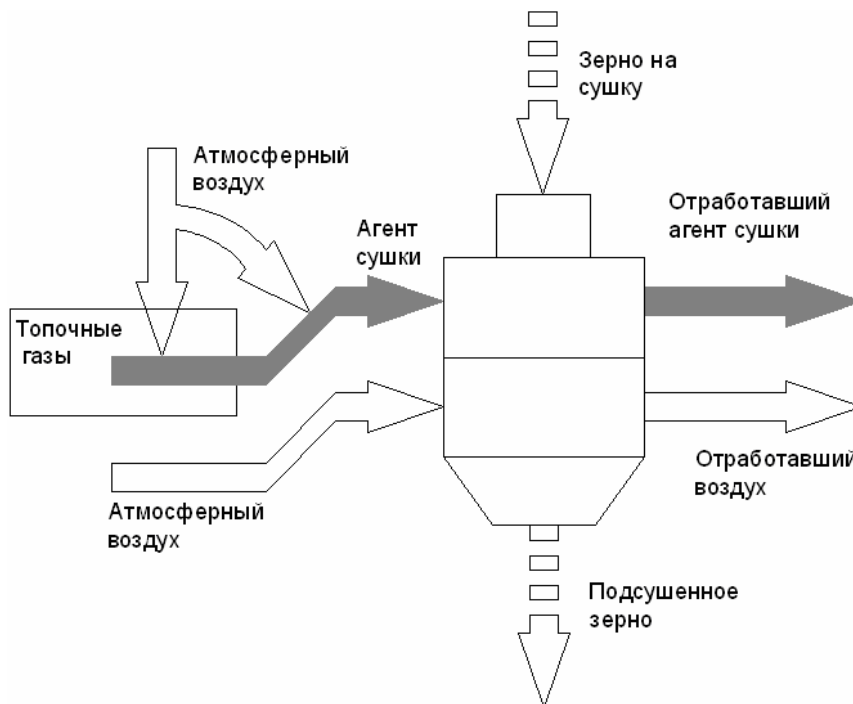


Рис. 1 – Схема процесса сушки зерна конвективным методом

Метод использования поперечного потока воздуха (а также перекрёстных потоков воздуха) является для сушки самым неблагоприятным. Практически по всей длине сушилки зерно на той стороне, куда подаётся воздух, получается более сухим, чем на той стороне, где он выходит.

Несмотря на это почти все шахтные сушилки для зерна действуют по такому принципу. Хорошее перемешивание зерна во время прохождения через сушилку также способствует улучшению сушки.

Преимущество данного способа состоит в подаче воздуха в любом количестве в самые различные зоны при сравнительно небольших потерях давления, так как толщина слоя остаётся постоянной, а площадь набегающего потока воздуха при увеличении высоты сушилки также увеличивается.

Благодаря возможности подачи воздуха в различные зоны имеется, кроме того, возможность его подачи при разных уровнях температуры.

При проведении сушки неправильные действия оператора могут привести к снижению качества зерна. Кроме того, при неквалифицированном обслуживании падает производительность зерносушилки, что может ухудшить качество обрабатываемых партий зерна. Чтобы это не происходило, должны соблюдаться определённые основные правила.

1. Непрерывная загрузка сушилки и её регулирование. Только непрерывная загрузка сушилки обеспечивает правильную сушку. Несоблюдение этого условия приводит к неоправданно высоким затратам энергии, перерывам в процессе сушки и снижению производительности сушилки. Неполная загруженность приводит к потере горячего воздуха. Регулировать следует пропускную способность сушилки, количество воздуха, поступление топлива. В большинстве случаев необходимо все эти 3 фактора согласовывать друг с другом.

2. Определение и выдерживание максимально допустимой температуры зерна. Технологические свойства зерна соблюдают прежде всего применением допустимых температур t_d (°C) его нагрева. Для продовольственной пшеницы, например, наиболее обоснована формула В.И. Жидко:

$$t_d = t_0 - nW_0 - k,$$

где t_0 , n — постоянные коэффициенты (для зерна с нормальной клейковиной $t_0 = 88$ °C; $n = -2,15$; с крепкой клейковиной $t_0 = 73$ °C; $n = 1,85$); переменная величина k зависит от длительности сушки τ и начального влагосодержания W_0 зерна, не зависит от качества клейковины и вычисляется в соответствии с формулой

$$k = 0,03W_0^2 - \frac{\tau - 90}{0,023W_0^2}.$$

Формула разработана для шахтных зерносушилок, но её можно применять при любых других вариантах.

Для сушки зерна в рециркуляционных зерносушилках разработаны рекомендации [1], приведённые в табл. 1.

Таким образом, чем выше влажность зерна и крепче клейковина, тем ниже допустимый предел его нагрева.

Таблица 1

Рекомендуемые режимы сушки зерна пшеницы в рециркуляционных зерносушилках

Влажность партий зерна до сушки, %	Температура, °C	
	нагрева зерна	агента сушки на входе в камеру нагрева
Крепкая клейковина		
До 20	55±1	300
20 ... 25	50±1	300
Более 25 до 30	45±1	280
Нормальная клейковина		
До 20	55±1	350
20 ... 25	50±1	330
Более 25 до 30	45±1	280
Слабая клейковина		
До 20	55±1	360
20 ... 25	50±1	350
Более 25 до 30	45±1	330

3. Оптимальное снижение влажности за один пропуск зерна через сушилку. Наряду с производительностью сушилки и экономичным расходом энергии решающее значение имеет качество зерна. Для того чтобы производить сушку, не снижая качества, требуется соблюдение предельно допустимых показателей снижения влажности за один пропуск

зерна. Такое снижение не должно превышать 8 %. При влажности зерна выше 22 % необходима многократная сушка.

4. Контроль начальной и конечной влажности зерна. Контроль за процессом сушки путём непрерывного определения влажности входящего и выходящего зерна является основным условием правильной эксплуатации сушилки. Одновременно с этим контролируют желаемую окончательную влажность зерна. Несоблюдение этого требования приводит к недосушиванию или пересушиванию. То и другое неэкономично и опасно.

3. Актуальность проблемы автоматизации процессов сушки зерна

Непосредственное знакомство с зерносушилками, которыми в настоящее время оснащены сельхозпредприятия Томской области, а также общение со специалистами, занимающимися организацией и управлением процессами сушки зерна, позволяют сделать следующий вывод: существующий в настоящее время уровень оснащения зерносушилок средствами автоматизации является крайне низким и не обеспечивает ни должной производительности данных процессов, ни желаемого качества высушенного зерна.

Если же более детально характеризовать данный уровень, то необходимо прежде всего отметить следующее:

1) зерносушилки не оснащены датчиками, позволяющими контролировать температуру непосредственно в зоне сушки зерна и на выходе из сушилки;

2) отсутствуют датчики, позволяющие контролировать температуру на входе в зону сушки и на выходе из неё;

3) отсутствуют датчики измерения и контроля влажности зерна;

4) отсутствуют средства измерения и регулирования потока агента сушки (смеси горячих топочных газов с воздухом), поступающего в зерносушилку;

5) зерносушилки не оснащены устройствами, позволяющими изменять режимы сушки в зависимости от влажности зерна, поступающего в зерносушилку, его температуры, засорённости и других характеристик, а также от температуры и влажности окружающего воздуха;

6) отсутствуют устройства и средства, необходимые для оптимизации и выбора таких режимов сушки зерна, реализация которых позволяла бы осуществлять сушку зерна с максимальной производительностью и наименьшими затратами энергоресурсов;

7) количественные связи между параметрами и переменными, характеризующие процессы сушки зерна (начальная влажность и температура зерна, его подача в сушилку, температура агента сушки и скорость его подачи в сушилку, температура и влажность окружающего воздуха и т.п.), не исследованы и не используются при организации контроля и управления процессами сушки зерна.

Отмеченный выше крайне низкий и неудовлетворительный уровень существующего в настоящее время оснащения зерносушилок средствами автоматизации контроля и управления является одной из причин, обуславливающих актуальность проблемы автоматизации процессов сушки зерна в сельхозпредприятиях Томской области.

4. Задачи автоматизации зерносушилок

Проведённый выше анализ позволяет видеть, что на конечные результаты обработки зерна влияет стабильность ведения процессов сушки. Этого можно достичь путём полной автоматизации процесса сушки зерна. Автоматизация зерносушилок позволяет с максимальной эффективностью использовать их, повышает их коэффициент полезного действия, улучшает работу, устраняет всякую возможность ухудшения качества зерна при сушке. Необходимость внедрения таких энергосберегающих технологий, как автоматизация зерносушильных комплексов, обуславливается увеличением стоимости жидкого топлива и ограничением потребления электроэнергии сельским хозяйством.

Автоматизированная система управления процессом сушки зерна должна решать следующие задачи:

- сбор и отображение информации (получение на мнемосхеме в режиме реального времени полной информации о технологическом процессе и состоянии оборудования);
- дистанционное управление (возможность оперативного вмешательства с диспетчерского пункта в работу оборудования объекта при возникновении нештатных ситуаций);

- автоматическое регулирование (контроль прохождения команд управления и генерация сигналов тревоги при их невыполнении);
- диагностирование состояния оборудования (возможность дистанционной настройки и диагностики технологического контроллера системы);
- организация предупредительной и аварийной сигнализации;
- протоколирование и документирование (возможность ведения отчётных документов – журналов действий оператора, аварийных ситуаций и т.п.);
- архивирование информации.

Решение перечисленных задач в рамках автоматизации возможно созданием системы, удовлетворяющей современным требованиям и реализованной на основе новейшей аппаратно-программной базы. Это должна быть универсальная и легко адаптируемая система.

Заключение

Несомненным достоинством внедряемой АСУ ТП является возможность измерения технологических параметров и коррекции алгоритмов работы системы без остановки оборудования, что крайне важно в условиях непрерывного технологического процесса.

В настоящее время даже в условиях жёсткого ограничения в финансовых средствах возможно создание недорогих, простых во внедрении и обслуживании АСУ ТП.

Стоит отметить, что основной целью применения АСУ процессом сушки зерна является сохранение урожая, энергосбережение и эффективное использование энергоресурсов за счёт оптимального управления процессом сушки зерна. В то же время относительная простота и невысокая стоимость проектирования и инсталляции, а также возможность поэтапного наращивания системы делают её привлекательной и оптимальной для задач управления и реконструкции уже используемых для сушки зерна шахтных зерносушилок.

Литература

1. Витоженц Э.Н., Окунь Г.С. Рекомендации по сушке сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1965. – 257 с.
2. Краусп В.Р. Автоматизация послеуборочной обработки зерна. – М.: Машизд., 1975. – 368 с.

Муравьёв Андрей Валерьевич

Аспирант кафедры информационно-измерительной техники ТУСУРа

Телефон: (3822) 41 47 69, сот. 8-906-949-37-22

E-mail: mawww@mail2000.ru

Осипов Владимир Васильевич

Главный технолог ЗАО «Зайцевское»

Телефон: 8 244 56 144

Светлаков Анатолий Антонович

Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой информационно-измерительной техники ТУСУРа

Телефон: (3822) 41 47 69

E-mail: iit@fet.tusur.ru

A.V. Muravyov, V.V. Osipov, A.A. Svetlakov

The analysis of process of drying of a grain with the purpose of creation adaptive control system

This article describes existing ways of drying of a grain. This article explains and demonstrates expediency of development and creation of the adaptive automated control system by technological process of drying of a grain on the basis of modern microprocessor technical equipment for achievement of qualitatively new level in management of processes of drying of a grain.