

## **О сокращении потерь и экономии топлива и электроэнергии при послеуборочной обработке и хранении зерна**

Владимир Самосюк, канд. эконом. наук, генеральный директор РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

Валерий Чеботарев, канд. техн. наук, первый заместитель генерального директора РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

Иван Барановский, канд. техн. наук, заведующий лабораторией уборки и послеуборочной обработки зерна и семян

**Послеуборочная обработка является наиболее энергозатратным и ресурсоемким этапом производства зерна и семян.** На послеуборочную обработку приходится 30–50 % затрат топлива от всего количества, используемого на производство зерна, 90–98 % электроэнергии, 15–20 % металла, около 10–12 % трудозатрат и порядка 15–20 % эксплуатационных расходов. Особенно остро стоит проблема снижения потерь и сбережения энергоресурсов: топлива, электрической и тепловой энергии. Требуются массовое внедрение энергосберегающих машин и оборудования, совершенствование технологических процессов, рациональная организация труда.

*Анализ потерь зерна и работы машин* при послеуборочной обработке и хранении позволяет выделить наиболее перспективные направления оптимизации и модернизации и обоснованно подойти к выбору оборудования.

В процессе послеуборочной обработки и хранения на всех этапах и операциях происходят потери некоторого количества зерна. По своему характеру потери разделяются на неизбежные и устранимые. К неизбежным относятся технологические потери, обусловленные воздействием на урожай машин и механизмов при его перемещении на зернотоках и комплексах по технологическим машинам, величина этих потерь оговорена соответствующими ТНПА.

К устранимым относятся потери, возникающие по причине неправильной настройки, неисправности машин и механизмов, несовершенства их конструкции, а также возникающие по вине обслуживающего персонала (неправильная организация работ, приводящая к порче и снижению качества урожая и т. д.).

Технологически допустимый уровень потерь зерна в процессе послеуборочной обработки на зерноочистительно-сушильных комплексах и зернотоках – не более 3 %. Результаты испытаний зерноочистительных и сушильных агрегатов, а также выборочный контроль за их работой в производственных условиях показывают, что при высокой засоренности бункерного зерна (8...10 %) и его дроблении комбайнами при уборке (2...3 %) на этапах предварительной и первичной очистки при ненадлежащем подборе решет и других режимов (загрузка, скорость воздушного потока) в неиспользуемые отходы уходит до 8 % зерна. В процессе сушки за счет выдувания (уноса) зерна из камер потери могут возрасти на 2...3 %.

В целом же если не выдерживаются требования к качеству хлебного вороха и нарушаются режимы его переработки на стадии послеуборочной доработки, отходы могут составлять около 30 % бункерного урожая. Из этого объема немногим более 10 % составляют используемые отходы (проход сортировальных решет), а в остальных 20 % (сорная примесь, усушка) безвозвратно теряется до 10 % зерна.

Потери возникают также из-за перележки зерна на открытых площадках и зернотоках до начала его сушки и очистки (порча из-за самосогревания, ухудшения качества и т. д.).

**Очистка зерна.** Неправильные регулировки и настройки режимов работы очистительных машин приводят к перерасходу электроэнергии. Так, увеличенный расход воздуха вентиляторов пневмосистем приводит к сверхнормативным потерям полноценного зерна в неиспользуемые воздушные отходы и к повышенным затратам мощности электродвигателей. Заниженный расход – некачественная очистка и, соответственно, перерасход энергии на последующих операциях.

Неправильный подбор сортировальных рабочих органов (решет) приводит либо к потерям зерна в отходы, либо к некачественной очистке, что в итоге также увеличит удельный расход электроэнергии и топлива при выполнении последующих операций.

**Пример.** Предварительная очистка позволяет выделить из зернового вороха, поступающего на сушку, грубые, солоmistые легковесные примеси и сорняки, имеющие высокую влажность (до 40 % и выше), тем самым снизить влажность зерна до сушки на 1...2 %. Это, в свою очередь, позволяет уменьшить расход топлива в процессе последующей сушки – до 1 кг условного топлива на каждую тонну зерна.

### **Меры по предупреждению потерь зерна и электроэнергии:**

- четкое следование рекомендациям по настройкам и регулировкам машин, изложенным в инструкциях и руководствах по эксплуатации заводов-изготовителей;

- использование лабораторных классификаторов (лабораторных машин) соответствующего назначения для подбора рабочих поверхностей и режимов работы сортировальных машин. Эти меры позволят избежать ошибок в настройках машин, а в итоге – снизить потери зерна;

- использование более современных средств управления машинами. Сокращает время на перенастройку (уменьшается время холостой работы машин и, как следствие, снижается общий расход электроэнергии). Применение автоматизации технологических процессов позволяет сократить время настройки машин на требуемый режим работы на 30...50 %, что особенно актуально на комплексах и линиях подготовки семян, где происходит частая смена обрабатываемых культур, сортов, соответственно, требуются перенастройки;

- обучение персонала, более четкая организация труда также позволяют сократить время «холостой работы» машин и оборудования в процессе настройки и тем самым уменьшить непроизводительные расходы электроэнергии.

### ***Сушка зерна. Способы повысить эффективность сушки***

Сегодня в зерносушилках применяются разнообразные технологические способы повышения эффективности удаления влаги из зерна.

**Смешивание зерна различной влажности.** Часть просушенного зерна возвращается в сушилку и смешивается с подаваемым на сушку сырым зерном, температура которого увеличивается, а влажность снижается за счет тепло- и массообменных процессов. Данный способ может применяться в зерносушилках, работающих в циркуляционном режиме при первом запуске, просушке пусковой партии, либо при обработке зерна с высокой влажностью, например, кукурузы, когда для удаления излишней влаги недостаточно одного пропусса. В отдельных случаях он может дать существенный эффект, но при этом всегда снижается производительность.

**Предварительный нагрев сырого зерна.** Его основная цель – повышение температуры зерна до предельно допустимой при данной влажности и одновременное удаление до 30–40 % от общего количества влаги, испаряемой в процессе сушки. При этом интенсифицируется диффузия влаги из внутренних слоев зерновок к их поверхности — снижаются затраты теплоты на испарение при последующей сушке, что в итоге позволяет сэкономить топливо. Данный процесс может проводиться в малоподвижном слое в специальных установках с собственным источником нагрева теплоносителя. В результате применения предварительного нагрева затраты тепловой энергии уменьшаются на 15–20 % по сравнению с сушкой без него.

**Отлежка зерна.** Способ основывается на частичном перераспределении влаги между сырыми и сухими компонентами смеси при одновременном выравнивании их температуры. Эффективность межзерновых тепло- и массообменных процессов зависит от длительности отлежки. Многочисленными исследованиями установлено, что выравнивание температуры многокомпонентной смеси происходит за незначительный промежуток времени (до 10–15 минут).

В процессе такой отлежки влага из внутренних слоев отдельных зерновок, подсушенных, диффундирует к их поверхности, обезвоженной перед этим приемом в зерносушилках, т. е. зерно как бы отпотевает. В результате последующее обезвоживание такого зерна проходит более интенсивно, что способствует значительному снижению затрат тепловой энергии на сушку.

В практике зерносушения применяется отлежка однородного по влажности и температуре зерна. За рубежом этот прием находит широкое применение в условиях раздельной сушки, когда основная масса влаги удаляется в зерносушилке, а досушивание после отлежки проводится на установках активного вентилирования атмосферным либо искусственно охлажденным и обезвоженным воздухом.

**Способы подвода к зерну агента сушки.** В современной практике в большинстве случаев во всех типах зерносушилок применяется конвективный подвод тепла. Процесс протекает при постоянной скорости сушки и сопровождается постепенным повышением температуры зерна. Для шахтных и

колонковых сушилок режим сушки, наряду с температурой агента, обычно характеризуют предельно допустимой температурой нагрева зерна. На ее значение влияют такие факторы, как неравномерное распределение агента сушки по сечению шахты, по длине подводящих и отводящих коробов; неравномерная скорость перемещения отдельных слоев зерна по сечению шахты или колонны.

Максимальной температуры зерно достигает к моменту выхода из зоны сушки. Вследствие этого процесс сушки протекает с низкой эффективностью.

Однако наибольшее влияние на затраты тепла оказывает способ подвода воздуха в сушильную камеру – нагнетанием (наддувом) или протяжкой (просасыванием). Большинство отечественных и зарубежных зерносушилок работают по второму способу: экономия тепла составляет до 20 % в сравнении с наддувом. Создание разрежения в сушильной камере (эффект вакуума) ускоряет испарение влаги из зерновок.

**Способы подвода воздуха для окончательного охлаждения зерна.** Во время охлаждения происходит дополнительное обезвоживание зерна, которое интенсифицируется с повышением температуры подаваемого зерна и с увеличением длительности его отлежки в охлаждающих колонках или накопительных бункерах. Если учесть, что при окончательном охлаждении удаляется наиболее прочно связанная часть влаги, то становится ясной его важность. В соответствии с действующими нормами, зерно после охлаждения должно иметь температуру, не превышающую температуру наружного воздуха более чем на 10 °С.

В зарубежной практике этому способу уделяется большое внимание. Одним из приемов, дающим наибольшую экономию топливно-энергетических ресурсов, является сушка по методу драйаэрации (сушить и вентилировать). Заимствованный из американской практики, он нашел широкое применение во Франции. Его суть — в медленном раздельном охлаждении зерна после сушки. При обычной сушке зерно обезвоживается до влажности 15–16 %, а накопленное в нем тепло удаляется путем интенсивного охлаждения атмосферным воздухом в соответствующей камере зерносушилки.

Подобный метод применен в отечественных зерноочистительно-сушильных комплексах ЗСК-60Ш(80Ш) и ЗСК-100 производства ОАО «Амкодор» (рисунок 1). Сегодня это самые мощные комплексы в Беларуси. Принцип их действия разработан ОАО «Амкодор» совместно с РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». В конструкциях комплексов применен метод охлаждения и досушивания зерна в бункере-накопителе-охладителе, а сушилка работает полностью в режиме нагрева. Это дает возможность выпускать зерно из нее с влажностью примерно на 1–2 % выше требуемой конечной. По сравнению с быстрым охлаждением такой метод позволяет снизить расходы топлива на 14–18 % и увеличить производительность.

В конструкции комплекса ЗСК-100Ш применен прямой нагрев агента сушки линейной газовой горелкой. Сушка зерна осуществляется без теплообменника, смесью топочных газов и воздуха. Этот метод позволяет уменьшить удельный расход топлива на 20–22 % в сравнении с воздухомнагревателями с теплообменниками.



**Рисунок 1 – Комплекс зерноочистительно-сушильный ЗСК-60/80 ОАО «Амкодор»**

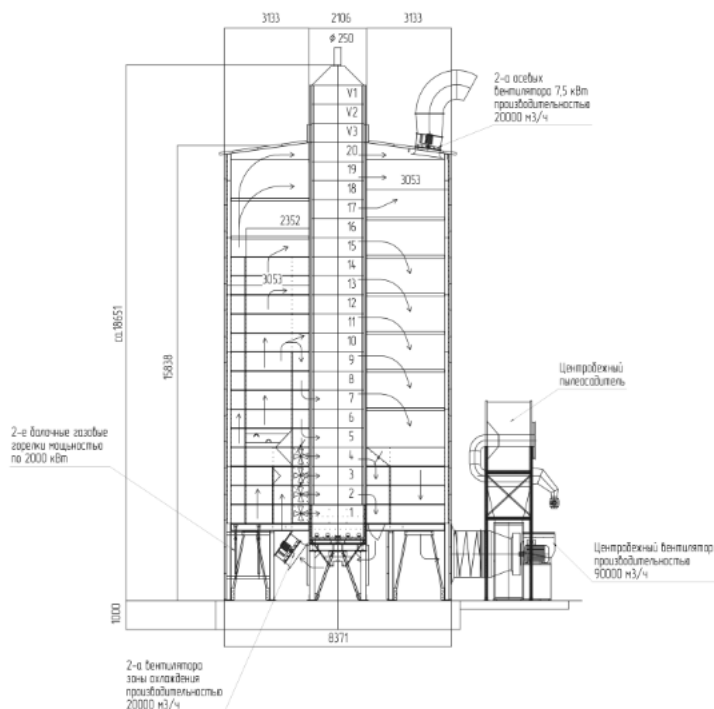
Однако в этом случае требуется качественная очистка отработанного агента сушки от зерновой пыли, применение в конструкции сушилки искрогасителей, чтобы снизить риск возгорания вороха. Поэтому при разработке комплексов ЗСК-60Ш(80Ш) и ЗСК-100Ш большое внимание было уделено обеспыливанию отработанного воздуха.

**Повторное использование теплоты отработавшего агента сушки.** В настоящее время в отечественном и зарубежном зерносушении имеется определенный опыт использования теплоты отработавшего агента, потери которой, по данным целого ряда исследователей, могут достигать 30–40 % от всех непроизводительных затрат теплоты.

Как показывает практика, потери теплоты в окружающую среду через элементы корпуса зерносушилки и воздухопроводы могут составлять до 20 % от общего количества, расходуемого на сушку. Кроме того, потери теплоты на воздухопроводах, отводящих отработавший агент, вызывают конденсацию паров на стенках, налипание на них пыли и мелких примесей. В результате гидравлическое сопротивление возрастает, а расход электроэнергии увеличивается. Основной причиной таких потерь является недостаточная теплоизоляция поверхностей сушилок или полное ее отсутствие.

В Беларуси реализован совместный проект РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» с фирмой «Riela» (Германия) в области производства зерносушилок (рисунок 2). В конструкции сушилки применены такие прогрессивные технические решения, как теплоизоляция корпуса, повторное использование части отработанного агента сушки, прямой нагрев.





**Рисунок 2 – Общий вид и технологическая схема зерносушилки СЗШМ-40-11**

Применение рекуперации тепла из зоны охлаждения и теплоизоляция шахты позволяют экономить 17–22 % тепловой энергии и, соответственно, топлива на сушке.

**Равномерность сушки.** Более равномерного распределения агента сушки по сечению шахты и отдельным коробам можно добиться, снизив скорость потока на входе в подводящие короба. Для этого нужно увеличить сечение подводящего диффузора и установить его, по возможности, по всей высоте шахты. Подобные конструктивные решения применены в зерносушилках производства ОАО «Амкодор», а также в зерносушилке СЗШМ-40-11.

### ***Энергосбережение при хранении собранного урожая.***

Потери зерна происходят и в процессе его хранения в складах. Клеточное дыхание зерна, с последующим произвольным его самосогреванием, вызывает потерю сухой массы и благоприятствует развитию насекомых-вредителей и грибков. Эти процессы зависят от температуры и влажности зерна – чем выше температура и влажность зерна, тем интенсивнее оно дышит.

В Республике Беларусь имеется в наличии складских помещений для зерна и зернопродуктов вместимостью порядка 10 млн. тонн, из которых металлические бункеры силосного типа составляют немногим более 11 процентов от общего объема. Остальное – склады амбарного типа, где погрузочно-разгрузочные работы осуществляются передвижными транспортерами и самоходными фронтальными погрузчиками. При этом на разгрузочно-погрузочных работах применяется большое количество ручного труда. В подобных складах полностью

отсутствует возможность обеспечить автоматизированное режимное хранение зерна и зернопродуктов. Поэтому требуется замена вышеупомянутых складских помещений современными металлическими механизированными хранилищами силосного типа, обеспечивающими поддержание режимов хранения, минимальные трудовые затраты при обслуживании, минимальные потери зерна (в процессе погрузочно-разгрузочных работ), возможность обеззараживания.

Применение механизированных силосных хранилищ позволит снизить ежегодные затраты труда на погрузочно-разгрузочные работы в 6–7 раз, потери зерна в процессе хранения – на 3...5 %.

Одним из технологических приемов сохранения зерна от порчи является хранение его в охлажденном состоянии. Снижение температуры хранящегося зерна ведет к уменьшению потерь сухого вещества в результате дыхания.

Многочисленные исследования показывают, что при хранении зерна влажностью 15 % при температуре +10 °C за месяц теряется в результате дыхания 0,02 % сухого вещества, при 25 °C – 0,12, при 30 °C – 0,30 и при 40 °C – 1,10 %.

В охлажденном зерне и семенах снижается физиологическая активность не только зерновой массы, но и всех ее живых компонентов — семян сорных растений, микрофлоры и вредителей хлебных запасов.

В среднем цикл охлаждения в зависимости от условий внешней среды требует 3–5 кВт/ч электроэнергии на 1 т зерна. Одного цикла охлаждения достаточно для хранения зерна в течение 6–8 месяцев.

Охлаждение зерна дает экономию энергии при тепловой сушке. Сушка должна проводиться до уровня влажности зерна 15 %, поскольку дальнейшее понижение влажности на 1–1,5 % достигается при охлаждении как второстепенный эффект. При исходной влажности зерна 15 % и температуре около +30 °C сушка может быть с успехом заменена качественной очисткой зерна с последующим охлаждением, при этом экономия топлива составит до 1 кг дизельного или 1,5 м<sup>3</sup> природного газа на каждую тонну закладываемого на хранение зерна данным способом.

### ***Заключение***

Поиск дополнительных путей снижения потерь зерна, более рационального использования топлива и электроэнергии в процессах послеуборочной обработки возможен на основе дальнейших исследований.

Как показывает практика, любые конструктивные усовершенствования, способствующие интенсификации процесса сушки, сокращают энергетические затраты. Перспективными выглядят разработка новых технологических способов обезвоживания и принципиально новых способов сушки и подвода тепла к зерну, в том числе использование солнечной энергии, замена традиционных видов топлива возобновляемыми источниками.

На экономию топлива и электроэнергии напрямую влияет автоматизация процессов послеуборочной обработки и хранения. Так, контроль влажности и регулирование заданного значения влажности просушенного зерна влагомерами, работающими в потоке, с выводом на дисплей пульта управления или монитор

компьютера задаваемых и фактических параметров помогает поддерживать оптимальный расход агента сушки и воздуха, предотвращает пересушивание.

В итоге применение вышеперечисленных технологических приемов и способов интенсификации процессов в послеуборочной обработке, используемых в различной последовательности и различных сочетаниях, позволяет сократить затраты топлива до 30 %, потери зерна – на 7–10 %, затраты труда на складских работах в хранилищах – до 6–7 раз.