

# СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА В ПРЯМОТОЧНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ

**В. СОРОЧИНСКИЙ**, д-р техн. наук, ГНУ ВНИИЗ Россельхозакадемии

Сушка и активное вентилирование — основные средства, обеспечивающие сохранение и повышение качества зерна при его послеуборочной обработке и хранении. Своевременно и правильно проведенная сушка улучшает продовольственные и семенные достоинства зерна, его технологические свойства, действует угнетающе на жизнедеятельность микроорганизмов и вредителей.

Ежегодно до 60–75% валового сбора зерновых и зернобобовых культур, маслосемян и кукурузы подвергаются сушке. При валовом сборе зерна в России на уровне 80–100 млн т в год в сушке нуждается обычно от 50 до 75 млн т зерна. При снижении влажности зерна в среднем от 20 до 14% исходя из средних удельных затрат топлива для сушки зерна требуется не менее 0,5–0,7 млн т натурального топлива.

Зерносушильный парк элеваторов и хлебоприемных предприятий насчитывает около 3 тыс. сушилок производительностью в основном от 30 до 50 пл. т/ч, из них до 30% зерносушилок морально и физически изношены и требуют замены. Переоснащение и замена зерносушилок отечественными производителями осуществляется медленно, примерно по 200 штук в год, неустановленное количество блочно-модульных сушилок с низким влагосъемом поставляется из-за рубежа.

За последние 3–5 лет энергоресурсы значительно подорожали и имеют тенденцию к дальнейшему увеличению стоимости. Особенно сильно подорожал природный газ — в 2,5–3 раза, повысились в 1,5–2 раза цены на электроэнергию, на дизельное топливо — на 20–30%. С ростом цен на топливо и электроэнергию доля энергозатрат на производство продукции растениеводства за последние годы достигла 20–25%. При этом, по экспертным оценкам, из общего количества энергоресурсов, затраченных на производство зерна, прямые энергозатраты на очистку и сушку достигают 35%, а доля энергозатрат в себестоимости сушки составляет 75–80%. Повышение стоимости энергоресурсов обуславливает и повышение стоимости товарного зерна. Поэтому разработка новых технологий и оборудования, снижающих энергозатраты на сушку, имеет важное значение для уменьшения затрат при производстве зерна.

В настоящее время около 20 российских и зарубежных предприятий и фирм предлагают на отечественном рынке новую зерносушильную технику. Между ними серьезная конкуренция за потребителя, которая часто приводит к недостоверным сведениям по основным технико-экономическим показателям рекламируемых зерносушилок и эффективности сушки зерна на них.

Основным общепринятым показателем, определяющим эффективность зерносушильной техники, является коэффициент полезного действия. Однако производители зерносушилок нередко указывают такие значения показателей, при которых затраты теплоты на испарение влаги получаются даже ниже теоретических.

На основе обобщения данных по основным технико-экономическим показателям зерносушилок различных типов целесообразно оценить фактические удельные затраты теплоты на испарение влаги, а также их измене-

ние при различных способах утилизации тепла. Величину тепловых потерь рассмотрим на примере теплового баланса высокотемпературной шахтной прямоточной зерносушилки непрерывного действия с косвенным и прямым нагревом сушильного агента при начальной температуре атмосферного воздуха и зерна 5°C, работающей без утилизации теплоты. По результатам расчетов и многочисленных испытаний коэффициент полезного действия такой зерносушилки составляет 42 и 49% при косвенном и прямом нагреве сушильного агента соответственно, а общие затраты тепла на сушку — 5985 и 5112 кДж/кг исп. вл. К сожалению, с таким низким коэффициентом полезного действия работает большинство прямоточных зерносушилок в России. При этом основным способом для снижения энергозатрат на сушку является утилизация теплоты отработавшего сушильного агента, составляющей 22–30% от общего количества теплоты, затраченной на сушку, а также использование теплоты на нагрев зерна, составляющей 11–13%. Остальные потери теплоты (в топке и от металлоконструкций сушилки) существенно ниже.

Высокотемпературные зерносушилки, в которых зерно сушится и охлаждается в одном агрегате, можно условно разделить на несколько групп в зависимости от способа утилизации теплоты отработавшего сушильного агента и теплоты, затраченной на нагрев зерна:

- без утилизации охлаждающего воздуха и сушильного агента;
- с утилизацией только охлаждающего воздуха;
- с утилизацией охлаждающего воздуха и частичной утилизацией отработавшего ненасыщенного сушильного агента из нижних зон сушки;
- с утилизацией охлаждающего воздуха и сушильного агента, в том числе насыщенного из верхних зон сушки;
- с технологией драйаэрации при сушке зерна.

Сравнение показателей эффективности работы зерносушилок проведено для зерна и воздуха начальной температуры 5°C при снижении влажности зерна пшеницы с 20 до 14% и работе топki зерносушилки на жидком топливе с теплотворной способностью 42 654 кДж/кг (табл. 1). В первой группе удельные затраты теплоты составляют 5110 кДж/кг исп. вл., а расход натурального топлива — 8,4 кг/пл. т, или 1,4 кг/т %, при коэффициенте полезного действия сушилки 49,2%. Утилизация охлаждающего воздуха способствует снижению удельных затрат теплоты до 4800 кДж/кг исп. вл., увеличению коэффициента полезного действия до 52,4%, снижению расхода натурального топлива до 7,9 кг/пл. т, или до 1,32 кг/т %.

Для зерносушилок третьей группы удельные затраты теплоты составляют 4418 кДж/кг исп. вл., коэффициент полезного действия 56,9%, расход натурального топлива — 7,2 кг/пл. т, или 1,2 кг/т %. Следует отметить, что при дальнейшем развитии зерносушильной техники с такой схемой утилизации теплоты будут работать большинство современных зерносушилок.

Коэффициент полезного действия зерносушилок четвертой группы может достигать 77,5% при затратах на

сушку 3244 кДж/кг исп. вл., расходе топлива в количестве 5,3 кг/пл. т, или 0,88 кг/т %, с дополнительной утилизацией насыщенного отработавшего сушильного агента через специальные теплообменники: либо с промежуточным теплоносителем, либо на тепловых трубах. Вместе с тем, применения в зерносушении эти установки пока не нашли, что объясняется недостаточно эффективной их работой вследствие налипания на теплообменные поверхности влажной пыли из отработавшего сушильного агента и значительными капитальными затратами. Однако с использованием современных средств очистки воздуха это направление может получить развитие.

Примерно 30 лет тому назад началось внедрение тепловых насосов для сушки зерна, прежде всего для утилизации отработавшего сушильного агента. Это направление снижения энергозатрат на сушку (на 25–30%) перспективно, в первую очередь, для сушилок малой производительности. Однако должного развития оно не получило из-за высокой запыленности воздуха, загрязняющего поверхность испарителя и конденсатора, образования «снеговой шубы» в испарителе и необходимости отвода конденсата. Кроме того, определяющим фактором для приобретения этих сушилок является стоимость холодильной машины и возрастающая стоимость электрической энергии.

В настоящее время в мировой практике для сушки зерна колосовых культур, кукурузы и бобовых довольно широко применяется двухстадийная сушка с активным вентилированием и медленным охлаждением зерна в вентилируемых бункерах, охладителях непрерывного действия или в хранилищах по методу драйаэрации. Это позволяет до 20% снизить затраты на сушку зерна в зерносушилках пятой группы и повысить их КПД до 61,5% при удельных затратах теплоты 4090 кДж/кг исп. вл. (табл. 2). При сушке зерна этим способом оно не досушивается на 1,5–2% до критического значения, дальнейшее испарение влаги происходит при медленном охлаждении. Эффективность процесса определяется совпадением коэффициентов диффузии и термодиффузии влаги в процессе охлаждения нагретого зерна (эти условия выполняются при данном способе сушки). Экономия топлива достигается за счет полезного использования теплоты, ранее затраченной на нагрев зерна, интенсификации процесса сушки — благодаря увеличению температуры сушильного агента на 15–20°C и сокращению потерь теплоты с отработавшим в нижней части сушильной зоны ненасыщенным влагой сушильным агентом. Наряду с улучшением качества зерна этот метод позволяет существенно повысить производительность высокотемпературных прямоточных зерносушилок. Однако они должны иметь гибкую технологическую схему с переводом охлаждающей зоны на сушку зерна.

При прямом нагреве сушильного агента и сочетании метода драйаэрации с утилизацией охлаждающего воздуха и ненасыщенного отработавшего сушильного агента удельные затраты топлива на сушку снижаются на 33,5%, а расчетный коэффициент полезного действия сушилки увеличивается до 73,9% при удельных затратах теплоты — 3400 кДж/кг исп. вл. При таких условиях на одной зерносушилке производительностью 30 т/ч за два месяца ее работы будет сэкономлено 76,7 т дизельного топлива, или 1,53 млн руб. при стоимости дизтоплива 20 руб./т.

Таким образом, степень утилизации теплоты, пошедшей на сушку зерна, существенно влияет на энергозатраты прямоточных зерносушилок и отражает современный уровень развития зерносушения. Значения удельных затрат теплоты на сушку для прямоточных зерносушилок являются средними для каждого способа сушки и зависят от начальной и конечной влажности зерна, начальной температуры

**Таблица 1. Изменение показателей работы прямоточных зерносушилок в зависимости от способа утилизации теплоносителя**

| Номер группы | Зерносушилка                                                                      | Удельные затраты теплоты, кДж/кг исп. вл. | Расход натурального топлива, кг/пл. т | Расход натурального топлива, кг/т % | Коэффициент полезного действия, % |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1            | Без утилизации охлаждающего воздуха и сушильного агента                           | 5110                                      | 8,4                                   | 1,4                                 | 49,2                              |
| 2            | С утилизацией только охлаждающего воздуха                                         | 4800                                      | 7,9                                   | 1,32                                | 52,4                              |
| 3            | С утилизацией охлаждающего воздуха и ненасыщенного сушильного агента              | 4418                                      | 7,2                                   | 1,2                                 | 56,9                              |
| 4            | С утилизацией охлаждающего воздуха, ненасыщенного и насыщенного сушильного агента | 3244                                      | 5,3                                   | 0,88                                | 77,5                              |

**Таблица 2. Изменение удельных показателей прямоточных зерносушилок при применении драйаэрации**

| Номер группы | Зерносушилка                                                         | Удельные затраты теплоты, кДж/кг исп. вл. | Расход натурального топлива, кг/пл. т | Расход натурального топлива, кг/т % | Коэффициент полезного действия, % |
|--------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1            | Без утилизации охлаждающего воздуха и сушильного агента              | 4090                                      | 6,7                                   | 1,12                                | 61,5                              |
| 2            | С утилизацией охлаждающего воздуха и ненасыщенного сушильного агента | 3400                                      | 5,6                                   | 0,93                                | 73,9                              |

зерна и атмосферного воздуха, температуры сушильного агента и конструкции зерносушилки. Возможность применения различных способов сушки для экономии затрат определяется технико-экономическими расчетами при сопоставлении снижения затрат на экономленное топливо и ростом стоимости самой сушилки для их реализации. При использовании теплообменника для нагрева сушильного агента коэффициент полезного действия зерносушилок снижается на 5–8%.

В заключение хотелось бы отметить: в статье не указаны ни названия фирм-производителей зерносушильной техники, ни марки и типы зерносушилок, работающих по той или иной технологической схеме с реализацией различных способов утилизации теплоносителей. Однако автор надеется, что приведенные в статье сведения помогут специалистам выбрать эффективную и экономичную зерносушилку. Для климатических условий России, где средняя влажность сырого зерна составляет 22,5%, перспективным направлением следует считать развитие зерносушильной техники на базе современных способов интенсификации процесса сушки: применение предварительного нагрева зерна и осциллирующих режимов сушки; утилизация теплоносителя, сушильного агента и охлаждающего воздуха; гибкая технологическая схема зерносушилок, в которой сочетаются прямоточное и рециркуляционное движение зерна.