

ХРАНЕНИЕ И СУШКА ЗЕРНА: СЛОЖНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

В. СОРОЧИНСКИЙ, д-р техн. наук, заместитель директора по научной работе, ФГБНУ «ВНИИ зерна и продуктов его переработки»

ХРАНЕНИЕ ЗЕРНА

В последние годы производство зерна в Российской Федерации постоянно увеличивается, составляя 110–135 млн т. К 2035 г. в соответствии с Долгосрочной стратегией развития зернового комплекса Российской Федерации планируется получить 140 млн т зерна. Для обеспечения сохранности зерна минимальные мощности хранения должны превышать объем урожая на 20–30%. Однако они составляют 120–146 млн т, что сопоставимо с валовым сбором зерна. По данным РЗС, на зерноперерабатывающих предприятиях вместимость зернохранилищ — 17,4 млн т; на заготовительных — 47,3 млн т; на сельскохозяйственных, включая амбары для хранения, которые не могут гарантировать сохранность качества и количества зерна, — 81,3 млн т.

В соответствии с Госпрограммой до 2020 г. предусматривается прирост современных мощностей единовременного хранения на 17,07 млн т. В то же время, согласно целевой программе Минсельхоза России, планируется дополнительное строительство, реконструкция и модернизация мощностей по подработке, хранению и перевалке зерновых и масличных культур только на 6,1 млн т, из них 2 млн т для первоначального приема, накопления и подработки зерна.

Прирост мощностей хранения в последние годы осуществляется в основном за счет строительства металлических зернохранилищ. Это объясняется меньшими по сравнению с железобетонными силосами капитальными затратами и сроками монтажа. Вместе с тем металлические силосы подвержены коррозии и большему износу, их эксплуатация требует более высоких затрат электроэнергии. Отсутствие теплоизоляции приводит к существенным ограничениям в использовании металлических силосов, особенно при значительном изменении климатических условий, характерных для многих регионов России.

Из-за высокой теплопроводности ограждающих стальных конструкций металлического силоса температура в верхнем и в пристенном слоях хранящегося зерна вследствие воздействия солнечного излучения может достигать высоких значений — до 55°C, что приводит к снижению качества зерна. При последующем охлаждении зерна из-за суточных колебаний температуры наружного воздуха на внутренних стенках силоса возможна конденсация водяных паров, в следствие чего происходит увлажнение и порча пристенного слоя зерна.

Требования к условиям хранения зерна в металлических силосах, соблюдение которых обеспечивает его сохранность, приведены в нормативных документах и методи-

ческих рекомендациях. В соответствии с этими документами запрещается загрузка и хранение в металлических силосах свежесобранного зерна, не прошедшего сушку и очистку. Разрешается хранение сухого и очищенного зерна максимальной влажностью 14% для южных районов РФ сроком до 6 месяцев для пшеницы, до 3 месяцев для ячменя и кукурузы. При этом все металлические силосы должны быть оборудованы системой дистанционного контроля температуры зерна (1 раз в 3 дня) и установками активного вентилирования с удельным расходом воздуха не менее 10 м³/(ч·т). Однако строящиеся в настоящее время металлические силосы как иностранного (Германия, Испания, США и др.), так и отечественного производства оснащаются установками с удельной подачей воздуха не более 5 м³/(ч·т), что в российских климатических условиях не позволяет обеспечить длительную сохранность зерна.

ЭЛЕВАТОРМЕЛЬМОНТАЖ

СТРОИТЕЛЬСТВО ПРЕДПРИЯТИЙ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ



**ВОЛГОГРАД
55-ЛЕТНИЙ
ОПЫТ РАБОТЫ**

Строительство заводов под ключ.
Осуществление функции генерального подрядчика

Полная номенклатура современных зерновых и мельничных самостеков из нержавеющей стали и из черной стали, с окраской порошковыми эмалями в электростатическом поле, футурованных износостойкими листами

Нестандартизированное оборудование по чертежам заказчика для всех предприятий зерноперерабатывающей промышленности

Детали аспирации, вентиляции и электромонтажных изделий

Сборные силоса хранения сырья и комбикормов

**СТРОИТЕЛЬСТВО, МОНТАЖ,
НАЛАДКА, ПУСК**

400074, г. Волгоград, ул. Козловская 50а
тел. (8442) 944465, 944714
тел./факс 945153
e-mail: info@montaj.ru
www.montaj.ru

Во ВНИИЗ было изучено влияние изменения температуры окружающей среды на температуру зерна пристенного слоя в металлических силосах. В условиях постоянной и переменной температур атмосферного воздуха получены соответствующие уравнения:

$$\Theta_x = t_0 - \Theta_{изб} (t_0 - \Theta_0), \quad (1)$$

$$\Theta_x = \Theta_0 + \Theta_{изб} b\tau, \quad (2)$$

где Θ_x — текущая температура зерна, °C;

t_0 — начальная температура атмосферного воздуха, °C;

$\Theta_{изб}$ — относительная избыточная температура зерна, °C;

Θ_0 — начальная температура зерна, °C;

b — скорость изменения температуры атмосферного воздуха, °C/ч;

τ — продолжительность процесса, ч.

Относительная избыточная температура определялась при этом по уравнениям:

$$\Theta_{изб} = (t_0 - \Theta_x) / (t_0 - \Theta_0) = \operatorname{erf}(1/2 \sqrt{Fo_x}), \quad (3)$$

$$\Theta_{изб} = 1 + \frac{1}{\sqrt{\pi Fo_x}} \left(\frac{2}{Bi_x} + 1 \right) \exp\left(-\frac{1}{4Fo_x}\right) - \left(\frac{1}{Bi_x^2 Fo_x} + \frac{1}{Bi_x Fo_x} + \frac{1}{2Fo_x} + 1 \right) \operatorname{erfc} \frac{1}{2\sqrt{Fo_x}}, \quad (4)$$

где Bi — критерий Био;

Fo — критерий Фурье;

$\operatorname{erf}(u)$ — функция ошибок Гаусса.

Зная значение относительной избыточной температуры зерна, можно по уравнению (1) рассчитать изменение температуры зерна при стационарном прогреве металлической стенки силоса (рис. 1). С увеличением толщины слоя зерна, то есть дальше от стенки, влияние температу-

ры атмосферного воздуха на величину нагрева зерна снижается, но остается существенным при толщине слоя 3–5 см. При толщине слоя от 0,5 до 3 см зерно нагревается до температуры, близкой к температуре окружающей среды. Слой зерна толщиной выше 20 см практически не меняет свою температуру.

Таким образом, обеспечить сохранность зерна при хранении в элеваторах можно только при наличии активной вентиляции и систем термометрии. К сожалению, большинство элеваторов не оснащены системами активной вентиляции необходимой мощности, а имеющиеся морально и физически устарели. Сейчас практически не проводятся разработка новых и модернизация действующих систем активного вентилирования, хотя существует много различных способов (рис. 2). В основном используется малоэффективный способ вертикального вентилирования при нагнетании воздуха в силос и недостаточно надежное горизонтальное вентилирование при сочетании нагнетания и отсасывания воздуха из силоса.

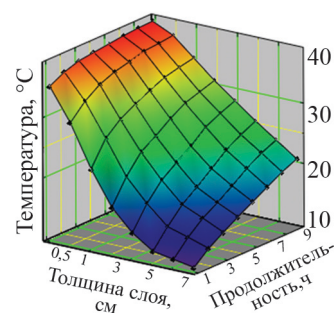


Рис. 1. Зависимость температуры нагрева пристенного слоя зерна пшеницы от толщины слоя и продолжительности нагрева ($\Theta_0 = 10^\circ\text{C}$, $t_0 = 40^\circ\text{C}$)

СУШКА ЗЕРНА

Всего на элеваторах, комбинатах хлебопродуктов, комбикормовых и других предприятиях агропромышленного комплекса России эксплуатируются около 3600 стационарных и 1300 передвижных зерносушилок раз-

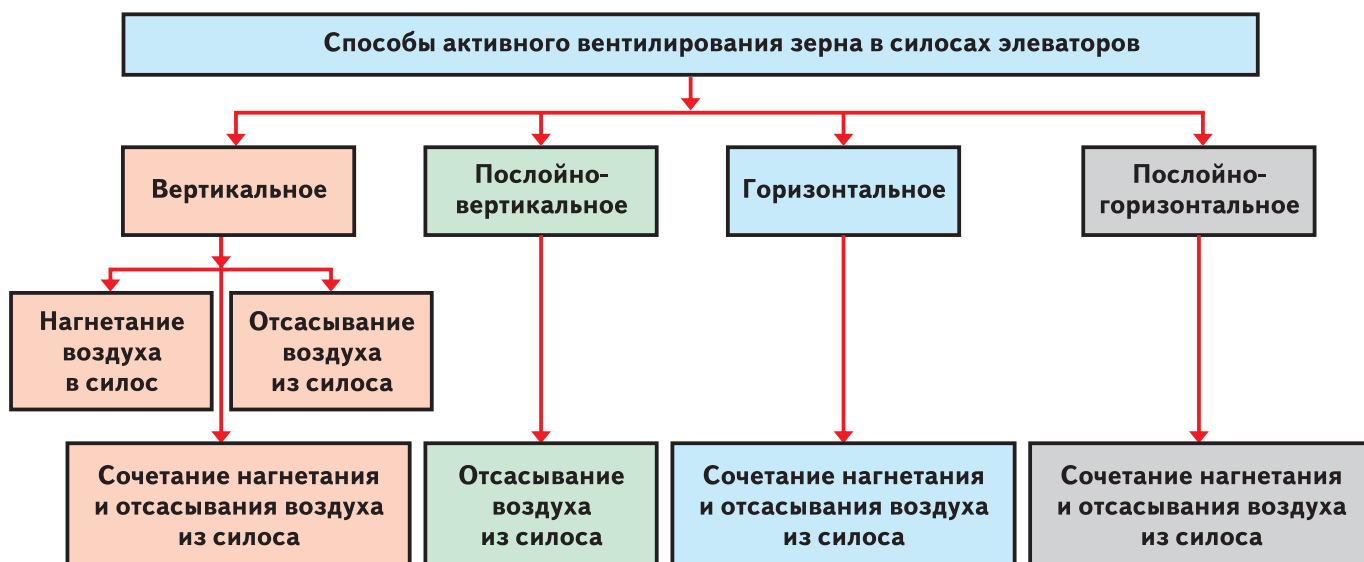


Рис. 2. Способы активного вентилирования зерна в силосах элеваторов

личных конструкций и производительности. Из них около 60% морально и физически устарели, 20% требуют замены.

В настоящее время в России ООО «СКБ по сушилкам «Брянсксельмаш», ООО «Воронежсельмаш», АО «Мельинвест», АО «Агропромтехника», ОАО «Тверьсельмаш» и другие производят зерносушилки различных конструкций: шахтные, колонковые, жалюзийные, конвейерные и т.д. Значительное количество зерносушилок поступает из-за рубежа: США, Германии, Дании, Швеции, Польши, Франции, Италии, Украины, Великобритании, Финляндии, Аргентины. Но все они прямоточные и не предназначены для сушки зерна высокой влажности за один проход.

В России выращивают около 30 наименований различных зерновых, зернобобовых и масличных культур, которые существенно различаются своими физическими, теплофизическими и биохимическими свойствами. В соответствии с действующей до недавнего времени Инструкцией №9-3-82 по сушке продовольственного, кормового зерна, маслосемян и эксплуатации зерносушилок просушенного зерна в плановые единицы в зависимости от его влажности до и после сушки для различных культур предусмотрены соответствующие режимы сушки, обеспечивающие сохранение качества. Производительность зерносушилки будет отличаться и зависеть от обрабатываемой культуры. Для учета этого изменения и расчета энергозатрат на сушку в Инструкции №9-3-82 предусмотрены коэффициенты пересчета массы (K_e) и пересчета массы просушенного зерна в плановые единицы при сушке различных культур (K_c). При этом за плановую единицу принята одна тонна просушенного зерна при снижении влажности с 20 до 14%, то есть на 6%. Вместе с тем с введением коэффициентов пересчета становится неопределенным сравнение производительности зерносушилок при сушке разных культур и пересчете затрат топлива на сушку плановой тонны.

У зарубежных фирм, поставляющих в Россию зерносушильную технику, другой подход к определению производительности. Они указывают ее по 2–3 зерновым культурам при некотором заданном съеме влаги (как правило 3–5%), а также единые значения расхода топлива для этих культур при фиксированных атмосферных условиях. При этом остаются неясными значения показателей при изменении величины съема влаги, а также для большинства остальных зерновых и масличных культур. Это затрудняет планирование сушки зерна на предприятиях и сравнение зерносушилок по технико-экономическим показателям. В связи с этим на предприятиях часто возникают вопросы по реальной производительности зерносушилок и расчету необходимых затрат топлива и электроэнергии при сушке различных культур с разной начальной влажностью.

Зная производительность зерносушилки при сушке основной зерновой культуры — пшеницы и используя

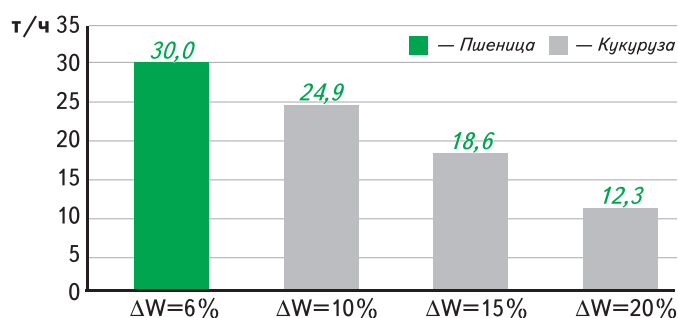


Рис. 3. Производительность зерносушилки при сушке пшеницы (съем влаги на 6%) и кукурузы (съем влаги на 10, 15 и 20%)

методы математической статистики, можно рассчитать предполагаемое изменение производительности прямоточных зерносушилок при сушке иных культур, естественно, в рамках соответствующих режимов сушки, обеспечивающих сохранение качества зерна. Это должно объединить два различных подхода для оценки производительности зерносушилки и ее технико-экономических показателей.

Для обобщения результатов и пересчета производительности были рассмотрены параметры зерносушилок (шахтные, жалюзийные, колонковые, башенные и передвижные) ведущих зарубежных и отечественных производителей, опубликованные в технических паспортах, статьях и рекламных проспектах. Температура сушильного агента при сушке пшеницы изменялась в пределах 70–95°C, ее начальная влажность — 18–20%, конечная — 14–15%, съем влаги при сушке пшеницы — 4–6%.

На рисунке 3 приведена производительность зерносушилки при сушке зерна пшеницы и кукурузы. По результатам обработки данных было получено уравнение для расчета производительности зерносушилки при сушке кукурузы:

$$P_{\text{кук}} = P_{\text{пш}} (0,428 + 0,137\Delta W_{\text{пш}} - 0,042\Delta W_{\text{кук}}), \quad (5)$$

где $P_{\text{пш}}$ — производительность при сушке пшеницы, т/ч;

$\Delta W_{\text{пш}}$ — съем влаги при сушке пшеницы, %;

$\Delta W_{\text{кук}}$ — съем влаги при сушке кукурузы, %.

Уравнение справедливо в диапазоне параметров: $W_{\text{пш}} = 18\text{--}20\%$; $\Delta W_{\text{пш}} = 4\text{--}6\%$; $W_{\text{кук}} = 20\text{--}35\%$; $\Delta W_{\text{кук}} = 5\text{--}21\%$; температура агента сушки — 90–125°C; коэффициент достоверности уравнения — 0,912.

Пример: если при сушке пшеницы производительность зерносушилки равна 30 т/ч, то при сушке кукурузы начальной влажностью 25, 30 и 35% она составит, соответственно, 24,9; 18,6 и 12,3 т/ч.

Аналогичным образом получена зависимость (рис. 4) и уравнение для расчета производительности зерносушилки при сушке семян подсолнечника:



$$P_{\text{подс}} = P_{\text{пш}} (0,289 + 0,074\Delta W_{\text{пш}} - 0,024\Delta W_{\text{подс}}), \quad (6)$$

где $\Delta W_{\text{подс}}$ — сьем влаги при сушке семян подсолнечника, %.

Уравнение справедливо в диапазоне параметров: $W_{\text{пш}} = 18\text{--}20\%$; $\Delta W_{\text{пш}} = 4\text{--}6\%$; $W_{\text{подс}} = 13\text{--}25\%$; $\Delta W_{\text{подс}} = 6\text{--}18,5\%$; температура агента сушки — $75\text{--}95^\circ\text{C}$; коэффициент достоверности уравнения — 0,868.

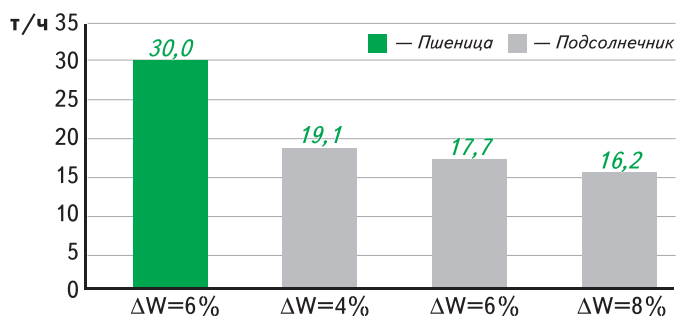


Рис. 4. Производительность зерносушилки при сушке пшеницы (сьем влаги на 6%) и семян подсолнечника (сьем влаги на 4; 6 и 8%)

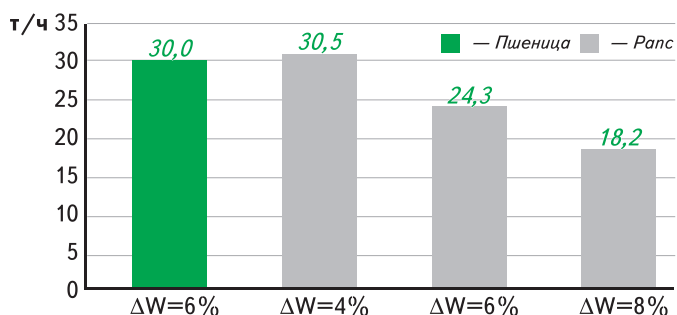


Рис. 5. Производительность зерносушилки при сушке пшеницы (сьем влаги на 6%) и семян рапса (сьем влаги на 4; 6 и 8%)

Производительность зерносушилки при сушке зерна пшеницы и семян рапса показана на рисунке 5.

Уравнение для расчета производительности зерносушилки при сушке семян рапса:

$$P_{\text{рапс}} = P_{\text{пш}} (0,433 + 0,166\Delta W_{\text{пш}} - 0,103\Delta W_{\text{рапс}}), \quad (7)$$

где $\Delta W_{\text{рапс}}$ — сьем влаги при сушке семян рапса, %.

Уравнение справедливо в диапазоне параметров: $W_{\text{пш}} = 18\text{--}20\%$; $\Delta W_{\text{пш}} = 4\text{--}6\%$; $W_{\text{рапс}} = 13\text{--}22\%$; $\Delta W_{\text{рапс}} = 4\text{--}10\%$; температура агента сушки — $60\text{--}90^\circ\text{C}$; коэффициент достоверности уравнения — 0,876.

Таким образом, для обеспечения длительного хранения зерна без потерь его качества увеличение мощностей хранения целесообразно осуществлять для южных и центральных регионов России за счет строительства металлических элеваторов, для Сибири и восточных регионов — железобетонных. Необходимо разработать системы активного вентилирования для увеличения удельных подач воздуха и предотвращения конденсатообразования в металлических силосах. Также следует возобновить техническое переоснащение и модернизацию зерносушильного парка страны за счет производства отечественных высокопроизводительных и энергоэффективных рециркуляционных зерносушилок с теплогенераторами на жидком и газовом топливе для сушки зерна любой начальной влажности за один проход, выпуск которых в настоящее время прекращен. Важно продолжить научно-исследовательские работы по обеспечению условий длительного хранения пшеницы, подсолнечника, кукурузы и других культур, и определению нормативов безопасного хранения для различных климатических условий страны. ■

Список литературы предоставляется по запросу.



ИНФОРМАЦИЯ

В Татарстане в сельскохозяйственном производственном кооперативе агрофирмы «Рассвет» Кукморского района запустили первый корпус новой мегафермы на 1500 дойных коров. Общая сумма инвестиций в проект составила 930 млн руб. На производстве используется современное оборудование фирмы «Делаваль», позволяющее вести работу в едином технологическом режиме по ресурсосберегающим технологиям. Мега-ферма оборудована современ-

ными доильными залами, доильно-молочным блоком «Параллель», родильным отделением и изолятором для больных животных. Автоматизация процессов кормления и поения, продуманная система микроклимата позволяют рационально использовать как энергоресурсы и корма, так и трудовые ресурсы. Руководитель хозяйства «Урал» Газинур Хабибраманов отметил, что строительство мегафермы будет проходить в три этапа и завершится к 2022 г. Все три корпуса

занимают 16 га. «Выполнение данного проекта позволит нарастить объемы реализации молока в СХПК агрофирма «Рассвет» до 16 тыс. т в год (45 т в день)», — рассказал заместитель начальника УСХиП Кукморского района Ильгам Ганиев.

По оперативным данным Минсельхозпрода РТ, в настоящее время в агрофирме «Рассвет» содержится 1100 дойных коров.

mcx.gov.ru/press-service/regions/v-tatarstane-