

## КАК СОХРАНИТЬ ЗЕРНО БЕЗ ПОТЕРЬ

В Международной промышленной академии (МПА) в конце февраля прошел семинар по программе повышения квалификации на тему «**Как правильно выбрать металлические зернохранилища и сохранить в них зерно без потерь. Альтернативные решения металлическим силосам**». Актуальность заявленной темы обусловлена запросом руководителей и специалистов элеваторов, хлебоприемных и сельскохозяйственных предприятий, которые сталкиваются с трудностями в решении ряда сложных технологических и организационных задач, связанных с выбором конструкций зернохранилищ, в том числе металлических силосов, с их технической эксплуатацией и управлением процессами хранения зерна. Активное участие в семинаре приняли также руководители и специалисты, которые смогли предложить решения по проектированию, строительству и техническому оснащению современных зернохранилищ различного предназначения и исполнения.

● *В.Б. Фейденгольд, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой зерна и продуктов его переработки МПА, в своем первом докладе остановился на востребованности зерна внутри страны и на международных рынках, на острой необходимости иметь достаточное количество зернохранилищ, обеспечивающих его сохранность.*

В настоящее время население земного шара превышает 8 млрд человек и к середине 2050-х годов приблизится к 10 млрд. Его динамичное развитие ставит непростые вопросы по обеспеченности продуктами питания животного и растительного происхождения, полученных в значительной степени при использовании зерна, мировое производство которого не превышает 2,3 млрд т и составляет менее 300 кг на человека в год. Решение планетарной проблемы по увеличению производства, сохранности и правильного перераспределения зерна возможно только с учетом анализа влияния целого комплекса факторов — демографического, экологического, экономического, технологического, социально-политического характера, которые тесно связаны между собой и обязательно с наличием или отсутствием зернохранилищ.

По приведенным данным Росстата, в 2022 г. в России собраны рекордные 157,7 млн т зерновых и зернобобовых культур, это на 29,9% больше, чем в 2021 г. (121,4 млн т). Из них на пшеницу приходится 104,2 млн т, что на 37% больше предыдущего урожая (76,1 млн т). По другим зерновым также отмечается рост: по ячменю — на 30%, ржи — на 26,5%, кукурузе — на 5%. Побиты исторические рекорды и по масличным — 29,076 млн т, что на 17% выше показателя 2021 г. Существенный прирост зафиксирован по гречихе (33%) и овсу (20%). Исходя из валового сбора зерна и данных ФГБУ «Центр Агроаналитики» на 01.01.2021



о наличии в России зернохранилищ общей вместимостью 157,1 млн т, а также с учетом соотношения собранных культур, имеющих различную натуру, необходимости отдельного размещения партий зерна, потребности в дополнительных емкостях для проведения технологических операций с зерном, несовпадающих колебаний урожая в регионах и фактического распределения зернохранилищ по территориям дефицит мощностей зернохранения по стране в настоящее время определяется в объеме не менее 50 млн т, что значительно превосходит величину, прогнозируемую Долгосрочной стратегией развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года.

Более 80% зернохранилищ, возводимых в последние 30 лет в нашей стране, представлены металлическими силосами общей вместимостью около 1 млн т в год. За это время накоплен как позитивный, так и негативный опыт их проектирования, строительства и эксплуатации; выполнен целый ряд научных обобщений и разработок в этом направлении; предложены альтернативные решения; на новом технологическом уровне возрождено строительство сооружений и силосов из монолитного железобетона; кроме того, нашли применение каркасные металлические хранилища напольного типа; для временного хранения зерна широко используются полимерные рукава.

Профессор сформулировал основные технологические и технические требования к зернохранилищам:

- надежно защищать зерно от атмосферных осадков, грунтовых и поверхностных вод, от резких перепадов температур;
- обеспечить защиту зерна от вредителей хлебных запасов;
- быть приспособленными для загрузки и выгрузки зерна, для контроля состояния зерновой массы при хранении, для вентилирования зерна;
- размеры емкостей и их количество должны обеспечивать возможность хранения различных по объему и качеству партий зерна, не допуская их смешивания.

Помимо этого, к зернохранилищам предъявляются такие требования, как:

- соответствие нормам и правилам в области промышленной безопасности;
- оснащенность устройствами для предупреждения и локализации взрывов и пожаров;
- экономичность при строительстве и эксплуатации, достаточная прочность и устойчивость зданий и сооружений, соответствующих повышенным нагрузкам, в том числе динамического характера;
- автоматизация производства, управление на базе компьютерной техники;
- архитектурная выразительность и привлекательность.

Используя эти требования в качестве базы для сравнения, В.Б. Фейденгольд проанализировал достоинства и недостатки зернохранилищ различного исполнения. Внимание было

акцентировано на технико-экономических характеристиках металлических силосов, которые имеют ряд преимуществ: быстрый монтаж, низкие капитальные вложения, возможность вентилирования зерна, использование конструкций с плоским или коническим днищем. Основным недостатком металлических силосов связан с плохой защитой зерна от резких перепадов температур вследствие высокой теплопроводности металла и малой толщины стенок, что нередко приводит к образованию конденсата на металлических конструкциях, неспособных из-за отсутствия пористости материала поглощать свободную влагу. В таблице 1 приведены сравнительные данные, характеризующие защитные свойства металлического и железобетонного силосов от перепадов температур.

**Таблица 1. Характеристики металлического и железобетонного силосов, определяющие их защитные свойства от перепадов температур**

Материал	Толщина стенки, мм	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	Пористость, %
Металл	2–6	52	0
Железобетон	120–220	1,4–1,8	15–25
Зерновая масса (справочно)	—	0,15–0,25	30–60
Пенопласт (справочно)	—	0,04	80–90

Учитывая опыт, который накопился за время эксплуатации металлических силосов, можно утверждать, что для обеспечения сохранности в них зерна необходимо выполнять более жесткие требования к его качеству и состоянию при закладке на хранение в железобетонные силосы. В частности, влажность при загрузке не должна превышать 14,0%. Запрещается загрузка зернохранилищ свежубранным зерном, не прошедшим сушку и очистку; содержание сорной примеси в нем не должно превышать пределов, установленных ГОСТ для зерна средней чистоты. Хранение зерна в металлических силосах в зависимости от региона расположения не должно превышать двух лет. На практике эти требования не всегда соблюдаются, что приводит к образованию очагов самосогревания и большим количественным и качественным потерям зерна. Важно отметить, что удельная стоимость силоса большой вместимости значительно ниже стоимости силоса, имеющего малую вместимость (табл. 2).

С целью экономии средств часто возводят силосы диаметром до 30 м и вместимостью от 3 до 8 тыс. т и даже выше. Однако в таких силосах практически невозможно сформировать однородные по качеству партии зерна, происходит их смешивание. А если загружены партии с более высокой влажностью и засоренностью, то могут появиться очаги самосогревания, приводящие к потере качества. Оборудовать силосы такого размера надежной

системой термометрии не представляется возможным, также сложно организовать отбор проб для контроля качества зерна при хранении.

**Таблица 2. Удельная стоимость силоса в зависимости от его размера и вместимости**

Диаметр, м	Высота, м	Вместимость, тыс. т	Стоимость 1 тонны вместимости, усл. ед.
9,0	21,7	1,1	1,0
9,9	28,4	1,8	0,91
14,4	28,8	3,64	0,85
21,7	30,9	8,4	0,75



В.Б. Фейденгольд довел до слушателей информацию об оптимальном для предприятий соотношении силосов разных размеров, обеспечивающем их наибольшую загрузку и согласующимся с данными, приведенными в нормативном документе «Свод правил. Предприятия, здания и сооружения по хранению и переработке зерна СП 108. 13330.2012». Рекомендуется обеспечивать следующее соотношение емкостей исходя из вместимости: до 200 т — 5%, 600–800 и 1400–1800 т — по 10%, от 3000 и более — 55%.

Все это указывает на то, что только при разумном сочетании различных в технологическом отношении технических средств, отвечающих условиям эксплуатации, можно достичь положительных результатов, а также на необходимость, наряду со строительством металлических силосов, возрождать индустрию строительства железобетонных зернохранилищ.

● *О новом в строительстве и реконструкции зернохранилищ из монолитного железобетона рассказал И.А. Вайнер, генеральный директор ООО «Волгохлебстроймонтаж» (г. Саратов).*

Он, в частности, отметил, что в последнее десятилетие наметилась явная тенденция к возвращению монолитного железобетона в качестве основного материала для строительства современных зданий мельниц, комбикормовых и маслоэкстракционных заводов, а также зернохранилищ. Это обусловлено высокой надежностью, низкими эксплуатационными затратами, экономической выгодой применения этого материала. При этом исключаются такие проблемы, как коррозия металлоконструкций и необходимость проведения регулярных мероприятий по их ог-

*Силосный корпус и зерносклад из железобетона (ООО «Волгохлебстроймонтаж»)*

незащите. Предлагая строительство силосных корпусов из монолитного железобетона, ООО «Волгохлебстрой-монаж» опирается на многолетний опыт их эксплуатации:

- максимальный коэффициент загрузки при обеспечении отдельного хранения большого количества партий зерна разного качества;
- отсутствие конденсата на крыше и стенах силосов;
- долговечность.

Главным достижением компании стало внедрение при строительстве «скользящей опалубки», благодаря чему появилась возможность за 6 месяцев возводить силосные корпуса практически любых размеров. Работы по бетонированию идут непрерывно, это позволяет избежать рабочих швов и, соответственно, повысить качество конструкций.

Также И.А. Вайнер рассказал об опыте компании в строительстве современных механизированных зернохранилищ напольного типа, выполненных из монолитного железобетона, о возможности создания зерноскладов длиной 50–100 м, шириной 18–36 м, высотой стен от 12 до 22 м.

Преимущества такого зернохранилища: полная механизация загрузки и выгрузки зерна; полная загрузка склада благодаря использованию разравнивающего устройства; отдельное хранение партий зерна в отсеках; доступ в склад малой техники для уборки остатков продукции; возможность применения системы активного вентилирования зерна и термометрии.

● *В лекции В.В. Старостина, кандидата технических наук, генерального директора ООО «Проект Стамер», содержались практические рекомендации по вопросам проектирования и строительства зернохранилищ на основе металлических силосов и бункеров с учетом строительных норм и требований Ростехнадзора.*

Руководитель компании рассказал о последовательности процедур, необходимых для оформления заказа и проведения проектных, строительных, монтажных и пусконаладочных работ, а также о соблюдении гарантий со стороны заказчика и исполнителя работ.

● *Руководитель Центра онлайн-технологий и международного сотрудничества МПА, кандидат технических наук, доцент Л.В. Устинова ознакомила с техническими характеристиками современных систем хранения зерна и продуктов его переработки, таких как:*

- силосы круглой формы из гофрированной оцинкованной стали с плоским днищем и конусной воронкой;
- бункера с профилированными стенами модульной конструкции для хранения зерна и других продуктов;
- бункера с гладкими стенами модульной конструкции для хранения специальных продуктов, в том числе труднотыпучих;
- бункера-накопители прямоугольные для установки в производственном здании или на открытом воздухе.

Руководитель Центра привела европейские нормы ANSI/ASAE и Eurocode для пшеницы насыпным весом 834 кг/м<sup>3</sup>, используемые при расчете прочностных характеристик, параметров силосов и конструктивных элементов с учетом снеговой и сейсмической нагрузок, силы ветра. Ею были представлены карта снежного покрова и сейсмического районирования территории РФ и иллюстрации разрушений силосов, связанных с несоблюдением этих норм.

Причины разрушения металлических силосов:

- ошибки в проектировании;
- нарушения в технологии строительно-монтажных работ;
- технологические ошибки при эксплуатации (загрузка–выгрузка зерна);
- снеговые и ветровые нагрузки;
- усталость металла (качество);
- коррозия и биокоррозия конструкций.

Металлические емкости для хранения зерна требуют высококвалифицированного подхода к их эксплуатации, подчеркнула Л.В. Устинова. Малейшее отклонение от требований технологического регламента к эксплуатации подобного рода зернохранилищ, как правило, создает неуправляемую предаварийную обстановку, способную привести к масштабным катастрофическим разрушениям. ■

*Продолжение в следующем номере*



## ИНФОРМАЦИЯ

**На субсидирование** железнодорожных перевозок сельскохозяйственной продукции по льготным тарифам будет дополнительно направлено 2 млрд рублей. Такое распоряжение подписал Председатель Правительства Михаил Мишустин (от 27 апреля 2023 года №1092-р).

Федеральное финансирование позволит аграриям снизить транспортные расходы и увеличить поставки в российские регионы зерновых и масличных культур, овощей и рыбной продукции, а также минеральных удобрений. «Это решение позволит перевезти без перебоев не менее миллиона тонн

грузов и поможет сельхозпроизводителям и пищевой промышленности получить все, что нужно для их деятельности. А у людей в каждом российском субъекте сохранится широкий выбор качественных продуктов», — отметил Михаил Мишустин.

*По материалам government.ru /*