

хранение и переработка

ЗЕРНА

научно-практический журнал

№ 7 (145)

июль 2011



WESTEEL

системы хранения зерна

www.vmels.com

Металлические силосы для хранения зерна: мифы и реальность®

Резуев С.Б., Бакаев И.В., ООО «НПФ» Воронежмельсервис

Металлические силосы относительно новое направление в хранении зерна. Для продвижения своего товара на рынке продавцы зачастую используют фактор малой информированности заказчиков, что не позволяет оптимизировать и даже планировать затраты на строительство силосов для зерна. В этой статье авторы поделились своим опытом и соображениями, которые будут полезны для инвесторов и специалистов отрасли.

В настоящее время ведется активное строительство и реконструкция предприятий по хранению и переработке зерна, неотъемлемой частью которых являются зернохранилища. Несмотря на то, что существуют различные конструкции зернохранилищ, наиболее востребованными по стоимости и срокам возведения являются металлические силосы. Сегодня десятки фирм в мире производят силосы для хранения зерна, имеющие достаточно схожую конструкцию. Однако при выборе силосов для хранения зерна следует учитывать много факторов, оказывающих влияние на стоимость, конструктивную устойчивость, долговечность силосов и сохранность зерна. В результате анализа многочисленной информации в открытом доступе и собственного опыта строительства объектов хранения и переработки зерна выработана методика и последовательность выбора металлических силосов под различные задачи, которых целесообразно придерживаться инвесторам, проектировщикам и специалистам отрасли хлебопродуктов.

Во-первых, необходимо понять, что силос – это сооружение. Поэтому у производителя силосов заказчик покупает комплект строительных материалов, из которых предстоит построить сооружение. По действующему законодательству все здания и сооружения должны соответствовать СНиП, ВНТП, ПБ и другим нормативным документам. Из этого следует очень важный вывод, что не бывает «прочных» или «слабых», для южных или северных регионов, индустриальных или фермерских силосов (миф №1). Все силосы должны соответствовать снеговому, ветровому нагрузкам и сейсмичности того региона, в котором предполагается строительство. Таким образом, предложение по силосам должно быть адаптировано к региону строительства. Тогда возникает вопрос: кто это должен отслеживать? Ответ совершенно прост – проектная организация. По нашему опыту, стоимость одного типа силоса для различных регионов отличается в 1,5-2 раза. В качестве примера силосы фирмы WESTEEL (Канада) вместимостью 12 000 тонн, поставляемые ООО «НПФ Воронежмельсервис» для заказчиков в Тамбовскую область и Краснодарский край, отличаются в цене в 1,6 раза из-за максимальной сейсмичности в 9 баллов в районе Анапы. Опасность для заказчика при самостоятельном выборе поставщика силосов заключается в том, что в стремлении получить заказ, продавец уменьшает цену не за счет снижения нормы прибыли, а за счет уменьшения несущей способности конструкции. Такие случаи привели к обрушениям крыш на элеваторах в средней полосе России и на юге Украины. Для выхода из этой ситуации фирма-изготовитель доставила элементы каркаса крыши, провела демонтажные и монтажные работы силосов, транспортных мостов и всего установленного на них оборудования (транспортёры, задвижки, электрооборудование и т.д.). В результате было достигнуто повышение несущей способности по снеговой и ветровой нагрузкам.

Во-вторых, многие известные производители металлических силосов дают рекомендации и чертежи на фундаменты (рис.1).

Эту информацию следует принимать как справочную и обязательно обратить внимание на расчетную нагрузку грунтов. Совершенно точно известно, что рекомендуемые фундаменты рассчитаны на идеальные грунты с несущей способностью не менее 200 кПа. Этому требованию подавляющее большинство регионов строительства в России не соответствуют. Кроме того глубина заложения рекомендуемых фундаментов выше точки промерзания практически во всех регионах России. Неправильно спроектированные фундаменты могут привести к разрушению емкостей любого производителя. Конструкция фундаментов мало зависит от выбора силосов. Известны случаи замены поставщика силосов уже при построенных фундаментах. Поэтому утверждения недобросовестных менеджеров по продаже о том, что при выборе их силосов заказчик существенно сэкономит на строительстве фундаментов – это чистейший миф №2. Инвесторам необходимо отдавать себе отчет, что стоимость фундаментов в большей степени зависит от места расположения строительной площадки и квалификации проектировщика.

В-третьих, разрушение емкостей возможно и периодически происходит из-за ошибок в эксплуатации. Классическим случаем является разгрузка силоса через боковой выпуск. Это приводит к возникновению опрокидывающего момента M_0 и разрушению емкости (рис.2).

Совершенно понятно, что такие случаи не имеют никакого отношения к конструкции силосов, фундаментов, качеству монтажа (миф №3), но их расследование всегда является предметом споров. За долгое время работы у каждого поставщика есть случаи разрушения силосов, и использование менеджерами этого в качестве аргумента в конкурентной борьбе за заказчика неэтично. Заказчику не следует позволять втягивать себя в войну компроматов. Для объективной оценки качества предлагаемых силосов в этой статье авторы постарались предоставить максимально полную информацию по конструктивным элементам силосов, оборудованию, комплектности поставки и качественным показателям, которые обеспечивают важные для заказчика потребительские свойства.

На наш взгляд, главным качественным показателем и фактором формирования цены является качество металла, из которого изготовлен силос. Для того чтобы понять важность этого фактора в долговечности силосов коротко остановимся на технологии изготовления силосов. Исходный металл поступает на завод в рулонах, отрезается по размерам, сгибается (формуется) и комплект силоса готов. В обычном понимании оцинкованный металл – это черное железо, покрытое с двух сторон цинком, и качество покрытия в основном оценивается количеством граммов цинка на квадратный метр (275, 350 и 450 г/м²). В такой ситуации на многочисленных местах среза и перфорации неизбежно должна происходить коррозия металла. В местах сгиба цинковое покрытие ведет себя, как и любое лакокрасочное покрытие, а именно в процессе гибки нарушается его целостность, происхо-

дит образование микро и макротрещин, которые впоследствии станут очагами коррозии. Для того чтобы убедиться в справедливости этих утверждений обратите внимание на оцинкованную крышу любого дома, простоявшую 5 лет. Увеличение степени покрытия (450 г/м^2 и более) не только не решит проблемы (миф №4), но скорее всего усугубит ситуацию, т.к. увеличение толщины цинкового покрытия приведет к увеличению трещин и даже к отслаиванию покрытия. Какой же выход?

Стеновые панели силосов транспортируются и хранятся в пакетах по 30-40 листов. Все, кто имел дело с оцинкованным

листом, сталкивались с фактом, когда при длительном хранении пакета под открытым небом появлялся белый налет на поверхности листа. Это следствие электролитической реакции, которое неизбежно приведет к коррозии. Поэтому белый налет считается браком оцинкованного листа и большинство производителей силосов настаивают на хранении своей продукции в отапливаемых складах. Правомерно поставить вопрос: почему оборудование, предназначенное для использования под открытым небом, требует таких условий хранения до монтажа? Ответ очевиден – низкое качество стали.

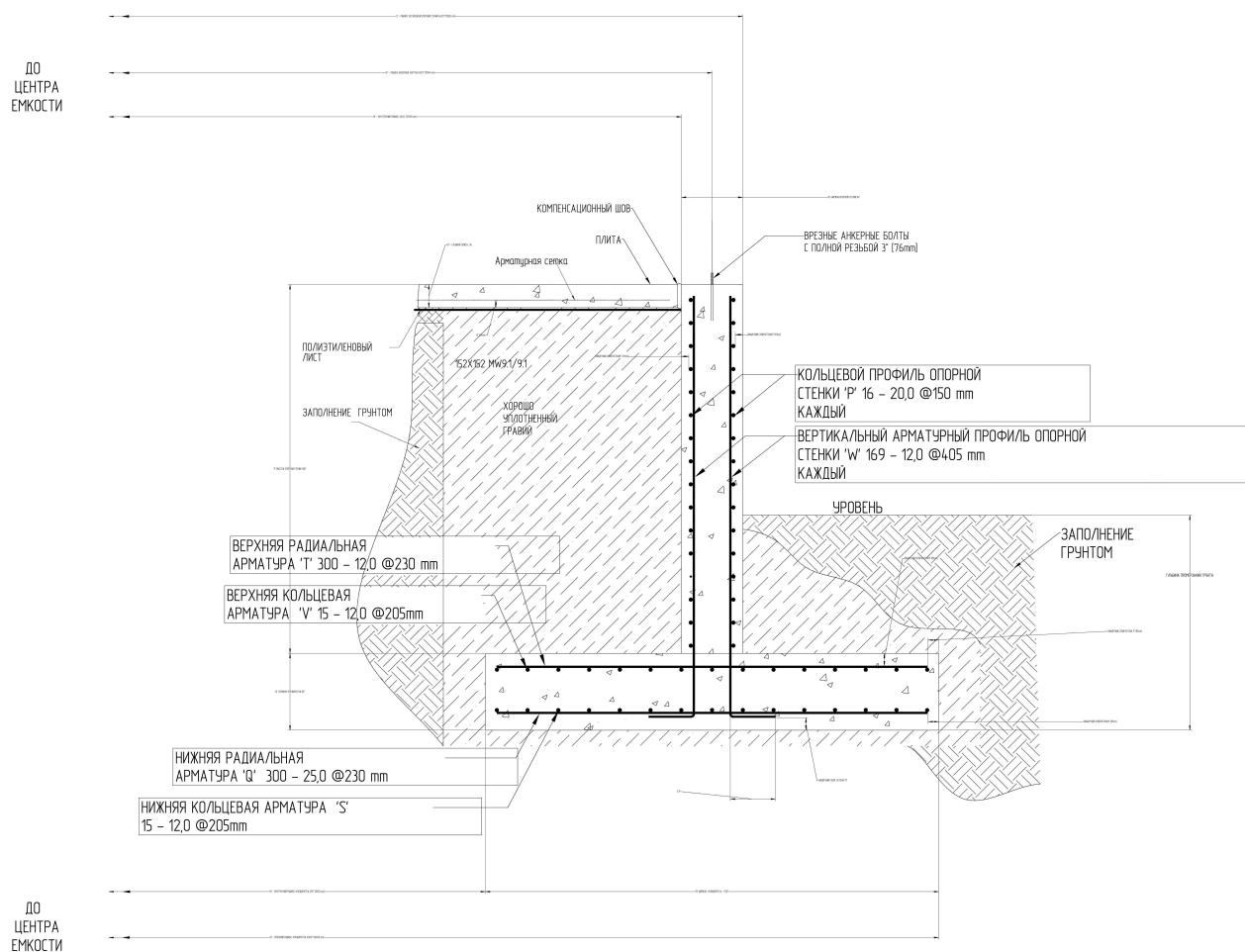
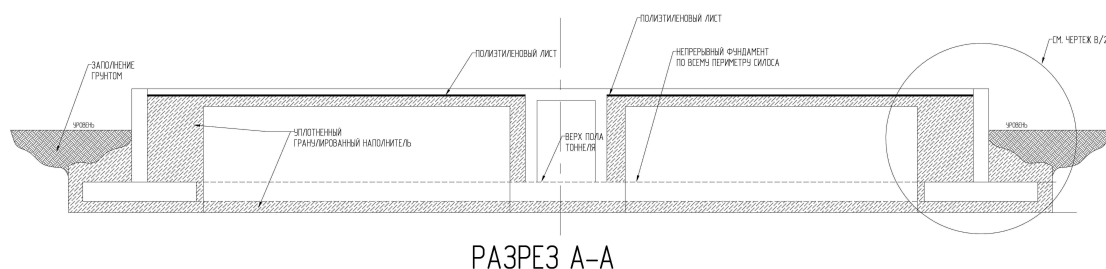


СХЕМА ФУНДАМЕНТА



Примечание:

Минимальная несущая способность грунта 4000 фунт/фут² (192 кПа).

Рис. 1

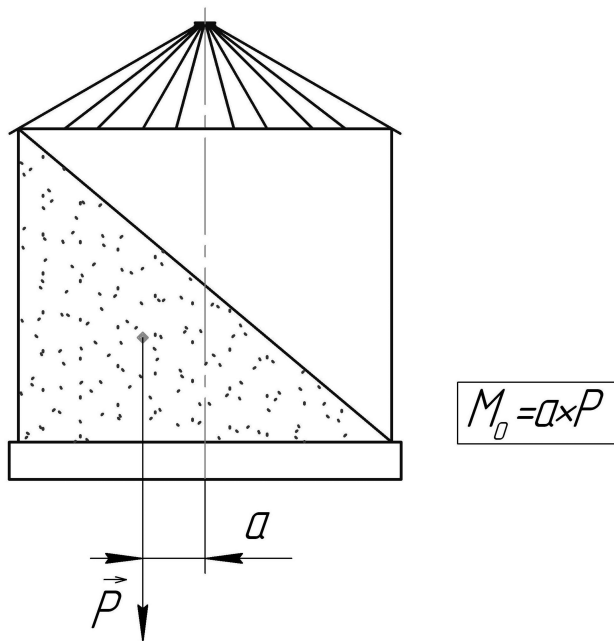


Рис.2

После многочисленных дебатов с производителями силосов и консультаций с металлургами выяснилось, что давно разработан и используется на практике технология получения стали, диффузионным способом насыщенной цинком по всей глубине. Ее защитные свойства одинаковы по всей глубине, срезы и сгибы не подвержены коррозии. По большому счету – это не новость, не ноу-хау, но используют сталь такого качества только несколько североамериканских фирм и прежде всего фирма WESTEEL (Канада). Определить качество стали можно даже по внешнему признаку. Силосы из такой стали в отличие от европейских фирм-изготовителей имеют стеновые панели одинакового цвета и за все время эксплуатации остаются ровного светло-серебристого цвета, как будто их вчера построили. На срезе, на перфорации нет не только самой коррозии, но и даже ее признаков.

Еще немного о металле для силосов. На нашем внутреннем рынке оцинкованная сталь, как правило, не сортовой металл. Для производства силосов, конечно, используется сортовая сталь с определенными физико-механическими свойствами, потому что при загрузке силосов зерном металлические элементы конструкций испытывают колоссальные нагрузки. Этот показатель гарантируется производителем, и проверить его соответствие действительности со стороны заказчика не представляется возможным. Однако случаи разрушения силосов из-за низких значений физико-механических свойств металла на территории России, Украины, Казахстана достаточно редкие.

Почему так важен вопрос о качестве стали для заказчика? Надо отдавать себе отчет в том, что 80-85% себестоимости силосов составляет стоимость стали, из которой они изготовлены. Поэтому если заказчику предлагаются достаточно дорогие силоса, то он вправе рассчитывать на высокое качество стали. Если заказчик выбирает бюджетный вариант силосов, то естественно он получит, прежде всего, сталь низкого качества. Хорошее дешевым не бывает! Однако важнее другое – чтобы за относительно высокую цену заказчик не получил низкого качества продукт. Цены качественных силосов у известных производителей находятся в паритете, а низкая цена, прежде всего, должна заказчика настораживать.

Теперь о конструктивных особенностях силосов различных фирм-изготовителей. Начнем со стеновых панелей (рис.3).

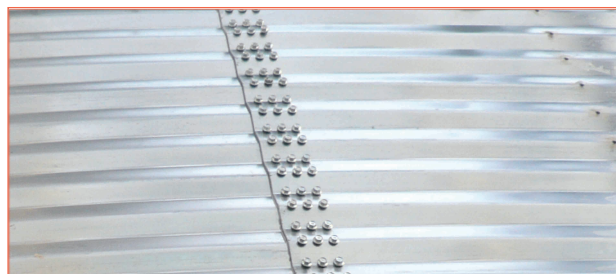


Рис.3

Они представляют собой гофрированный лист металла с перфорацией для крепления и определенным радиусом кривизны в зависимости от диаметра силоса. Размер листа, как правило, 1100X3000 мм. Гофрирование листа ведется для придания ему дополнительной жесткости и другой цели не имеет. Известны изготовители, предлагающие силосы со стеновыми панелями из гладкого листа, но в этом случае проигрывает изготовитель, который для обеспечения жесткости вынужден идти на увеличение толщины металла. Параметры гофрирования не имеют решающего значения. Иногда изготовители выдают меньший шаг гофрирования за некое преимущество их силосов (миф №5). Это является не только очередным мифом, а приводит к проблемам в уплотнении болтового соединения и, следовательно, негерметичности силоса. На рис. 4 изображены места соединения стеновых панелей с разным шагом гофрирования. В случае меньшего шага радиус сгиба меньше и площадь прилегания уплотнителя может быть недостаточна для обеспечения герметичности.

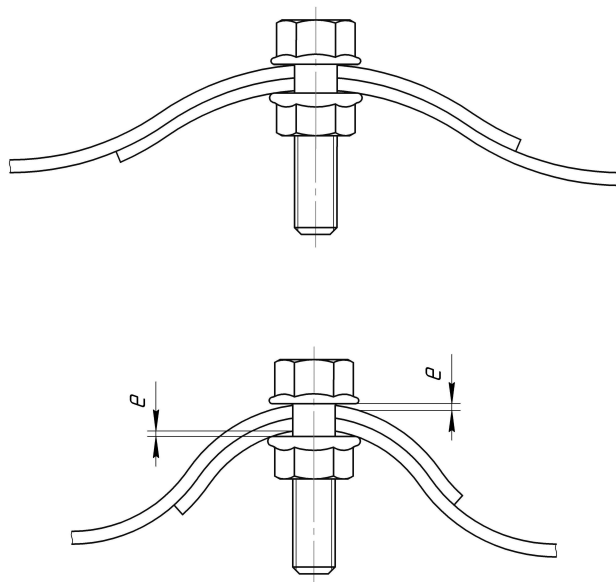


Рис.4

Толщина листа назначается фирмой-изготовителем из прочностных расчетов и физико-механических свойств металла. Совершенно нормально, когда на различных ярусах силоса устанавливаются стеновые панели в порядке убывания толщины снизу вверх. Максимальная толщина стеновой панели ограничена 5 мм. Это связано, прежде всего, с возможностями оборудования для изготовления стеновых панелей. В больших моделях силосов, где нагрузки в нижней части превышают прочностные характеристики, стеновые панели собираются из сдвоенных по толщине листов.

Для компенсации потери жесткости на тонких стеновых панелях вверху устанавливаются дополнительные ярусы колец, получившие названия «ветровых колец», поскольку вверху на стеновые панели давление слоя зерна изнутри силоса уменьшается, а ветровая нагрузка возрастает. Правильное их расположение

снаружи силоса (рис.5). Здесь они ничему не мешают и хорошо выполняют свою функцию. Некоторые поставщики предлагают крепление ветровых колец внутри. На вопрос «почему?» – внятного ответа услышать не удастся, а нагрузка зерна иногда приводит к обрушению колец внутри силоса, что становится большой проблемой. Любые работы снаружи силоса – это вопрос только подъемных машин, внутрь силоса можно попасть только через дверной проем размером 1000х1000 мм. В этих стесненных условиях вести работы на высоте 15-20 м крайне трудно.

Метизы для сборки силосов используются гальванизированные высокопрочные класса 8.8 с пластиковыми уплотнителями. Наиболее прогрессивные поставщики используют конструкцию болтов, совмещенную с шайбой, имеющую кольцевую проточку для пластикового уплотнителя (рис. 6).

Гайка тоже выполнена для высокопрочного соединения и отличается от обычной гайки своей высотой. В процессе монтажа для качественно изготовленных силосов сверления, доработки и дополнительного крепежа не требуется.

Герметизация стыков производится не сохнущим герметиком по схеме, приведенной в паспорте (рис.7). Иногда заказчик в стремлении «улучшить» герметизацию требует прокладку герметика по всем соединениям стеновых панелей. Это может привести к обратному эффекту. Из-за накопления размера герметика увеличится диаметр силоса к низу, что ухудшит собираемость и в итоге герметичность.

Часто обсуждаемый вопрос – конструкция вертикальных стоек силоса. Важность этого вопроса заключается в том, что вес снеговой, ветровой нагрузки, горизонтальные усилия при сейсмическом воздействии, частичный вес зерна передаются на фундаменты через стойки. Конструкция стоек у разных производителей силосов отличается формой сечения и способом наращивания по длине. Форма сечения определяет величину изгибающего момента и на сегодняшний день прогрессивным сечением является волнообразный профиль (рис. 8).

Для повышения величины изгибающего момента возможно сочленение стоек в коробчатые конструкции, которые как замкнутые профили в технике считаются самыми прочными (рис. 9).

Количество и конструкция стоек для каждой модели силоса назначается фирмой-изготовителем в зависимости от снеговой, ветровой нагрузок и сейсмичности. По высоте в связи с возрастанием нагрузки жесткость стоек возрастает вместе с увеличением сечения и появлением на определенной высоте коробчатых замкнутых конструкций.

Длина элементов стойки из-за поставки и технологии монтажа ограничена до 2 м при общей высоте стойки до 25 м. Наращивание по высоте производится двумя способами. В первом случае элементы стоек представляют собой металлический волнообразный профиль с перпендикулярными площадками, в которых имеются отверстия для болтового соединения (рис. 10).

Наращивание стойки за счет болтового соединения через горизонтальные площадки не обеспечивает жесткости конструкции, потому что места соединения подобны шарнирам. Такая конструкция стоек не выдерживает перпендикулярных распирающих усилий изнутри силоса от веса зерна. Под вертикальными нагрузками из-за практически нулевой устойчивости стойка приобретает форму синусоиды. При заполнении зерном такой силос принимает форму груши, а при разгрузке возвращается к цилиндру. При многократных циклах заполнения-опорожнения возможно разрушение силоса.

Во втором случае наращивание элементов стойки производится с помощью продольных накладок (рис. 11).



Рис. 5



Рис. 6

Этот способ принят для неограниченного удлинения линейных конструкций, как например, колонны, балки, рельсы и т.п. В местах стыка элементов стойка не теряет, а только увеличивает свою прочность на изгиб и на устойчивость. Такое наращивание стоек заложено в большинстве конструкций силосов различных фирм-изготовителей.

Из выше сказанного, казалось бы, вывод совершенно очевиден. Однако менеджеры фирм-изготовителей силосов со стойками по первому варианту не только не соглашались с очевидным недостатком, но и декларируют это как запатентованную конструкцию (миф №6), хотя известны как минимум одна американская и две европейских фирмы с такой конструкцией стоек силосов.

Крыша силосов как в любом здании является важным конструктивным элементом, который обеспечивает защиту от атмосферных осадков и несет следующие виды нагрузок:

- снеговая и ветровая нагрузка;
- нагрузка со стороны транспортного моста;
- вес термоподвесок;
- вес конструктивных элементов (лестницы, люки, воздушные дефлекторы и т.п.).

В зависимости от размера силоса (диаметр цилиндрической части) и от региона строительства конструкция крыши выполняется как каркасной или бескаркасной. В случае бескаркасных крыш для силосов небольшой вместимости конструктивно решаются вопросы вентиляционных выхлопов, подвески термометрических кабелей и т.п.

Крыши силосов большой вместимости представляют собой каркас в виде стропил и балок, опирающихся на стойки. Покрытие крыши выполняется из оцинкованного листа металла. Угол наклона крыши практически у всех изготовителей принят 30°. Металлоемкость, следовательно, и стоимость крыши сопоставима со стоимостью остальных частей силоса и здесь возникает соблазн сэкономить на конструкции крыши. Этот соблазн подогревается еще и тем, что зерно не соприкасается с крышей, и можно сказать, что конструкция крыши несет сама себя. По такому пути пошли ряд фирм и в итоге крыши стали заваливаться. Гарантией для заказчика в этом вопросе может быть только репутация фирмы-изготовителя и проектировщика. Проверить каким-либо другим образом прочность крыши на этапе поставки не представляется возможным.

Редко кто среди изготовителей силосов обеспечивает герметичность сочленения крыши и стеновых панелей. Актуальность этого вопроса становится совершенно очевидной, если на расчетной для силосов скорости ветра 150 км/час приоткрыть боковое стекло движущегося автомобиля с тем же показанием спидо-

метра. Тем более, если представить отсутствие лобового стекла автомобиля. При такой скорости вода проникает в силос под давлением и зерно увлажняется, что, безусловно, отрицательно влияет на его сохранность. Одна из немногих фирма WESTEEL (Канада) решила этот вопрос за счет специального герметизирующего элемента (рис. 12). Он представляет собой эластичную ленту, закрепленную на боковой панели по периметру силоса. Лента эластичной частью прилегает к нижней поверхности листов крыши, что не позволяет проникать влаге и снегу.

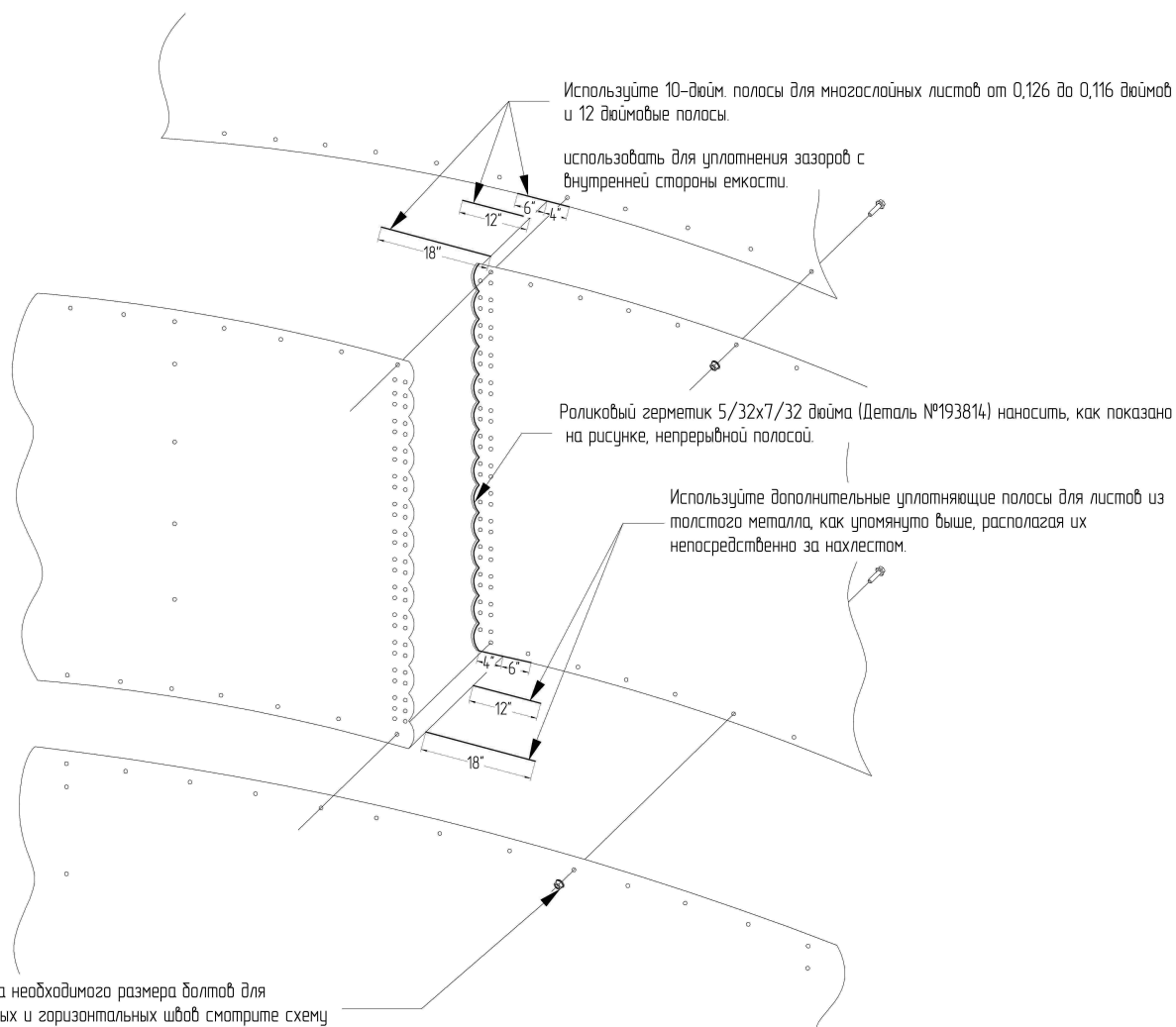
Не менее актуальным вопросом является герметизация места стыковки боковых панелей с фундаментом силоса. Сложность вопроса заключается в том, что боковая панель перпендикулярна плоскости фундамента и коэффициенты теплового расширения металла и бетона разные по величине. Поэтому просто «замуровать» низ боковой панели в бетон не удастся (миф №7). Одно из решений (рис. 13) представляет собой бетонное кольцо треугольного сечения с герметиком между бетоном и металлом.

ЧЕРТЕЖ УПЛОТНЕНИЯ ШВОВ СТЕНОВЫХ ЛИСТОВ

(внутренняя проекция)

ВАЖНО:

Горизонтальные уплотняющие полосы используются для уплотнения зазоров, образовавшихся в результате нахлеста стеновых листов из толстого металла. Для всех листов располагайте полосы, как показано на рис.



Для подбора необходимого размера болтов для вертикальных и горизонтальных швов смотрите схему расположения стеновых листов.

■ Рис. 7

Главный недостаток этого решения – большая трудоемкость. Бетонное кольцо внутри силоса выполнять приходится вручную, поскольку доступ в собранную емкость возможен только через боковой люк. Другое решение предлагает фирма WESTEEL (Канада) в виде фундаментной ленты, представляющей собой уголок. Он крепится одной стороной болтами внизу боковой панели, а другой стороной опирается на поверхность фундамента. Между фундаментной лентой и фундаментом прокладывается герметик. Все это фирмой WESTEEL (Канада) включено в поставку силосов.

Система выгрузки зерна представляет собой выгрузные отверстия с автоматическими или ручными задвижками (в комплекте с силосом не поставляются) и зачистной шнек. Зачистной шнек может поставляться как в комплекте с силосом, так и отдельно, любого другого производителя по желанию заказчика. В Северной Америке и Европе большое количество фирм, выпускающих зачистные шнеки в виде отдельной единицы оборудования. Выбор зачистного шнека зависит от задачи конкретного силоса в технологической схеме. Обычно фирмы-изготовители предлагают в комплекте поставки силосов зачистные шнеки для большинства технологических задач. Требовать замены модели следует, если задача выходит за общепромышленные рамки, например, портовые элеваторы с огромными темпами отгрузки зерна. Отсюда следует, что миф №8 о «замечательных» силосах с мощными зачистными шнеками – это всего лишь «удачный» маркетинговый ход, потому что любые силосы могут быть укомплектованы любыми зачистными шнеками.

Систему термометрии тоже следует рассматривать, как отдельную поставляемую единицу оборудования. Все американские и канадские производители силосов комплектуют их системами термометрии одной фирмы-изготовителя. В Европе имеется несколько немецких, французских и датских производителей систем термометрии. В России тоже с давних пор производятся эти системы. Конструкции систем термометрии настолько разнообразны, что потребуются много времени для их перечисления. Все системы объединяет одна функция – наблюдение за температурой зерна. Различия в основном состоят в многообразных опциях, необходимость в которых – неисчерпаемая тема для дебатов. Одна из полезных опций для термометрии является возможность дискретного определения высоты насыпи зерна в силосе. Эта информация не позволяет производить количественный учет зерна, но очень полезна для оперативного управления. Оператор в интерактивном режиме располагает информацией о наличии, отсутствии и перемещении зерна в элеваторе. Эта информация также может быть получена в удаленном доступе управляющей компанией. Есть мнение, что выбор систем термометрии целесообразно производить вместе со специалистами по автоматизации. Это справедливо, потому что термометрия является частью системы автоматизации.

Система активного вентилирования силосов представляет систему вентиляционных каналов и вентиляторов. Если конструкции металлические для вентканалов нужно привозить из-за рубежа, то искренне непонятно, зачем покупать иностранные вентиляторы среднего давления с простыми характеристиками (рис. 14). Такие вентиляторы с давних пор используются в системах активного вентилирования складов напольного хранения зерна.

Фирмой WESTEEL (Канада) предлагаются силосы с полным аэрационным дном для хранения деликатных (семена, пивоваренный ячмень) и трудных для хранения масличных культур (рапс, подсолнечник) (рис. 15).

Преимущества этих силосов не только в 100% аэрации слоя зерна, но и в выгодном решении фундаментов и разгрузочной системы. Фундаменты представляют собой монолитную плиту, опирающуюся на опорное кольцо. На нем устанавливается си-



Рис. 8



Рис. 9

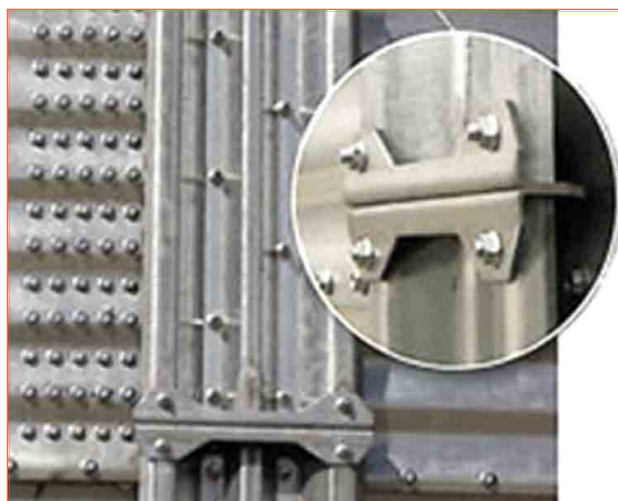


Рис. 10

лос, аэрационное дно которого монтируется параллельно плите на некоторой высоте. По нему перемещается зачистной шнек, а под аэрационным дном устанавливается выгрузной транспортер. Для удобства выгрузной транспортер имеет конструкцию,

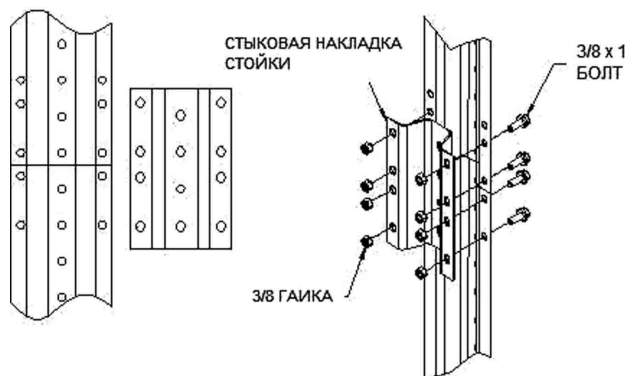


Рис. 11



Рис. 12

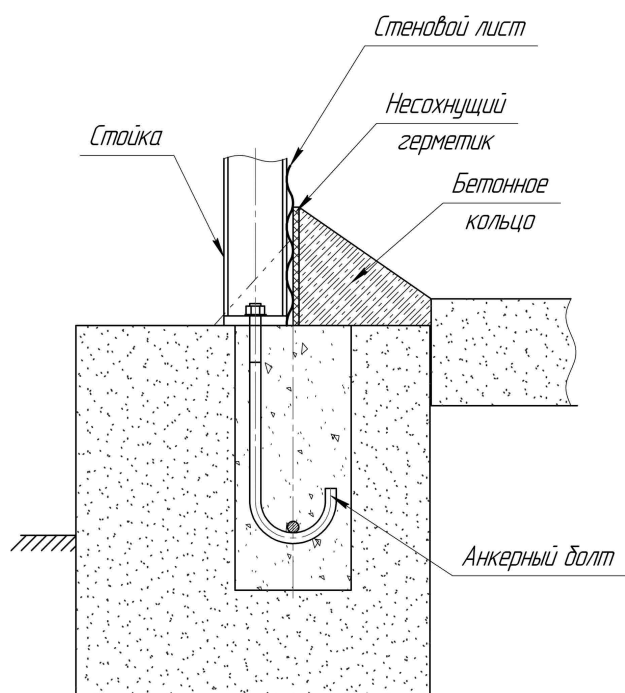


Рис. 13

которая позволяет выгружать зерно из емкости на механический транспорт стационарного или передвижного типа. Особенно эта система актуальна для небольших зернохранилищ.

Транспортные мосты не имеют прямого отношения к силосам. Но поскольку они сопряжены, то все фирмы-изготовители силосов имеют предложение по транспортным мостам. Конструкции транспортных мостов настолько просты, что не заслуживают отдельного разговора. А их установка отвечает простому правилу. Мосты с транспортерами до 200 т/час крепятся на усиленных стойках силоса, а свыше на отдельных опорах (рис. 16).

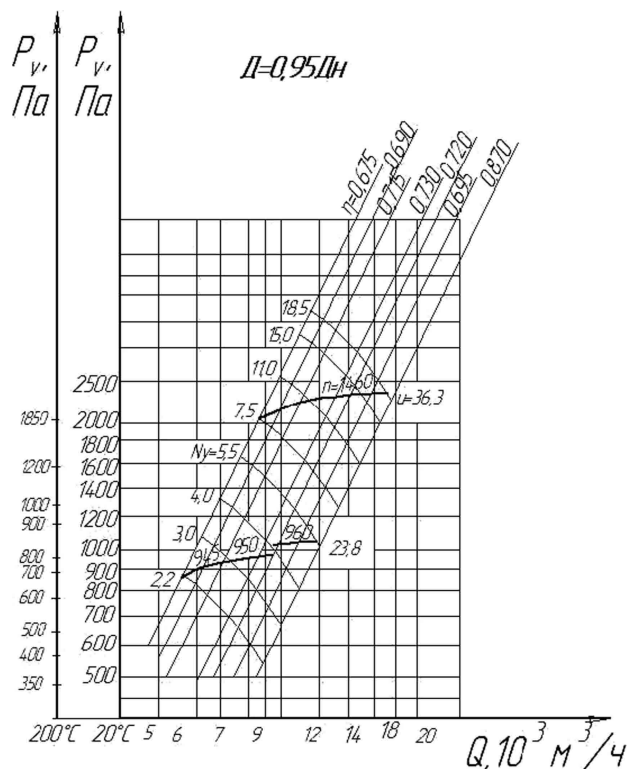


Рис. 14



Рис. 15

Поэтому утверждение, что на силосы одной фирмы могут крепиться транспортные мосты, а на силосы другой фирмы не могут – очередной миф №9 продавцов.

Результатом проведенного анализа являются рекомендации по выбору силосов для хранения зерна.

1. Выбор модели силоса. Заказчик назначает количество и вместимость силосов. По этим параметрам у каждой фирмы-изготовителя имеется как минимум три модели силосов. Обычно заказчику предлагается оптимальный вариант по цене. От него

можно отказаться при вынужденных обстоятельствах, например, стесненной строительной площадке на существующей территории действующего предприятия.

2. Выбор проектной организации. Основопологающим принципом для выбора проектной организации служит опыт проектирования элеваторов и зернохранилищ с металлическими силосами. Критерием отбора целесообразно принять качество проектных решений по построенным объектам. Стоимость проектных работ у исполнителей одного уровня является паритетной и обсуждается после проведения тендера при заключении контракта. Заказчику не следует ожидать существенной экономии на стоимости проектных работ.

3. Выбор поставщика силосов. Для сравнения поставщиков необходимо получить предложения в одинаковой комплектации на одном качественном уровне. Декларации о гарантийных обязательствах и сроках эксплуатации могут быть приняты для фирм-изготовителей, которые производят силосы не менее 40 лет. Заявления остальных производителей о сроке службы их силосов не более чем «предсказания погоды» (миф №10). Среди равных по качеству силосов и опыту производства целесообразно обратить внимание на все конструктивные особенности и качественные показатели, проанализированные выше. Заказчик может принять предложение поставщика по комплектующим силосов, а может настоять на комплектации индивидуальной. В первом случае он избегает многих забот, а во втором случае получает оптимальную комплектацию по техническим характеристикам и цене. Для выбора поставщика силосов в интересах заказчика привлечь проектную и монтажную организацию, которые могут дать ряд ценных советов.

4. Разрешительная документация. Силосы для хранения зерна являются опасным производственным объектом. Поэтому все подрядчики должны иметь допуски на работы СРО именно на опасных производствах. Все оборудование, включая силосы,



■ Рис. 16

должно соответствовать требованиям Ростехнадзора и МЧС по взрывобезопасности и пожаробезопасности.

Ознакомление с результатами проведенного анализа и рекомендациями по выбору силосов не позволит инвесторам и специалистам отрасли хлебопродуктов совершить серьезные ошибки. Однако оптимизация затрат на строительство элеваторов и зернохранилищ – это отдельная тема для исследования, результаты которого вскоре предполагается опубликовать.

Технологічні особливості процесів замочування зерна

Соколенко А.І., доктор технічних наук, Максименко І.Ф., Білик О.А., Бабіч О.В., кандидати технічних наук

За зберігання ячменю й інших зернових культур їхні ферменти, важливі в процесах солодовирощування, не активовані. Активация відбувається під час замочування зерна. Одночасно підсилюється дихання і збільшується потреба у кисні. Переважно використовують повітряно-водяне замочування, при якому зерно по чергові знаходиться то під шаром води, то без нього. Замочування супроводжується фізико-хімічними та біохімічними процесами, результатом яких є значні зміни у зерні [1].

У замочувальних апаратах зерно зволожується до 40-48%. Кліткова (м'якшкова) оболонка на початку замочування непроникна, і вода проходить тонкими капілярами-трахеїдами зародкової частини, яка не покрита цією оболонкою. Вода надходить у зерно через напівпроникну плодову і насінневу оболонки, тому важливе значення мають процеси ультрафільтрування та осмосифузії. Через деякий час вимиваються інкрустуючі речовини, і м'якшкова оболонка стає проникною.

Зародок поглинає воду швидше, ніж інші частини зерна, тому, що він має гідрофільні білкові речовини, а також повітряні прошарки і капіляри. Тому вологість структур біля зародка сягає 47%, у самому зародку – 68-75%, у середині зерна – 40%.

Різні складові речовини зерна здатні поглинати різну кількість води: гумі-речовини – до 800%, крохмаль – до 70%, клітко-

вина – до 30%. Максимально зерна ячменю може поглинути до 68% води [1]. Водопоглинання залежить від часу замочування, температури, розмірів зернівок, сорту ячменю, особливостей року його збирання, іонного складу води.

Чим тепліша вода для замочування, тим швидше вона поглинається. Наприклад, для досягнення вологості 42% тривалість процесу має складати:

- при 5°C - 100 год.;
- при 10°C - 75 год.;
- при 15°C - 50 год.

Зерно ячменю і вівса замочують за температури води 18-20°C. За більш високої температури збільшується ймовірність розвитку мікроорганізмів, необхідна більш чиста вода та енергійне аерування.

На швидкість вологопоглинання впливають розміри зерна. Так, за 88-годинного замочування ячмінні зерна досягають такої вологості (табл.).

Для замочування доцільно використовувати воду із жорсткістю до 7 мг-екв/дм³. У більш жорсткій воді тривалість замочування збільшується.

У зерні, вологість якого менша 14%, вода знаходиться тільки у зв'язаному стані, і тому її достатньо тільки для підтримання