

**ФГБОУ ВО
«Новосибирский государственный аграрный университет»
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ**

Кафедра Механизации животноводства и переработки с/х продукции

**Сооружения и оборудование для хранения
сельскохозяйственной продукции**

Задания и методические указания по выполнению самостоятельной и контрольной работы студентов для направления подготовки 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции



Новосибирск 2022

УДК 621.56
ББК 31.392

Сооружения и оборудование для хранения сельскохозяйственной продукции / Задания и методические указания по выполнению самостоятельной и контрольной работы студентов для направления подготовки 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции / Новосибир. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: А.А. Диденко, А.К. Туров. – Новосибирск, 2022. – 80 с.

Рецензент: к.т.н., доцент Булаев Е.А.

Предназначено для студентов очной и заочной формы обучения направления подготовки 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции

Содержание

1. Составные части элеватора:	4
1.1 Рабочее здание	6
1.2 Силосный корпус	8
2. Основные типы зерноскладов	20
3. Системы транспортирования:	29
3.1 Конструктивные схемы и основные узлы ленточных, скребковых, винтовых транспортеров	29
3.2 Нории	33
3.3 Пневматическое транспортирование	37
3.4 Самотечное транспортирование	40
4. Активное вентилирование зерновых насыпей.	43
5. Меры безопасности	48
6. Овощехранилища	52
6.1 Хранение картофеля и овощей в буртах и траншеях.	52
6.2 Вентиляция овощехранилищ	53
6.3 Крупногабаритные бурты.	55
6.4 Размещение овощей и плодов в хранилище	56
6.5 Механизация погрузочно-разгрузочных работ. Автопогрузчики, электропогрузчики, электроштабелеры	58
7. Холодильники	62
8. Резервуары для хранения молока	65
9. Задания и требования к оформлению контрольной работы.....	68
Литература.....	78

1. Составные части элеватора: Рабочее здание. Силосные корпуса

Производство зерна носит сезонный характер. Большие массы зерна накапливаются в очень короткие сроки, исчисляемые днями. Потребление же зерна происходит ежедневно в течение года. Следовательно, в стране необходимо иметь запасы зерна, которые бы удовлетворяли ежедневную потребность в зерне и продуктах его переработки всех потребителей. Созданием таких запасов и занимается элеваторная промышленность

Элеваторная сеть в стране в основном представлена железобетонными элеваторами. Разработаны десятки типов проектов различных типов элеваторов (хлебоприемные, производственные и др. Так, например, вариант компоновки основных сооружений элеватора и конструктивное исполнение во многом зависят от функционального назначения элеватора. Хлебоприемные элеваторы обычно двукрылые, производственные – однокрылые. На комбинатах хлебопродуктов применяют в основном двукрылые элеваторы. Рабочие здания таких элеваторов сочетают в себе свойства, присущие рабочим зданиям хлебоприемных и производственных элеваторов, что усложняет их конструктивное решение.

В рабочих зданиях хлебоприемных элеваторов большой объем занимают оперативные силосы и бункеры.

На способ возведения – в скользящей опалубке (монолитной конструкции) или из сборных элементов – влияет район строительства и другие факторы. Монолитные элеваторы целесообразно строить в сейсмических районах и при большой удаленности от заводов сборных железобетонных конструкций. Толчком к строительству из сборных элементов послужило освоение целинных и залежных земель, когда потребовалось в кратчайшие сроки создать условия для надежной сохранности резко возросшего объема заготавливаемого зерна.

Вначале из сборного железобетона строили только силосные корпуса. Затем из сборного железобетона начали строить и рабочие башни. В 1960-1970-х гг. экономические возможности страны позволили перейти к массовому строительству элеваторов.

Элеватор - сооружение для хранения больших масс зерна, оборудованное устройствами для приемки зерна, сушки, очистки отгрузки зерна.

В отличие от складов элеватор обладает большей компактностью из-за большой высоты сооружения. В типовых зерновых складах на 1 т. Вместимости приходится 2,5-3,0 м³ помещения, а в элеваторах –1,5-1,7м³.

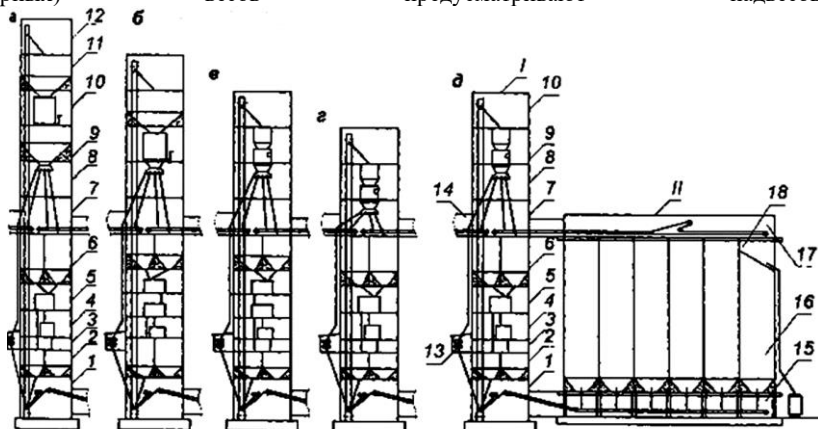
В целом элеватор, можно рассматривать как комплексное объединение следующих основных устройств и сооружений:

1. Рабочее здание с технологическим и транспортным оборудованием;
2. Силосный корпус с транспортным и другим оборудованием;
3. Устройства для приемки зерна из автомобилей, вагонов и судов;
4. Устройства для отпуска зерна на различные виды транспорта и зерноперерабатывающие предприятия.
5. Цех отходов.
6. Системы аспирации и удаления пыли

1.1 Рабочее здание

Рабочее здание (башня) является производственным центром элеватора, к которому привязаны другие сооружения и устройства. В рабочем здании располагают основные норки и технологическое оборудование. Подсилосные и приемные конвейеры в большинстве случаев (исключение могут составить приемные конвейеры, расположенные в надземных транспортных галереях) входят в рабочее здание. Надсилосные и отпускные

конвейеры выходят из рабочего здания. В рабочем здании оперативные бункеры размещают над и под зерноочистительными машинами, над и под сушилками (если они расположены в здании). Могут быть устроены накопительные оперативные бункеры (для формирования крупных партий) и бункеры отпускные. В случае установки ковшовых (элеваторных) весов предусматривают надвесовые



бункеры.

Рис. 1.1 Принципиальное устройство элеватора:

I – рабочее здание; *II* – силосный корпус;

а, б, в, г, д – варианты РЗ с разным количеством этажей; 1 – этаж башмаков норий; 2 – этаж под сепараторных бункеров; 3 – дополнительный технологический этаж; 4 – этаж контрольных сепараторов; 5 – этаж основных сепараторов; 6 – этаж надсепараторных бункеров; 7 – этаж распределительных самотеков; 8 – этаж поворотных труб; 9 – этаж надвесовых бункеров; 10 – весовой этаж; *II* – этаж надвесовых бункеров; 12 – этаж головок норий; 13 – транспортная галерея на воду с приемными и отпускными конвейерами; 14 – транспортная галерея с конвейером отпуска на производство; 15 – подсилосный этаж; 16 – силосы; 17 – надсилосный этаж; 18 – бункер отпуска.

Назначение бункеров – обеспечить автономную (на какой-то период без участия норий) работу технологического и отпускного оборудования. Для распределения зерна по схемам маршрутов отдельных операций производственного процесса применяют поворотные трубы. В зависимости от конструктивного решения, функционального назначения элеватора и конкретно решаемых задач число этажей в рабочем здании может быть различным (рис. 1.1). Высота рабочего здания довольно большая – 50-70 м.

В рабочем здании выполняют следующие основные производственные операции с зерном: 1) приемка с автомобильного, железнодорожного и водного транспорта;

2) обработка;

3) перемещение для определения качества или подготовка помольных партий;

4) распределение в силосы или склады, связанные с элеватором;

5) отпуск (отгрузка) на автомобильный, железнодорожный, водный транспорт или на предприятие.

По конструкции рабочее здание может быть монолитным железобетонным, возводимым в подвижной (скользящей) опалубке, и сборным из железобетонных элементов заводского изготовления.

Рабочее здание может быть отдельно стоящим, устроенным на собственной фундаментной плите (рис. 1.1), и заблокированным с силосным корпусом. Первый вариант

наиболее распространен. Достоинства его: меньшие затраты времени, труда и бетона на возведение. Достоинство второго варианта: большая устойчивость против горизонтальных сейсмических сил и меньшие напряжения в основании фундаментной плиты. По приведенным рисункам можно получить достаточное представление о конструкциях рабочих зданий монолитного исполнения.

Рабочие здания элеваторов сборной конструкции. Впервые рабочее здание из сборного железобетона было построено в 1965 г. на ст. Спицевка Ставропольского края. Это сооружение силосного типа, в котором часть силосов по высоте здания прерывается, образуя производственные помещения. В силосной части здания размещаются лестничная клетка с лифтом, распределительные пункты. Выше надсилосного перекрытия устроена каркасная надстройка для установки головок норий, весов, поворотных труб.

В последующих типовых проектах конструктивная схема рабочего здания и основные объемно-планировочные решения были сохранены. Изменялись размеры здания в плане и по высоте, совершенствовались решения отдельных элементов и узлов.

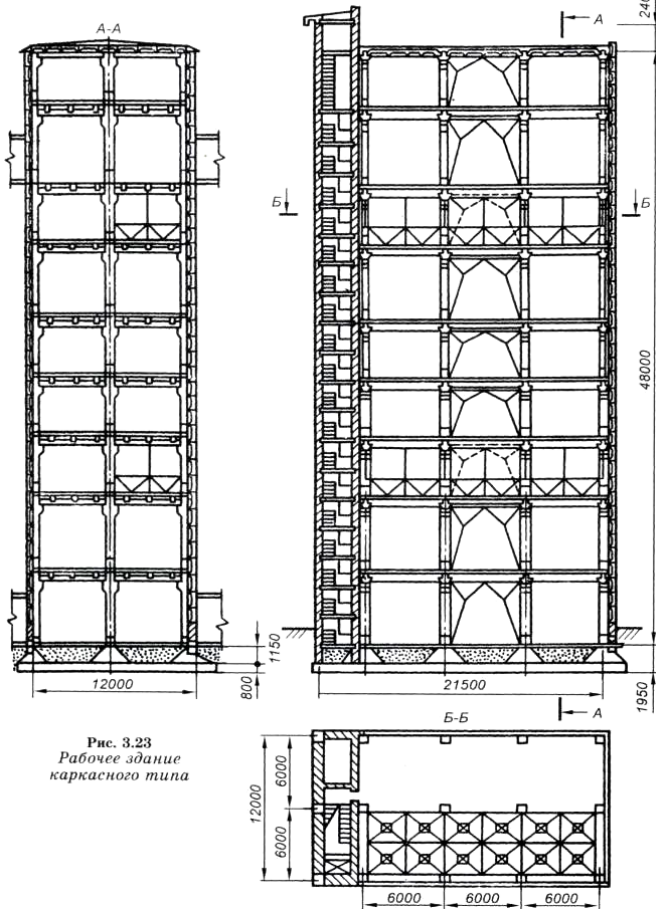


Рис. 3.23
Рабочее здание
каркасного типа

Рис.1.2 Рабочее здание каркасного типа

Рабочее здание каркасной конструкции предусмотрено в элеваторах при мельницах на высокопроизводительном оборудовании. Конструктивное решение таких зданий показано на рис. 1.2.

Достоинство его: в таком здании удобнее располагать технологическое оборудование; по конструкции оно аналогично зданию мельницы, что упрощает организацию строительства. Рабочее здание каркасной конструкции запроектировано и в полносборных элеваторах ЛСК.



Рис. 1.3 Элеватор безбашенного типа

Поиски оптимальных объемно-планировочных решений привели к разработке проекта безбашенного элеватора (рис.1.3). Вместо привычного рабочего здания запроектирована трехэтажная приемно-очистительная башня (на рисунке показана на переднем плане). В башне предусмотрено устройство приема с автомобильного транспорта на четыре проезда, размещены сепараторы и ворохоочистители, автоматические весы, устроены трансформаторная подстанция, распределительный пункт и диспетчерская.

Две норрии установлены в торце силосного корпуса с размещением головок норрий в надстройке силкорпуса, башмаков – в подвальном этаже. Две зерносушилки расположены между силосными корпусами.

Особенности размещения технологического и транспортного оборудования.

Норрии. В рабочем здании элеватора максимально используется принцип движения зерна самотеком. Поднятое норриями вверх зерно самотеком проходит цепь технологического оборудования (обеспечивающего соответствующую обработку зерна), загружается в оперативные бункеры, поступает на надсилосные и отпускные конвейеры. Норрии могут быть универсальными, участвующими в выполнении всех или почти всех операций с зерном. Могут быть специализированными, выполняющими конкретную операцию (норрии приемные, сушильные, отпускные и др). У нас в стране в рабочем здании установлены универсальные норрии. Их называют основными. Достоинство их – небольшое количество (чаще от 2 до 5), высокая степень использования. Обычно башмаки основных норрий установлены на нижнем этаже (этаже башмаков норрий). Норрийные трубы норрий проходят через все этажи, могут проходить и через бункеры. Норрийные трубы норрий производительностью 350т/ч и выше в бункерах должны быть изолированы от контакта с зерном, так как они менее жестки и могут быть смяты зерном. Трубы этих норрий должны проходить вне бункеров или через бункеры в специальных шахтах.

Весы располагают таким образом, чтобы норрии подавали зерно только на них. В этом случае взвешивание зерна обеспечивается на всех операциях.

Трубы поворотные устанавливают под весами (под подвесовыми бункерами).

Зерноочистительное оборудование в зависимости от назначения элеватора может быть представлено различными машинами.

Скальператоры (ворохоочистители) предназначены для предварительной очистки зерна (от вороха). Могут располагаться в устройстве приема с автотранспорта или в рабочем здании над надсепараторными бункерами или над основными сепараторами.

Основные сепараторы предназначены для основной очистки зерна. Работают они в комплексе с над- и подсепараторными бункерами, вместимость которых должна обеспечивать автономную работу сепараторов в течение 2-3 часов. На каждый основной сепаратор должно приходиться не менее двух таких бункеров. Бункеры занимают по одному этажу. В рабочем здании монолитной конструкции в поперечном сечении они занимают всю площадь здания.

В основной очистке на производственных элеваторах в зависимости от культуры могут участвовать *пневмосепараторы, камнеотборники, сепараторы для разделения зерна на фракции, пневмосортировальные столы и другое оборудование*. Для их размещения предусматриваются отдельные этажи или их размещают на этаже основных сепараторов и этаже контрольных сепараторов. В рабочем здании производственного элеватора может быть запроектировано подготовительное отделение для перерабатывающего предприятия. Для контроля отходов, отобранных на основных сепараторах, с целью выделения из них годного (полноценного) или полезного (для фуражных и других целей) зерна в рабочем здании могут быть предусмотрены контрольные сепараторы. Их устанавливают на этаже под основными сепараторами. На этом этаже могут быть размещены и триеры. При большом числе триеров для них предусматривают отдельный этаж (в проектах элеваторов для восточных элеваторов).

1.2 Силосные корпуса

Силосный корпус – это собственно хранилище и должен обеспечить количественную и качественную сохранность зерна.

Он должен удовлетворять ряду требований: защищать зерно от атмосферных осадков, быстрых изменений наружной температуры, проникновения вредителей. Не допускать задержки зерна при опорожнении силоса и быть безопасным в пожарном отношении.

Силосный корпус состоит из трех основных частей:

- 1) нижнего (подсилосного) этажа, включающего днище и служащего для размещения нижних конвейеров, предназначенного для разгрузки силосов;
- 2) силосной части, включающей силосы или ячейки для хранения зерна;
- 3) верхнего (надсилосного) этажа, в котором располагают надсилосные конвейеры, служащие для заполнения силосов.

Силосы в поперечном сечении могут иметь самую разнообразную форму: круглую, квадратную, прямоугольную и многоугольную (шести-, восьми-, двенадцатигранные), звездообразную, и сложного геометрического сечения (рис.1.2). В силосных корпусах они образуют сочетание, и порой довольно сложное, разных по форме ячеек. Например, четыре смежных круглых силоса образуют так называемую звездочку (полусилос), которую также используют как емкость для хранения зерна.

По размерам в плане силосы могут быть круглые – диаметром 5-12м и более, квадратные – обычно 3,0 × 3,0; 4 × 4м.

Многообразие форм и размеров ячеек объясняется поисками экономичного варианта силосного корпуса с высокой степенью использования вместимости за счет наличия в нем различных типоразмеров ячеек.

Наиболее распространенным в стране являются силосы диаметром 6 м и с размерами в плане 3 × 3м.

Высота железобетонного силосного корпуса определяется допустимой нагрузкой на грунт под подошвой фундаментальной плиты. Типовая высота силоса 30м. на скальных основаниях она может быть увеличена (до 40м).

Из условия температурного влияния длина силкорпуса не должна превышать 80м. Расположение силосов может быть рядовое и шахматное. Чаще других у нас применяют рядовое расположение круглых силосов как более простое со строительной точки зрения (рис.1.4).

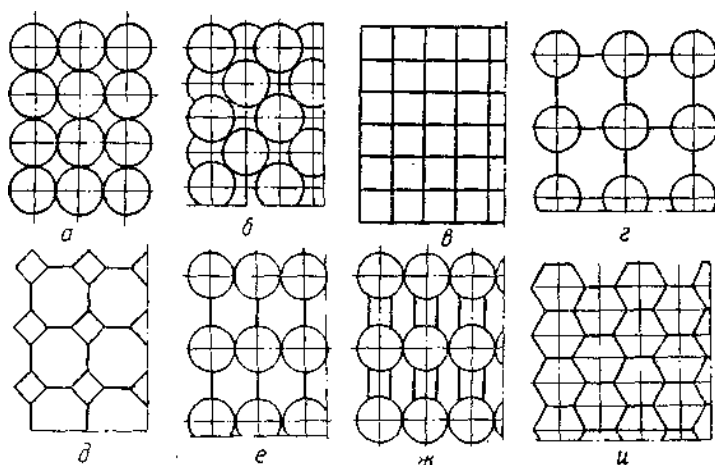


Рис.1.4 Схемы расположения силосов в плане:

а – рядовое расположение; *б* – шахматное расположение; *в* – квадратные силосы; *г, е, ж* – круглые силосы с вставками между ними; *д* – восьмигранные и квадратные силосы; *и* – шестигранные силосы.

Материалом для возведения современных силкорпусов служит монолитный и сборный железобетон, сталь.

Железобетонные силосы могут быть монолитной и сборной конструкции; вертикальные конструкции первых выполняют в скользящей опалубке.

В настоящее время при строительстве элеваторов и главным образом силосов применяют преимущественно сборный железобетон, учитывая его достоинство по сравнению с монолитным. Строительство элеваторов монолитной конструкции тем не мене будет продолжаться. Метод возведения элеваторов существенно влияет на его конструкцию, компоновку и в ряде случаев на технологическую схему.

Изобретенная в начале века скользящая опалубка – большой прогресс в технике строительства высоких железобетонных сооружений. Применение скользящей опалубки значительно ускорило и удешевляло (по сравнению с применением стационарной опалубки) процесс строительства, резко снижало трудоемкость работ и расход лесоматериалов. Дальнейшее усовершенствование скользящей опалубки (применение инвентарной металлической опалубки, гидравлических домкратов) в еще большей степени увеличило достоинство этого метода строительства. Лишь с появлением сборных конструкций силосов, а затем и рабочих башен метод строительства железобетонных элеваторов в скользящей опалубке начинает постепенно вытесняться.

В большинстве случаев силосы возводятся на *подсилосной плите*. Подсилосная плита устраивается на колоннах, устанавливаемых на *фундаментной плите*. Колонны располагаются рядами в местах касания силосов таким образом, что каждый силос через подсилосную плиту опирается на четыре колонны. Пространство между фундаментной плитой и подсилосной, огражденное по внешним колоннам стенами (из кирпича или железобетонных панелей), образует *подсилосный этаж*.

В подсилосном этаже устанавливаются конвейеры (подсилосные) для разгрузки зерна из силосов с передачей его в башмак основных норий.

Монолитные силосы могут возводиться непосредственно на фундаментной плите. В этом случае в нижней части силосов устраивают проемы для окон, дверей, проходов и установки подсилосных конвейеров.

Силосные корпуса монолитной конструкции:

После внедрения железобетона в элеваторостроение много лет строили элеваторы исключительно монолитной конструкции. Представление о конструкциях силосных корпусов в монолитном исполнении можно получить по следующим современным проектам:

СКМ-6 (рис 1.5). Силосы диаметром 6 м. Колонны, балки, плиты и стены подсилосного и надсилосного этажей – из сборного железобетона такие же, что и в сборных корпусах СКС-6. Фундаментная плита – монолитная или сборно-монолитная.

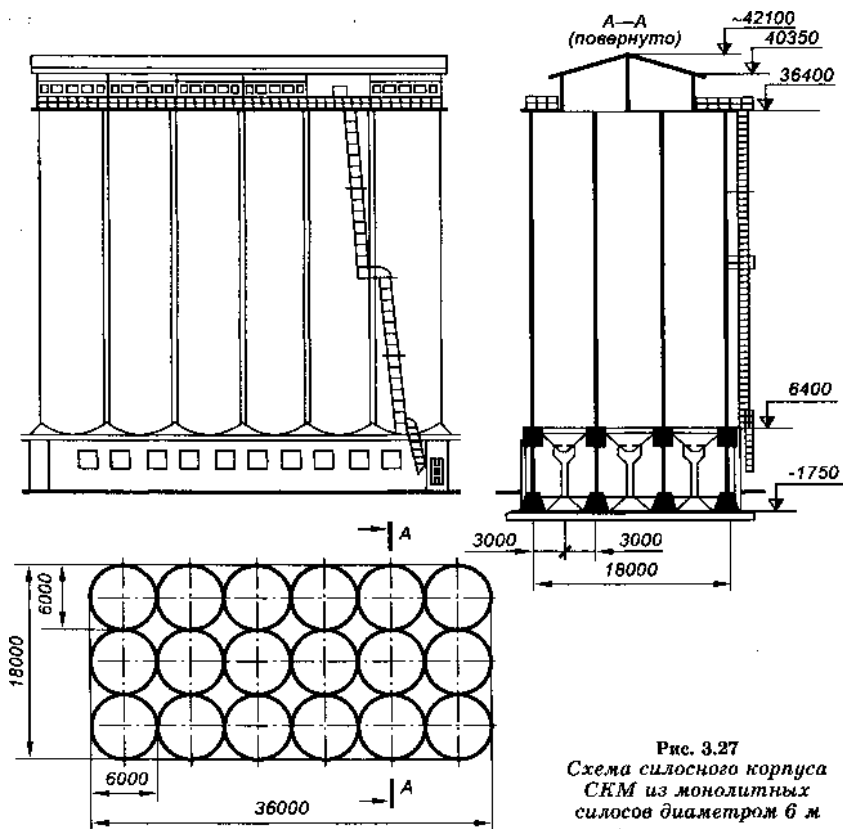


Рис.1.5 Схема силосного корпуса СКМ из монолитных силосов диаметром 6м.

Рис. 3.27
Схема силосного корпуса СКМ из монолитных силосов диаметром 6 м

Разработаны проекты монолитных железобетонных силосов диаметром 12, 18 м и значительно больших размеров. Например, в Никифоровке Тамбовской области построен силос диаметром 28 м, высотой 30 м и вместимостью 20 тыс. т. В Семипалатинске построены в монолите два силоса диаметром 18 м, вместимостью 12,2 тыс. т каждый.

Отдельно стоящие силосы больших размеров применяют и за рубежом. Например, в Испании (порт Таррагона) – диаметром 16 м и высотой 41 м; в США (г. Нью Олбани) – силосы диаметром 20 м и высотой 40 м.

Силосные корпуса с монолитными силосами диаметром 11-13 м построены в США, Австралии и других странах. Например, силосный корпус в г. Фримантле (Австралия) – четырехрядный из силосов диаметром 11 м, вместимостью каждого – 2720 м³. «Звездочки» между силосами используют также как емкости.

Рядом финских и германских фирм разработаны проекты элеваторов с силосными корпусами высотой 85,5 м, состоящими из 12 силосов диаметром 12 м, возведенными в скользящей опалубке от фундаментной плиты.

При проектировании силосных корпусов в нашей стране принята унификация объемно-планировочных решений, в частности:

- сетка разбивочных осей, проходящих через центры железобетонных сблокированных в силосные корпуса, 3×3; 6×6; 9×9; 12×12;

- наружные диаметры силосов – 6, 9, 12, 18, 24 м;

- высоты стен силосов, подсилосных и надсилосных этажей кратны 0,6 м.

Конструкции силосов больших диаметров в сборном исполнении разработана пока недостаточно, Практика показала, что сборность их трудно решаема.

ЦНИИ Промзернопроект в 1970 г. Разработал несколько вариантов конструкций отдельно стоящих силосов диаметром 12 м и высотой 37 м. Во всех вариантах фундаменты приняты в виде сплошной круглой монолитной железобетонной плиты. Конструкции стен предложены из монолитного и сборного железобетона. Днище запроектировано в 3 вариантах (наклонное, плоское и вибрационное). Покрытие для всех вариантов силосов запроектировано в виде конусного купола.

Стены силосов

Стены из монолитного железобетона (рис.1.6). Монолитные стены толщиной 240 мм возводят в скользящей опалубке, начиная от фундаментной плиты.

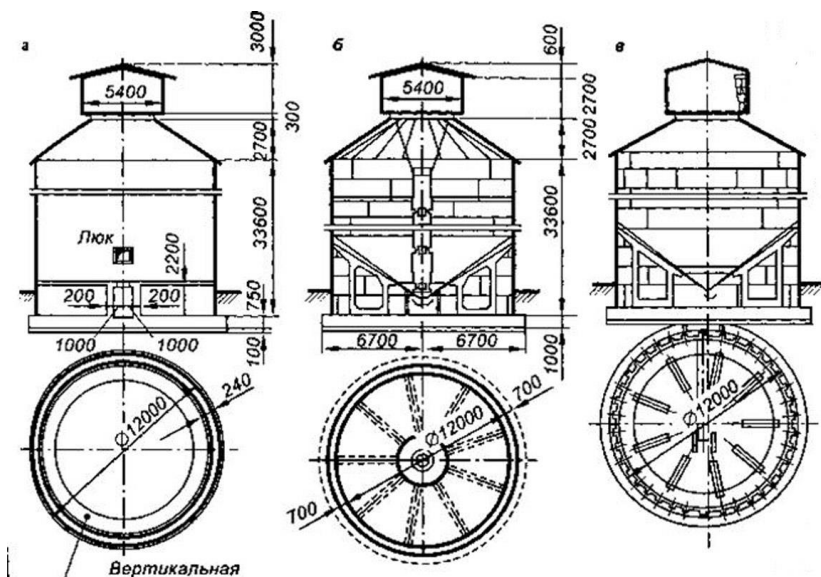


Рис.1.6 Варианты конструкций железобетонных силосов диаметром 12 м:

а - силос с монолитными стенами; б - со стенами из сборных криволинейных элементов; в - со стенами из ребристых элементов.

В силосе без трубы стены армируют двойной арматурой из стержней диаметром 12-16 мм через 130 мм по высоте. В силосе с трубой арматура ставится с шагом 300 мм, соединенных поперечными связями через один стержень. Бетон марки 200.

Монолитный силос может возводиться в унифицированной скользящей опалубке с металлическими или деревометаллическими щитами. Пол и подмост – кольцевой конструкции. При подъеме используется сборно-разборная лестница.

При строительстве отдельно стоящих силосов один комплект опалубки можно использовать на одной стройплощадке до 10 раз, а скользящую опалубку разбирать и собирать крупными блоками с помощью башенного крана применяемого для подачи материалов. Также для подъема используют гидравлические домкраты.

Сборные силосные корпуса. Строительство сборных силосных корпусов началось с конца 1950-х г., а полносборных элеваторов с 70-х г.г. прошлого века.

Сборные элементы стен силосов бывают двух типов: объемные блоки и плоские или криволинейные панели. Все эти сборные элементы могут быть ребристые и гладкие.

Разработаны следующие типовые проекты силосных корпусов сборной конструкции:

-СКР-3×3. Стены силосов его собирают из ребристых объемных элементов размером в плане 3×3 м (см рис. 1.7), высотой 1,17м и плоских панелей размером 1,17 × 3м;

-СКС-3 ×3. Стены силосов из гладких объемных элементов (см. рис.1.7 в) таких же размеров как и элементов СКР-3 × 3; -СКС-6-48.

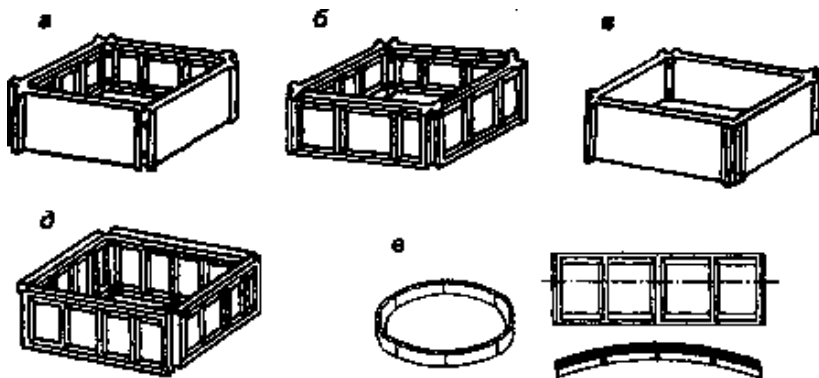


Рис. 1.7 Основные элементы стен сборных силосов:

- а* – объемный блок таврового сечения СКР-3 х 3;
- б* – объемный блок двутаврового сечения СК2Р-3 х 3;
- в* – объемный гладкостенный блок СОГ-3 х 3;
- г* – угловой элемент СУГ-3х3; *д* – блок 4 х 4 м укрупненной сборки из ребристых панелей;
- е* – тубинг для сборки колец диаметром 6 м.

Корпус состоит из 48 силосов диаметром 6м (6×8). Стены силосов – из сборных предварительно напряженных криволинейных элементов (с разрезкой кольца на 3 или 4 части). Такой элемент показан на рис. 1.7 е. Объемные элементы с предварительно напряженной арматурой отличаются от аналогичных элементов с обычным армированием высокой жесткостью и трещиностойкостью и значительно меньшим расходом металла на их изготовление (до 40%).

Для сборных силоскорпусов разработаны объемные, плоские и угловые элементы (рис.1.7 б) наружных силосов с конструктивной защитой горизонтальных швов.

Стены силосов перекрывают плитами, называемыми надсилосными. Они могут быть монолитными или сборных крупноразмерных железобетонных плит.

Стены и крыша *надсилосного этажа*

- чаще сборные железобетонные.

Сборные железобетонные стены. Разработано два варианта сборных железобетонных стен силоса: из ребристых элементов с обычным армированием и из криволинейных предварительно напряженных (см рис. 1.7 б). Длина элементов принята равной 1/6 периметра стен силоса (6,3 м), высота – 1,2 м.

Ребристый элемент имеет многогранную форму в плане, образуя при сборке 36-гранное кольцо. Высота горизонтального ребра – 350 мм, вертикального – 200мм, толщина стенки – 60 мм. Ребра расположены снаружи силоса, внутренняя поверхность гладкая. Бетон марки 300. Элементы армированы каркасами и сетками. Основная рабочая арматура в горизонтальных ребрах принята из стержней диаметром 36 мм для варианта без разгрузочной трубы и диаметром 26 мм в случае ее применения. Стык элементов осуществляют при помощи ванной сварки выпускной арматуры.

Криволинейный предварительно напряженный элемент принят толщиной 150 мм. Бетон марки 300. Основная рабочая арматура из 10 стержней диаметром 12 мм напрягается при изготовлении элемента электротермическим методом.

Соединение криволинейных элементов в кольцо осуществляется при помощи болтов, устанавливаемых в смежные стыковые коробки. Могут быть и другие варианты сопряжений:

-при помощи ванной сварки выпусков арматуры;

- петлевым стыком;
- стыком с соединительными муфтами при выпуске арматуры с нарезкой.

При всех вариантах сборные элементы устанавливают в стены с перевязкой вертикальных стыков (каждый стык вышерасположенного элемента сдвинут от нижнего на треть его длины).

Все вертикальные стыки замоноличивают бетоном марки 200 на мелком щебне. Горизонтальные швы заполняют цементным раствором марки 200.

Разгрузочную трубу при всех вариантах стен устанавливают после монтажа последних со сборной из отдельных звеньев. До монтажа купола трубу временно раскрепляют к стенам силоса.

Днище силосов. *Наклонное днище* (см рис.1.7 б и в). На фундаментной плите радиально устанавливают девять сборных железобетонных опор, представляющих собой рамы с наклонными верхними ригелями с консолью. Угол наклона ригеля – 36° . По опорным рамам укладывают сборные железобетонные плиты трапецевидной формы толщиной 100 мм в нижней части и 300 мм – в верхней. По консолям рам монтируют стальные конусные воронки диаметром 3 м. Швы между плитами и стенами силоса замоноличивают цементным раствором. Выгружается зерно самотеком.

Плоское днище. Проходная конвейерная галерея устраивается над фундаментной плитой из железобетона.

Выпуск зерна на конвейер осуществляется через центральную выпускную воронку, затем через четыре дополнительные воронки, расположенные по оси галереи. Остаток зерна (100-120 т) выгружают из силоса при помощи пневматического перегружателя.

Проникновение в силос для работы со всасывающим соплом предусмотрено через лазовый люк в стене сооружения. Вместимость силоса при плоском днище наибольшая.

Вибрационное днище (рис.1.8). На фундаментной плите устанавливают радиально 18 опор с наклоном верхнего ригеля в 8° . По ригелям укладывают металлические балки, по которым на пружинных опорах монтируют металлические щиты с закрепленными снизу съемными или стационарными вибраторами.

Основная масса зерна выпускается самотеком. Для удаления его остатков включают вибраторы, под действием которых зерно ссыпается в выпускную воронку.

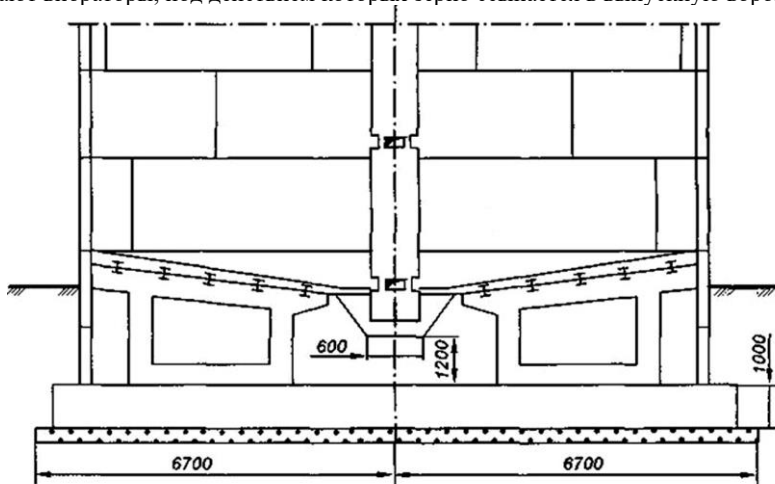


Рис. 1.8 Вибрационное днище

Покрытие силосов. Покрытие для всех видов силосов запроектировано в виде конусного купола. Несущими конструкциями служат стальной каркас из наклонных балок-стропил, а также нижнего и верхнего опорных колец. По наклонным балкам укладывают плоские сборные железобетонные плиты трапециевидной формы. Кровля – рулонная.

Разгрузочная труба. Для всех вариантов силосов разгрузочная труба одинакова. Диаметр ее – 1020 мм с толщиной стенок 5мм. Через каждые 2,4 м по высоте предусмотрено по четыре отверстия, через которые зерно может стекать внутрь трубы.

Вверху труба подвешивается к конструкции купола, а внизу входит в разгрузочную воронку так, чтобы исключить возможность истечения зерна в воронку, минуя трубу.

Соединительная галерея. Для связи силосов друг с другом и с элеватором служат верхние конвейерные галереи. Несущие конструкции их – стальные пространственные фермы. Обшивка стен и кровли из асбестоцементных листов усиленного или унифицированного профиля, пол – из сборных железобетонных плит.

Металлические силоса. Важным направлением технической политики в элеваторной промышленности признано строительство металлических силосов.

Применение металлических силосов дает много существенных преимуществ по сравнению с монолитными железобетонными: возможность заводского изготовления конструкций, меньшую массу, простоту транспортирования, в том числе на большие расстояния, простоту и небольшую трудоемкость монтаж, Возможность создания герметичных емкостей, что особенно для борьбы с вредителями зерна путем газации, а также для хранения зерна в среде инертного газа, позволяющего длительное время поддерживать хорошее состояние зерна. Для металлических силосов применяют сталь (обычно для небольших силосов). Однако эти силосы имеют недостатки:

- высокую теплопроводность стен и крыши;
- конденсацию влаги на внутренних стенах. Что вызывает потребность в устройстве теплоизоляции стен или организацию аэрации силоса;
- коррозию металла под воздействием определенных химических веществ из хранящейся массы;
- необходимость в периодической окраске;
- увеличенные горизонтальные давления на стенки при выпуске зерна из силоса вследствие минимального трения его о стенку.

При опорожнении необходимо поступление достаточного количества воздуха в силос, иначе возможно сжатие оболочки силоса за счет вакуума, образующего внутри нее.

Для обеспечения лучшей сохранности зерна признано необходимым проводить вентилирование силосов, а влажный воздух необходимо удалять из свободного пространства силоса (вентилятором) через специальные выходные решетки. Для предупреждения конденсации влаги на металлических стенках и самосогревания зерна, прилегающего к ним, наружные стенки силосов покрывают алюминиевым составом, отражающим солнечные лучи, благодаря чему их нагрев минимален. Для этой же цели стенки силосов делают в отдельных случаях двойными, заполняя пространство между ними теплоизоляционным материалом.

В настоящее время разработано несколько проектных предложений по металлическим силосам. В качестве основной принята цилиндрическая форма силосов

Оптимальной высотой принято считать такую, при которой нагрузка на пол от толщины зерна не превышает несущей способности грунта, обычно равной 1-1,5 кг/см², что соответствует высоте до кровли 15-20м. Обеспечение устойчивости – один из определяющих фактор при проектировании металлических силосов, от которого зависит расход материалов.

Рассмотрим некоторые проектные предложения.

Проектное предложение Джамбульского технологического института легкой и пищевой промышленности. Металлический силос может быть использован как для привязки к существующим элеваторам или СОБ, так и для создания самостоятельного элеватора, Силос запроектирован с конусным дном и установками для активного вентилирования зерна.

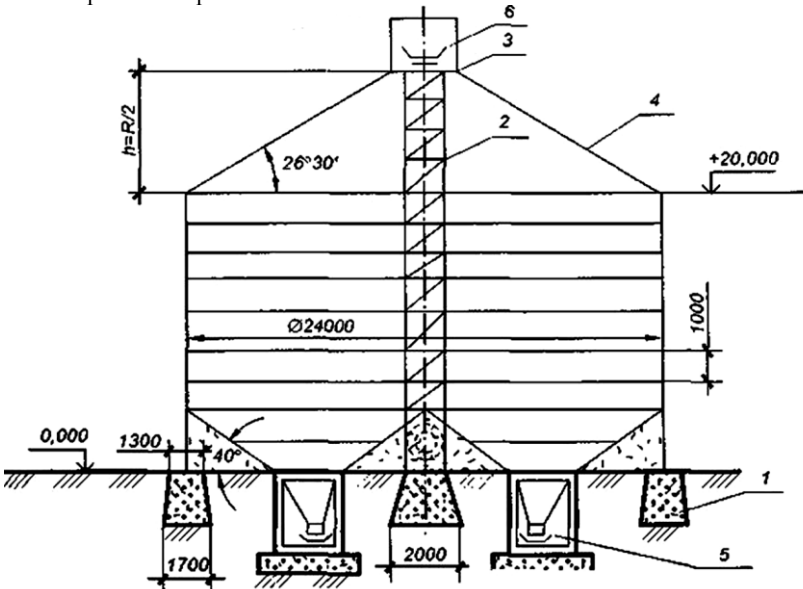


Рис. 1.9 Проектное предложение Джамбульского технологического института легкой и пищевой промышленности:

1 – фундамент кольцевой трапецеидального сечения; 2 – центральная решетчатая стойка из / 500 × 50 × 50 (сеч. 1x1 м); 3 – зонт; 4 – висячая кровля; 5 – нижняя галерея; 6 – навес над загрузочным механизмом

Представленный на рис. 1.9 силос имеет следующие характеристики:

- объем – 9049 м³;
- вместимость цилиндрической части – 6787 т;
- вместимость верхней конической части – 615 т;
- общая вместимость (E) – 7402 т

Силос изготовлен из стальных колец высотой 1 м на сварке. Толщина стенок колец точно определена и меняется в зависимости от номера кольца №1,2-8 8 мм; № 14-16 – 4 мм; № 17-20 – 3 мм.

Металлические силосы, возводимые методом рулонирования (рис. 1.10 и 1.11) и навивки (рис. 1.12).

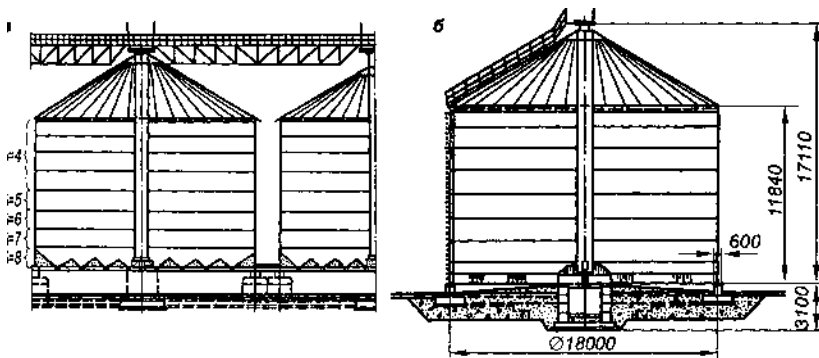


Рис 1.10 Металлический силос, возводимый методом рулонирования:

а – продольное сечение; б – поперечное сечение силоса

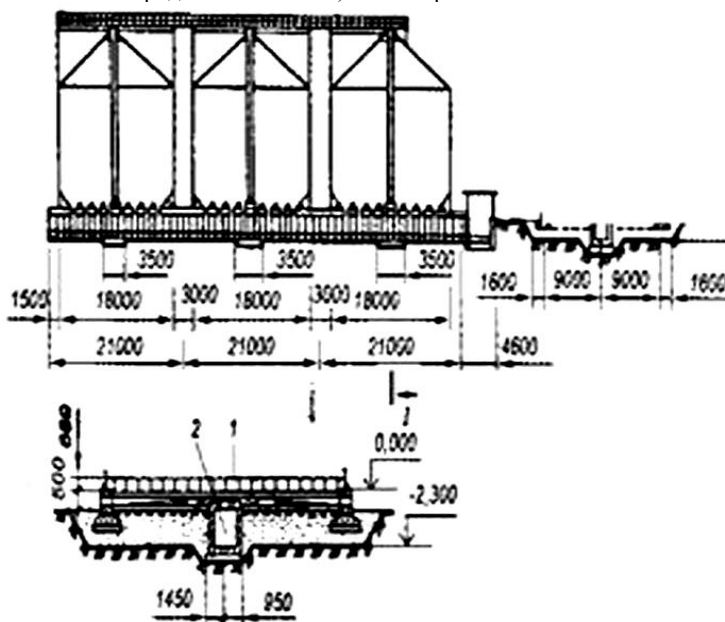


Рис.1.11 Металлические силосы, возводимые методом рулонирования:

а - продольный и поперечный разрезы; б - конструкции днища; в - общий вид силосов; 1 - сборные железобетонные плиты; 2 - объемный элемент конвейерной галереи.

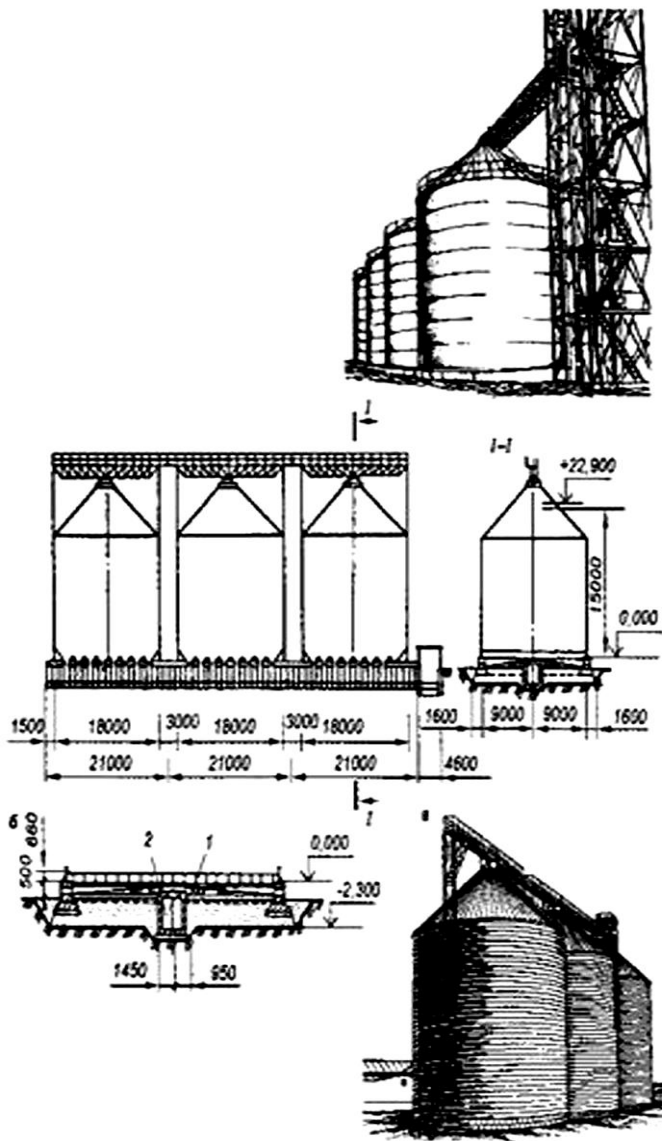


Рис. 1.12 *Металлические силосы, возводимые методом навивки:*

а)-продольный и поперечный разрезы; б)-конструкция дна; в)-общий вид силосов; 1- сборные железобетонные плиты; 2-объемный элемент конвейерной галереи

В настоящее время в нашей стране получили наибольшее распространение силосы, возводимые методом рулонирования и методом навивки. Надземная часть решена в виде металлической оболочки с центральной трубчатой стойкой и конической кровлей, опирающейся на них.

Для загрузки силоса используют надсилосные конвейерные галереи. Выгружают зерно самотеком на конвейеры в подсилосной подземной галерее, а его остатки с помощью аэрожелобов через люки, расположенные в перекрытии тоннеля. Фундамент силоса состоит из двух железобетонных полуколец. Стены подсилосной галереи выполнены из бетонных блоков, перекрытие – монолитная железобетонная плита.

Толщина стены силоса (4-8 мм) изменяется по высоте через интервалы 1,5 м, равные ширине листов, из которых сваривают рулоны.

Металлическое зернохранилище поступает на строительную площадку укрупненными узлами, Стенки резервуаров – в виде сварных полотнищ, покрытия – сварными секторными щитами, кольца днища – отдельными сегментными элементами.

Применяют следующую последовательность работ: разметка кольца днища на фундаментном основании силоса, устройство бетонных раскателей, укладка шпал в каналы аэрожелобов до уровня верхней фундаментной плиты, накатывание рулона-стенки на основание резервуара, подъем его с помощью крана в вертикальное положение, установка монтажной стойки, Развертывание с помощью трактора рулона-стенки и установка щитов покрытия, устройство конусной части бетонных раскателей, монтаж транспортного, технологического и электротехнического оборудования.

Установку силоса производит бригада из 5-7 человек, а максимальное число рабочих, занятых на строительстве всего комплекса, – 20-25 человек.

Комплекс из 4 силосов может быть сооружен за 3-4 месяца. Капитальные вложения из расчета на 1т емкости ниже нормативных для железобетонных элеваторов.

Есть два типовых проекта для силосов:

1) $\text{Ø}15,2$; $h = 12\text{м}$, $E = 1800\text{м}$;

2) $\text{Ø}18\text{м}$; $h = 11,9\text{м}$; $E = 2500\text{м}$,

где h - высота силоса.

В последние годы во многих странах и у нас в стране получают распространение металлические силосы, возводимые методом навивки. Суть метода заключается в формировании силосов из спиральной стальной ленты с соединением кромок путем загиба и запрессовывания в фальцовое соединение. Специальные машины отгибают кромки листов, а затем формируют фольцовое соединение, пропуская через систему парных валков.

Толщина стены – 2-4мм. Стальная лента, проходя через профилирующую машину, стыкуется с соседней по высоте, образуя спиральные выступающие ребра. Ленту рулонов в ходе навивки соединяют сваркой встык.

Спиральные ребра повышают устойчивость стены, Кроме того, в нижней части силосов для обеспечения устойчивости стен устанавливают вертикальные стойки.

Верхние конвейерные галереи устанавливают на плоские металлические опоры, опирающиеся на стены силоса, усиленные в этих местах вертикальными стойками.

Строительство металлических силосов осуществляется, как правило, группами по 3-5 и более человек. Они привязываются к действующим или строящимся рабочим башням.

В практике строительства применяют типовой проект силоса с характеристиками: $\text{Ø} 18\text{м}$, $h = 15\text{м}$, $E = 3,0 \text{ тыс.т}$.

Особенно широкое распространение металлические зернохранилища нашли, в частности, в США, Канаде, ФРГ, Франции, Италии, Англии, Нидерландах, Чехии, Словакии, Венгрии.

2. Основные типы зерноскладов

Наиболее распространенным типом зернохранилищ по-прежнему остаются зерносклады. В общей вместимости сети зернохранилищ страны на их долю приходится около 60 %. Это объясняется тем, что строительству зерноскладов отдавали предпочтение в те периоды, когда экономические возможности страны были ограничены для создания в кратчайшие сроки условий для надежной и длительной сохранности выращенного урожая. Зерносклады по сравнению с элеваторами можно было строить гораздо быстрее, не имея мощной строительной базы, из местных строительных материалов и с меньшими капитальными затратами (для немеханизованных складов).

Зерносклады строят с горизонтальными и наклонными полами. Зерно засыпают на пол, Высота засыпки зависит от состояния зерна и в складах различной конструкции у стен равна 2,5-4м, по середине складов с горизонтальными полами –5-7м и с наклонными полами -10-11м.

При расчете вместимости склада угол наклона насыпи зерна принимают 25°.

Зерносклады могут быть *механизованными, полумеханизованными и немеханизованными.*

В механизованных складах для загрузки и выгрузки зерна установлены стационарные верхние (загрузочные) и нижние (разгрузочные) конвейеры, Полумеханизованные склады оборудуются верхним или нижним стационарными конвейерами. Зерносклады с наклонными полами – только механизованные.

Механизация зерноскладов увязывается с башнями механизации образуя механизованные комплексы. В складах с горизонтальными полами, механизованных (или только с нижним конвейером), самотеком выгружается примерно 50% зерна. Остальное зерно подгребают к выпускным воронкам средствами передвижной механизации (самоподавателями, погрузчиками в комплексе с передвижными конвейерами). В складах с верхними конвейерами зерно отпускают, а в немеханизованных принимают и отпускают через ворота, расположенные по длинным сторонам склада, только при помощи средств передвижной механизации.

Склады с наклонными полами по всей площади склада – саморазгружающиеся.

В настоящее время строят только механизованные склады.

Основные элементы складов.

Стены складов до 1941 г.сооружали из дерева, в настоящее время выполняют из *кирпича и каменных материалов* – шлакобетонных и бетонных марки 50, ракушечника марки 25, рваного и постелистого бутового камня марки 200 и монолитного шлакобетона марки 50.

Внутренние стены оштукатуривают известковым раствором, и раз в год белят и известью.

С учетом того, что удельные горизонтальные давления на стену возрастают с увеличением глубины засыпки, толщину стен следует выполнять переменной по высоте. Одинаковой толщины по всей высоте делают стены из постелистого и рваного бутового камня.

Фундамент ленточный, устраивают его из бутового камня. Конструкция фундамента показана на рис.2.1. Обычная глубина заложения фундамента 800 мм. Если грунт слабый, а уровень грунтовых вод близок к поверхности – глубину заложения фундамента делают равной глубине промерзания грунта.

Между фундаментом и стеной обязательно укладывают гидроизоляционный слой, препятствующий проникновению грунтовой влаги. Гидроизоляцию устраивают из двух слоев пергамина или рубероида на битумной мастике (клебемассе). Для отвода дождевых и талых вод вокруг всего здания устраивают отмостку шириной 1 м (при лессовых грунтах 2 м) и сточные канавы, отводящую воду от склада.

Полы должны быть прочными, выдерживать без деформаций перемещение передвижной механизации, надежно изолировать зерно от грунтовых и талых вод и защищать его от проникновения грызунов. В современных складах устраивают сплошные полы – бетонные или асфальтовые. Наиболее распространены асфальтовые. Устройство его показано на рис 2.1: 1 – утрамбованный сухой грунт (20см); 2 – гравийная, щебеночная или шлаковая подушка, залитая жидким известковым раствором (15-20см); тугоплавкий асфальт (2,5-4,0см)

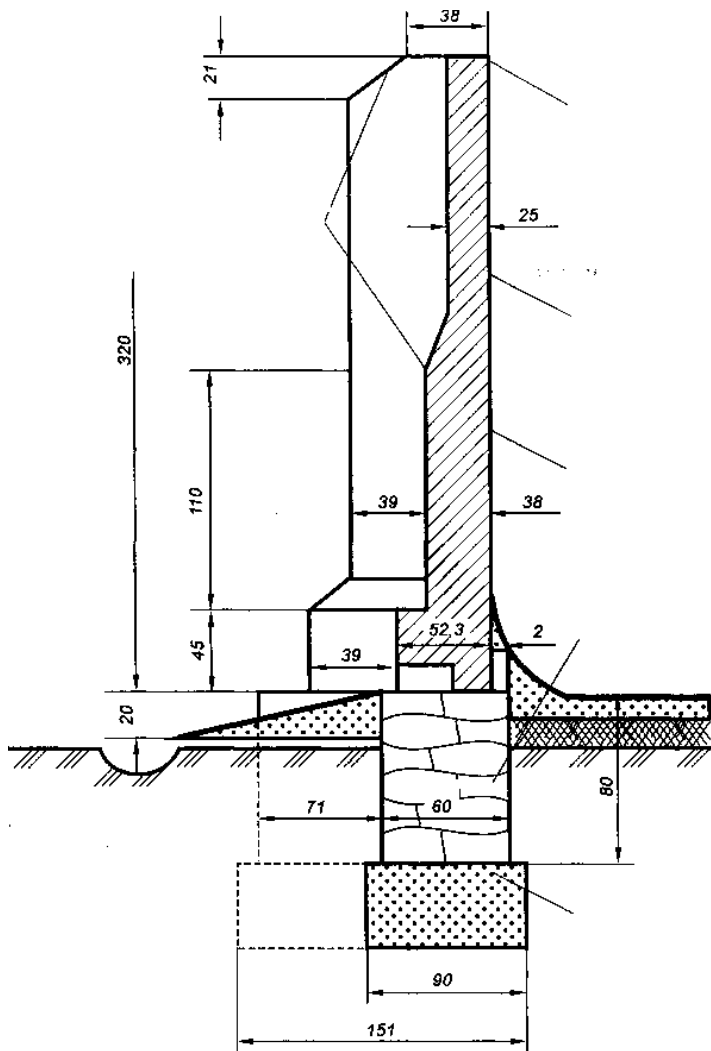


Рис. 2.1 Кирпичные стены зерносклада:
 1 – утрамбованный сухой грунт;
 2 – гравийная, щебеночная или шлаковая подушка;
 3 – асфальт.

Крыша должна быть легкой, огнестойкой, хорошо противостоять ветру, не портиться от случайных ударов при очистке от снега и от нагревания солнцем. Теплопроводность крыши должна быть малой. Лучшими кровельными материалами для крыш зерноскладов считают асбофанеру (плоскую и волнистую) и рубероид, который укладывают по сплошной обрешетке с толевой прокладкой.

Конструкцию крыши, как правило, выполняют, из дерева. В некоторых проектах каменных складов и в складах из сборного железобетона применяют металлические и железобетонные конструкции.

Обычно ширина складов большая –15-30 м. Чтобы облегчить стропильную конструкцию крыши, по ширине склада устанавливают промежуточные опоры – стойки (столбы).

В типовых проектах складов шириной 20м внутренний каркас склада состоит из двух продольных рядов деревянных стоек. Таким образом, в поперечном направлении склад делится на три пролета 6 два крайних по 4,5 м и средний 11м. Такая конструкция обеспечивает возможность маневрирования в складе средствами передвижной механизации.

Деревянные конструкции внутреннего каркаса и крыши одинаковы для всех вариантов стен.

Окна размещают в самой верхней части стен, выше зерновой насыпи.

Они должны обеспечивать не только освещение склада рассеянным светом, но и его вентиляцию. Размер окна в типовых проектах: ширина 1355мм. Высота – 615 мм. Оконные фрамуги подвешивают на горизонтально расположенных петлях.

Окна открывают наружи нижним ребром, что препятствует попаданию в склад атмосферных осадков. В оконные проемы устанавливают дополнительные рамы, обитые сеткой, препятствующих залезанию в склад птиц. Число окон – по два в каждом пролете между дверями.

Двери – ворота обычно устраивают створчатыми, открывающимся наружу, либо раздвижными на обе стороны. Двери типовых складов (ширина 2,2 м; высота 2,6 м) обеспечивают свободный проход в склад средств передвижной механизации.

Для обеспечения сквозного проветривания и для сохранения полезной вместимости склада, дверные пролеты заполняют на высоту 1,5-2,5 м закладными досками. Для этого в дверной коробке устраивают специальные пазы.

Расстояние между дверьми в складах старой конструкции 8 м, в новых –15,4 м.

Транспортерные галереи. *Верхняя транспортерная галерея*, представляет собой проем по всей длине склада, строенный в средней части стропильных ферм, с установленным в ней верхним конвейером со сбрасывающей тележкой

Нижние транспортерные галереи выполняют по продольной оси склада под полом. Нижние галереи бывают проходные (большинство) и непроходные,

Проходные галереи в поперечном сечении имеют габариты, обеспечивающие установку конвейеров и свободный проход для обслуживающего персонала. Они могут быть построены из местных строительных материалов или сборного железобетона. Последние собирают из плит или коробов (прямоугольного сечения) или из колец (круглого сечения) (рис.2.2).

Выпуск зерна на нижний конвейер производится через металлические выпускные воронки, под которыми установлены задвижки, регулирующие массу, поступающую на конвейер в единицу времени. Обычно в складе предусмотрено 10 воронок.

Непроходные галереи (рис. 2.2 в) рассчитаны только на установку конвейера. Управление задвижками выпускных отверстий выносят на верхнюю галерею (вертикальные штанги со штурвалами. К строительству непроходных галерей прибегают в случае, когда высокий уровень стояния грунтовых вод не позволяет предусмотреть

проходную нижнюю галерею. Достоинство непроходных галерей – более низкая стоимость строительства.

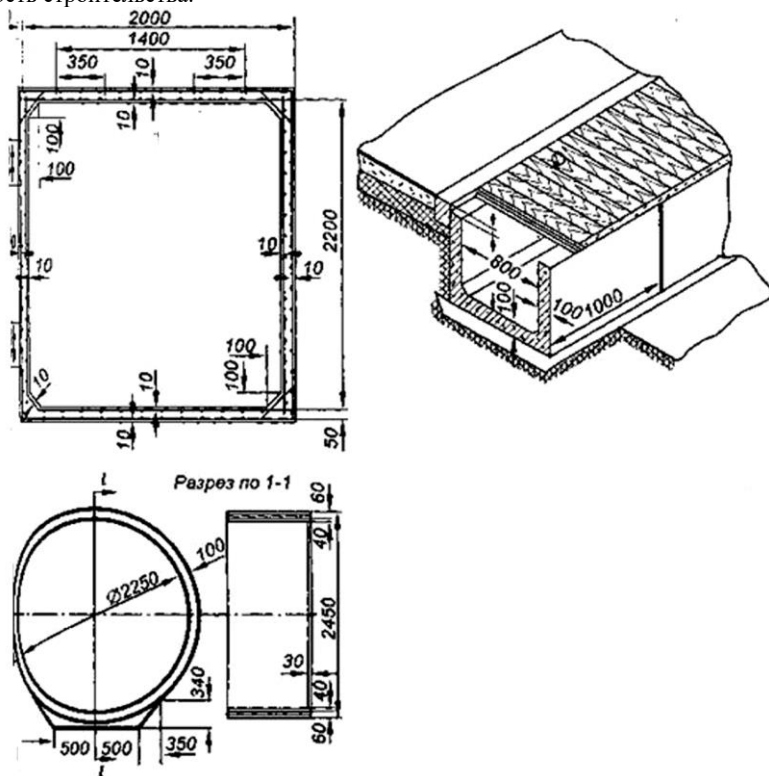


Рис.2.2 Подземные транспортные галереи.

Типы зерновых складов

Склады с горизонтальными полами. В настоящее время в эксплуатации находятся в основном зерносклады, построенные в послевоенные годы по типовым проектам, разработанным ГИ ПЗП.

Зерносклад 1949г. Размеры в плане 50×20м, вместимость $E=2500$ т. Таких складов осталось немного.

Зерносклад 1953г. Очень распространен. Размеры в плане 62×210м; вместимость $E=3200$ т. Разработаны проекты одно -двух и трехсекционных складов. На рис. 2.3 показаны фасады двухсекционного зерносклада (вид сбоку и с торца).

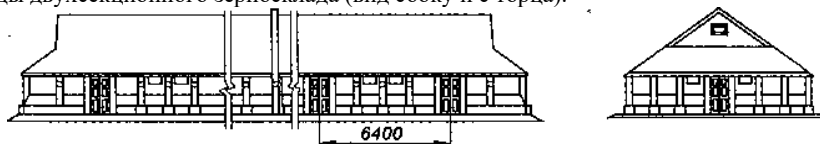


Рис. 2.3 Продольный и поперечный фасады зерносклада 1953 г.

На рис. 2.4 показано конструктивное решение двухсекционного зерносклада и привязка его к башне механизации. В продольном направлении склад разделен на 9 пролетов по 6,2 м и два крайних – по 3,1 м.

Зерносклад 1964г. В связи с введением в стране единого шага колонн промышленных зданий расстояние между стойками уменьшили с 6,2 до 6,0 м, а крайние пролеты приняли за 3 м. размеры склада в плане 60×20 м; вместимость $E=3000$ т.

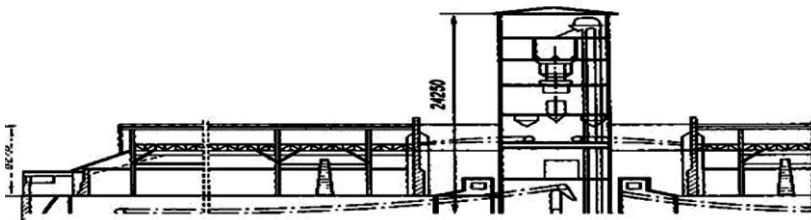


Рис.2.4 Привязка двухсекционного зерносклада типа 1953 г. к башне механизации



Рис. 2.5 Склад, оборудованный стационарной установкой для активного вентилирования зерна

В этих складах проектом предусмотрена возможность устройства всего внутреннего каркаса из пиломатериалов либо установка стоек, балок и ферм из сборного железобетона (типа ЖБМ-64)

Зерносклад 1967г. С увеличенной высотой засыпки зерна. Высота стен 5,3 м; высота засыпки зерна у стен 4,5 м; в центре – 7 м. Размер в плане 60×20 м; вместимость $E=4400$ т.

Достоинства складов с горизонтальными полами:

- возможность хранить небольшие партии зерна ;
- возможность хранить в одном складе несколько различных партий зерна за счет разделения склада хлебными сборно-разборными щитами на отдельные отсеки;
- достаточный естественный воздухообмен, что создает благоприятные условия для хранения семян;
- возможность оборудования складов установками для активного вентилирования зерна (рис 2.5) и аэрожелобами;
- меньшее сопротивление для воздуха при активном вентилировании.

Недостатки:

- большая площадь, занимаемая складами;
- высокие эксплуатационные расходы;

-повышенная трудоемкость контроля за состоянием хранящегося зерна.

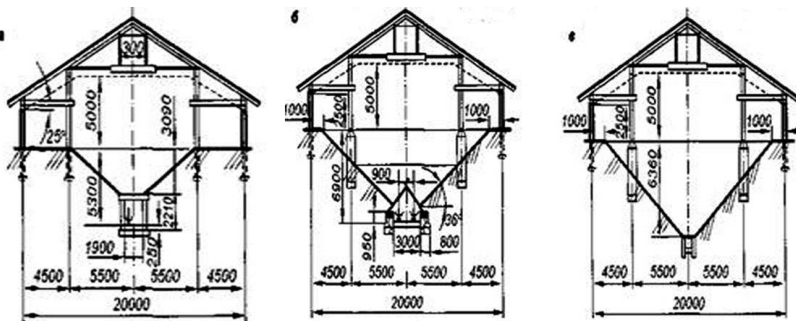


Рис.2.6

а - НП-4; б - НП-8; в - НП-9.

Склады с наклонными полами. Строительство их возможно при глубоком уровне стояния грунтовых вод и достаточно плотных грунтах. Типовые проекты таких складов, разработанные ГИ Промзернопроект, во всех вариантах предусматривают использование конструкции стен и крыши складов с горизонтальными полами. Полы в складах заглубляют на 6-7м. Они могут быть наклонными по всей площади склада, либо иметь горизонтальные участки разной ширины вдоль стен. Это обеспечивает полный или частичный самотек зерна на нижний конвейер. Угол наклона пола не менее 36-40°.

Зерновые склады с наклонными полами:

Увеличена высота стоек. Нижняя галерея размещается на глубине более 8 м.

Разработаны типовые проекты складов типа НП-1, НП-3, НП-4, НП-5, НП-6, НП-8, НП-9.

На рис.2.5 показаны поперечные разрезы складов типа НП-4, НП-8, НП-9.

Склады с наклонными полами предназначены только для крупных однородных партий зерна. Вместимость их от 3600 т. Размер до 5800 в плане 60×20м.

Склады из сборного железобетона. Склады из сборного железобетона начали строить с 1955г. На рис 2.7 показан поперечный разрез первого такого склада. Наиболее экономичным по сравнению с другими складами, типовые проекты которых в это время разработал ГИ ПЗП, является зерносклад в плане 90 × 24. Вместимость 5500т. Шаг колонн в продольном направлении принят 6м; в поперечном направлении склад трехпролетный, с крайними пролетами по 6м и средним –12 м. Наружные колонны связаны с балками кровли жесткими узлами при помощи болтов. Таким образом, в поперечном направлении образуются жесткие рамы, расположенные через 6м.

Фундаменты под колонны – стаканного типа, Стеновые панели представляют собой ребристые плиты высотой 2,5 м, шириной 2 м.

Наибольшее распространение получил склад СЗ-60 (ГИ Промзернопроект, 1959). Склад имеет размеры в плане 90×24м, с поперечными трехпролетными рамами (6, 12, 6 м), шаг рам 6 м, кровля двухскатная с уклоном 25° из асбоцементных листов. Все конструкции сборные железобетонные. Торцовые стены возводят из кирпича, продольные сооружают из панелей. Вместимость склада 5500т. Предусмотрена возможность устройства наклонных полов в пределах среднего пролета. При этом вместимость склада увеличивается до 5900 или 6900т.

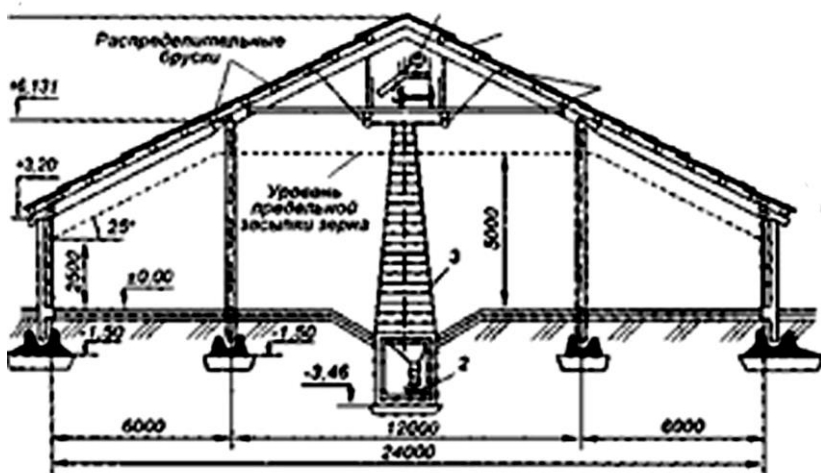


Рис. 2.7 Склад из сборного железобетона типа 1955 г.

В 1959 г. утвержден типовой проект сборного железобетонного склада арочного типа (рис.2.8) длина склада 60 м. Построено небольшое количество таких складов.

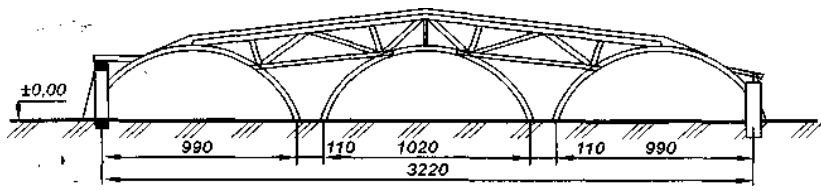


Рис. 2.8 Склад для зерна арочного типа из сборного железобетона (размеры указаны в сантиметрах)

В этом же году Промзернопроект разработал проект сводчатого зерносклада. Склад представляет собой волнистый свод кругового очертания, образуемый из одинаковых железобетонных лотков толщиной 3 см (рис. 2.9). С двух сторон лотки обрамлены ребрами, вес лотка 650 кг. Свод устанавливают на железобетонные фундаментные подушки, которые шарнирно связаны с анкерными плитами, воспринимающими нагрузки аналогично плитам сборного зерносклада каркасной конструкции.

Торцовые стены склада кирпичные, на бутовых фундаментах. Проектом предусмотрено устройство горизонтального (2.10) или наклонного пола. Размеры склада в плане 90×20м.

Преимущество сводчатого склада по сравнению со складами каркасной конструкции:

- значительное снижение расхода металла (свыше 50% на 1 т вместимости);
- однотипность и транспортабельность элементов;

-отсутствие стоек в середине склада, которые мешают работе передвижных механизмов.

Рис. 2.9 Сводчатый зерносклад с горизонтальными полами
А-перспектива склада; Б-поперечный разрез.

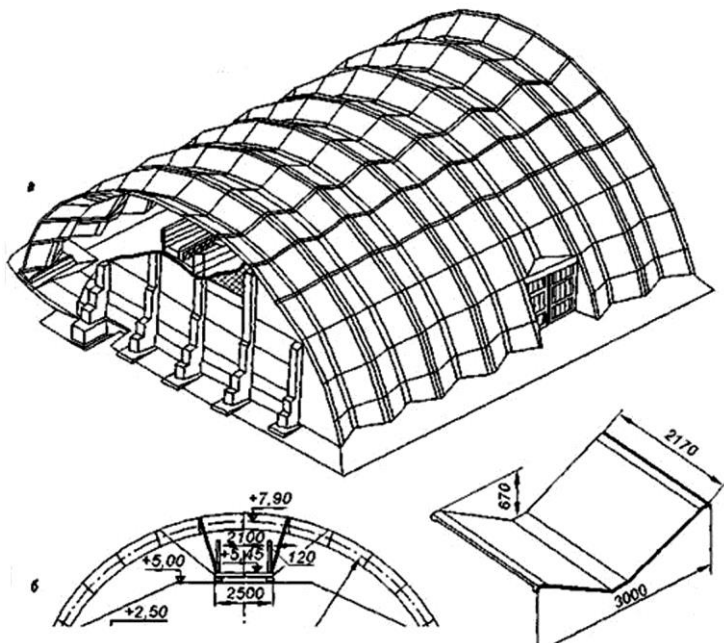


Рис.2.8 Лоток-элемент свода сводчатого склада

Пневматические склады

Разработал Ги Промзернопроект. Вместимость 4000 и 1800 т.

1. Склад воздухонапорной конструкции (рис 2.11) из прорезиненной капроновой ткани № 24, в торце склада – шлюзы.

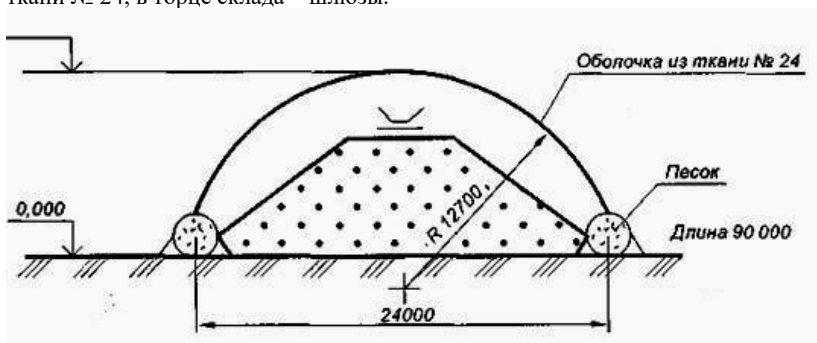


Рис. 2.11 Пневматический склад воздухонапорной конструкции

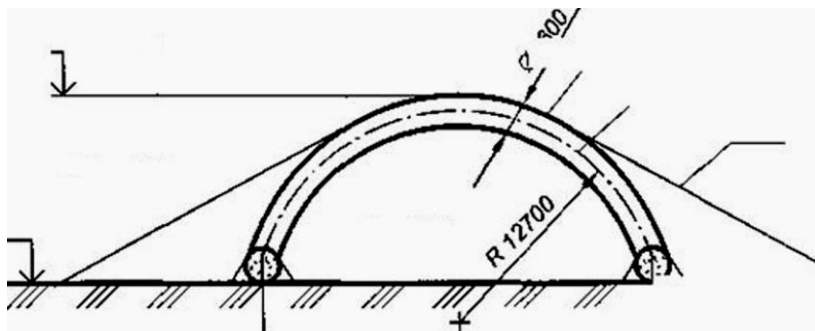


Рис. 2.12 Пневматический склад с несущими пневматическими арками

2. Склад с несущими пневматическими арками (рис.2.12), оболочка из капроновой ткани № 24.

В 1960-х гг. и особенно с начала 70-х строительство зерноскладов стало резко сокращаться. С укреплением экономики страны предпочтение было отдано строительству элеваторов. Доля вместимости, которых от общей вместимости вводимых в строй зернохранилищ стала существенно преобладать.

С развитием фермерства в хозяйствах АПК стали для хранения зерна возводить зернохранилища силосного типа (в основном металлические и сравнительно небольшой вместимости) или использовать, для этих целей металлические ангары, изготовлением которых занимаются отечественные и зарубежные фирмы.

3. Системы транспортирования

3.1 Конструктивные схемы и основные узлы ленточных, скребковых, винтовых транспортеров

Ленточный конвейер является многоцелевым, экономичным и надежным транспортным средством непрерывного действия. Он способен транспортировать сыпучие продукты с высокой часовой производительностью, на большие расстояния, следуя различным профилям или направлениям, в горизонтальном или наклонном под небольшим углом положении. А также при наличии вогнутых и выпуклых участков.

Из всех имеющихся видов транспортного оборудования оборудование ленточный конвейер, вероятно, является наиболее известным и широко используемым.

Направления его использования и схемы так многочисленны, что все показать невозможно.

Простота конструкции, высокая эффективность, низкие потери на трение. Небольшая мощность привода и экономичность – вот несколько характерных особенностей, которые делают ленточный конвейер наиболее распространенным типом конвейера.

Основные части конвейера

Ленточный конвейер, схематически показанный на рис. 3.1 состоит из бесконечной ленты, которая проходит вокруг двух барабанов – приводного и натяжного. Между концевыми барабанами лента поддерживается роликами, или роликоопорами, и натягивается посредством натяжного устройства.

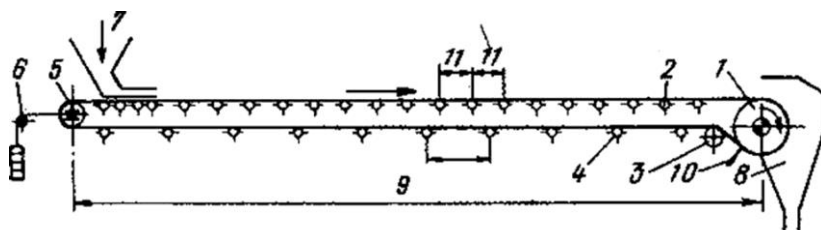
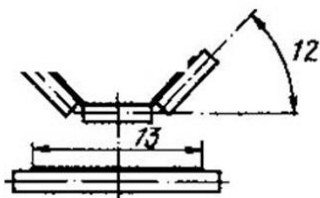


Рис. 3.1 Основные узлы ленточного конвейера:

ХОЛОСТАЯ ВЕТВЬ 1 – приводной барабан; 2 – ролик-опора ведущей ветви; 3 – поджимающий барабан; 4 – ролик-опора холостой ветви; 5 – натяжной барабан; 6 – натяжное устройство; 7 – загрузочная воронка; 8 – разгрузочный желоб; 9 – расстояние между центрами роликов; 10 – скребковый очиститель; 11 – шаг роликоопор; 12 – угол наклона боковых роликов; 13 – ширина ленты.



Иногда возникает необходимость иметь несколько точек разгрузки по длине конвейера и движение ленты в обоих направлениях.

Расстояние транспортирования

Ленточный транспортер может перемещать грузы практически на любое расстояние.

Длина одной конвейерной ленты ограничена только ее прочностью на растяжение. Для конвейеров средней производительности ленты выпускают с каркасом, состоящим из одного или более слоев синтетических волокон.

Некоторые конвейеры очень большой производительности имеют ленты с металлокордом.

Производительность транспортирования

Необходимая производительность должна быть установлена перед началом проектирования конвейера. Расчетная производительность всей системы определяется рядом факторов, помимо мощности приводного электродвигателя.

Расстояние между роlikоопорами, выбор ленты, правильная ширина ленты, скорость движения ленты и ее желобчатость, допустимый угол наклона, который зависит от свойств транспортируемого продукта, – вот взаимосвязанные показатели, влияющие некоторым образом на производительность. Для обеспечения производительности используют желобчатые роlikоопоры, способствующие подъему краев ленты.

На первом этапе проектирования ленточного конвейера заданной производительности важно определить скорость и ширину ленты. Скорость движения ленточного конвейера должна быть высокой, потому что это позволит установить более узкие ленты и дешевый привод.

Следует, однако, учесть, что хотя первоначальная стоимость высокоскоростных конвейеров ниже, но расходы на ремонтное обслуживание будет выше в сравнении с широкой лентой, работающей при более низкой скорости.

Максимально допустимая скорость ленты зависит в основном от насыпной плотности, механического состав продукта (содержание пыли) и угла наклона ленточного конвейера.

Если объемные легкие продукты, например зерно транспортировать со скоростью более 3,5 м/с, они могут сдуваться с ленты. При транспонировке зерна эту скорость не следует превышать. Для семян сои, учитывая их круглую форму, рекомендуется скорость 2,8 м/с. Для очень легких и пылевидных продуктов, например побочных продуктов переработки зерна, максимальная скорость транспортировки составляет около 2,5 м/с.

Наклонные ленточные конвейеры

Ленточные конвейеры (рис.3.2) могут располагаться горизонтально, с подъемом и наклоном. Разница между положениями загрузочной и разгрузочной точек представляет высоту транспортирования, или подъем, который определяет выбор направления транспортирования.

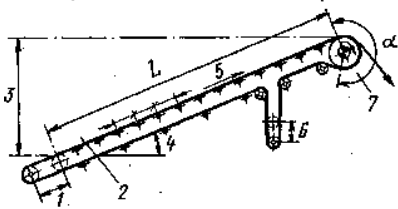


Рис. 3.2 Наклонный ленточный конвейер:

- 1 – вариант натяжения ленты; 2 – точка загрузки; 3 – высота подъема; 4 – угол наклона; 5 – скорость; 6 – натяжное устройство; 7 – угол обхвата лентой барабана

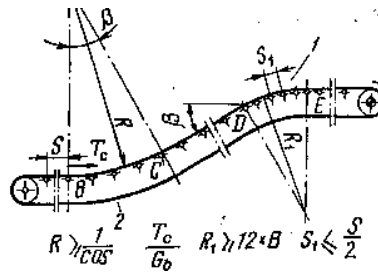


Рис.3.3 Криволинейный конвейер:

- 1 – выпуклый участок; 2 – вогнутый участок.

Максимальный угол наклона ленты зависит от характеристик транспортируемого продукта и теоретически почти равен углу его естественного откоса. Однако на практике для большинства зерновых угол наклона такого конвейера никогда не превышает 12–15°. Угол наклона для семян сои должен быть даже меньше. Производительность наклонного ленточного конвейера меньше, чем производительность горизонтального.

Если требуется транспортировать продукт под очень крутым углом, то применяют прижимную ленту, которая движется синхронно с основной грузонесущей лентой и прижимает своей собственной массой транспортируемый продукт. Это позволяет повысить транспортирующую способность ленточного конвейера.

Скребковый конвейер

Скребковый конвейер – надежное средство транспортировки, предназначенное для непрерывного перемещения – горизонтального, наклонного или даже вертикального – гранулированных, кусковых и порошкообразных сыпучих продуктов.

Скребковый конвейер представляет собой прямоугольный закрытый желоб, в котором перемещается бесконечная цепь (рис.3.4 и 3.5).

Одна часть цепи служит в качестве средства транспортировки, тогда как обратная ветвь цепи свободна. Звенья цепи оборудованы скребками, которые могут иметь различную форму в зависимости от условий транспортировки или вида продукта.

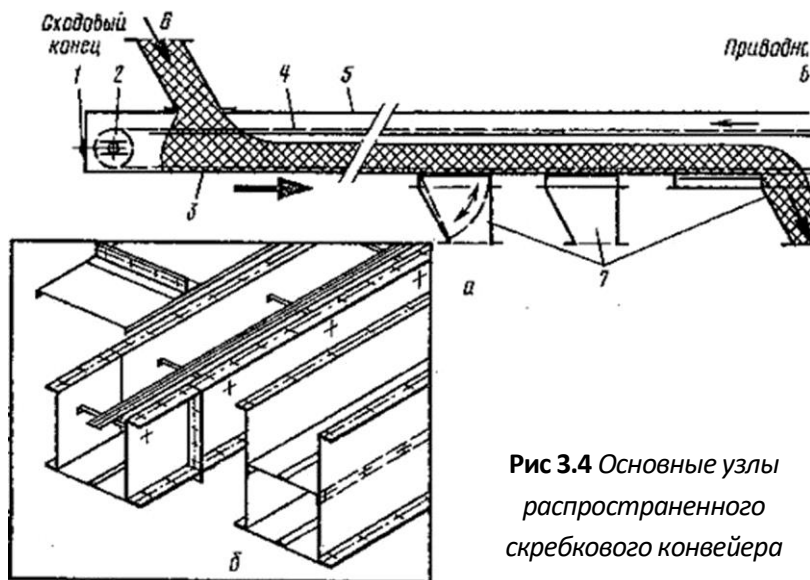


Рис 3.4 Основные узлы
распространенного
скребкового конвейера

Цепь приводится звездочкой, установленной на одном конце желоба, и перемещается назад к сходовому концу желоба к звездочке, установленной на натяжном устройстве. С места загрузки до разгрузочного отверстия продукт проходит по днищу желоба как компактная, плавнодвигающаяся масса. Возвратная ветвь цепи, которая в основном располагается сверху, поддерживается по всей ее длине.

В случае горизонтального или слегка наклонного скребкового конвейера высота скребков значительно меньше толщины перемещаемого продукта, и возникает вопрос, почему цепь перемещает весь продукт, а не только его нижний слой. В действительности верхний

слой поддерживается нижним слоем, располагающимся между движущимися скребками. Вся масса продукта перемещается почти как единый поток, потому что фактически не происходит смещения между верхним и нижним слоями.

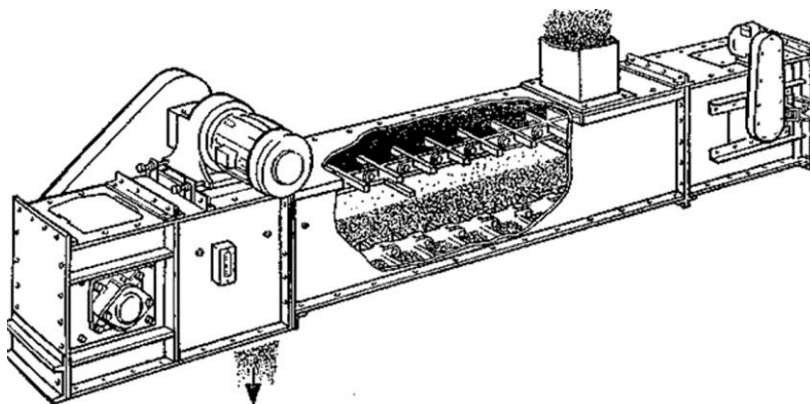


Рис.3.5 Разрез типичного скребкового конвейера

Производительность горизонтального скребкового конвейера определяется максимально допустимым растягивающим усилием цепи, ее скоростью и массой продукта в поперечном сечении желоба. Скорость скребкового конвейера обычно меньше, чем ленточного конвейера, и находится в пределах 0,6-1,2 м/с. Обычно она равна 0,6-0,7 м/с с учетом шума, износа и ремонта. При такой скорости транспортирование становится более спокойным и надежным.

При одинаковой производительности скребковый конвейер потребляет значительно больше энергии, чем ленточный конвейер, из-за трения между продуктом и желобом, а также цепью и желобом. Более того, масса самой цепи конвейера значительно выше, чем конвейерной ленты.

Винтовой конвейер

Винтовой конвейер применяется на элеваторах и в зернохранилищах, на комбикормовых заводах, фермах как дозирующее устройство, на пивоваренных заводах, в химической промышленности и во многих отраслях пищевой промышленности. В последние годы их стали применять для разгрузки барж и океанских судов. При сравнении с ленточным и скребковым конвейером винтовой конвейер больше пригоден для транспортирования продуктов на короткие расстояния. Он требует относительно большой мощности и более чувствителен к износу, конвейеры других типов. Однако первоначальная стоимость винтового конвейера ниже, чем любого другого конвейера такой же длины и производительности. Это обусловлено тем, что приводной механизм его проще и при этом не требуется натяжного устройства.

Принцип действия и основные узлы

Винтовой конвейер состоит из желоба цилиндрической или U-образной формы с вращающимся в нем винтовым валом. Винт перемещает поступающий продукт вперед по днищу желоба, не придавая продукту вращательного движения. Вал с приваренными к ним винтовками вращается в подшипниках, установленных через определенные расстояния. Привод осуществляется с помощью приводной группы, установленной на одном конце вала. Как показано на рис. 3.1.6, винтовой конвейер включает следующие основные узлы: вал с винтом, муфта, желоб, крышка, задвижки на приемном и выпускном отверстиях, подшипники и приводной механизм. В зависимости от конструкции винта и частоты его вращения шнековый

конвейер пригоден для горизонтального, наклонного или вертикального транспортирования различных гранулированных сыпучих материалов.

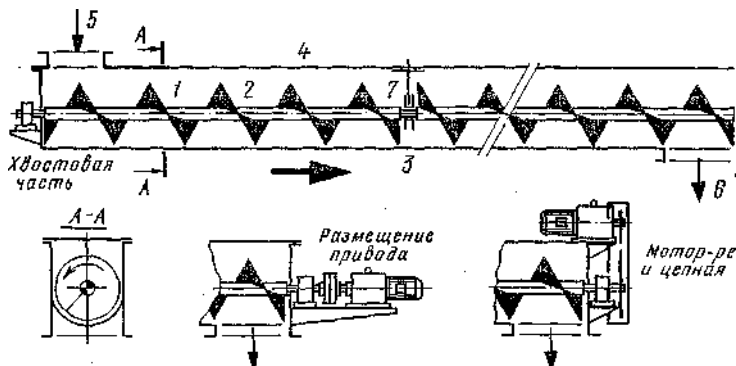


Рис. 3.6 Основные узлы винтового конвейера:

1 – цилиндрический вал; 2 – перья; 3 – желоб; 4 – крышка; 5 – загрузочный патрубок; 6 – разгрузочный люк; 7 – промежуточный подшипник.

Наклонные и вертикальные винтовые конвейеры

Винтовой конвейер также применяются для наклонного и вертикального транспортирования. В этом случае винт устанавливается не в U-образном желобе, а в стальной трубе, основание которой погружается в массу продукта. Захват продукта винтом возможен только в том случае, если винт выступает из цилиндрического желоба на некоторое расстояние. При медленном вращении винта в массе продукта действуют следующие силы: сила внутреннего трения продукта, сила внешнего трения продукта о стены цилиндрического желоба и винтовую поверхность, гравитационная и центробежные силы, создаваемые винтом и влияющие на продукт.

3.2 Нория

Нория (ковшовый элеватор) – очень эффективное средство вертикального транспортирования зерна и побочных продуктов его переработки. Для уменьшения пожаро- и взрывоопасности и улучшения надежности работы нории повышенное внимание уделяется различным вариантам конструкции, основным узлам, размещению оборудования и установке устройств контроля и управления. Благодаря очень высокой прочности на разрыв современных лент и синтетических волокон уже не являются исключением высота транспортирования 80м и производительность до 1000 т/ч. Ковшовые ленточные нории особенно широко применяют в пищевой промышленности для вертикального транспортирования, например, зерна, муки, зерновых и побочных продуктов, т.е. сухих. Легкосыпучих, зернистых и неслипающихся грузов. Их обычно устанавливают стационарно, но монтируют и на передвижной раме.

Кроме преимуществ высоты и высокой производительности, нория обладает также следующими положительными характеристиками: это довольно дешевое средство вертикального транспортирования с высокой эффективностью и приемлемой потребляемой мощностью;

- необходимая производственная площадь ограничена;
 - механизмы работают в хорошо защищенном от пыли кожухе;
 - современные нории надежны и износ их незначителен.
- Недостатком нории. Если не принять специальных мер, могут быть:
- дробление зерна при забросе продукта ковшами из башмака нории;

смешивание продуктов из-за наличия остатков в углах норийного башмака, особенно при частой смене транспортируемых продуктов;

чувствительность нории к перегрузке, вызываемой просыпанием зерна из поднимающихся вверх ковшей;

значительное выделение пыли внутри норийных труб, которое в прошлом явилось причиной многих взрывов пыли.

Принцип действия и основные узлы

Нории транспортируют гранулированные сыпучие продукты по вертикали непрерывным пульсирующим потоком с помощью большого числа ковшей, которые закреплены с определенным интервалом на бесконечной ленте (рис.3.7).

Норийная лента с ковшами проходит над барабанами в нижней и верхней частях нории. Верхний барабан приводной, а нижний – натяжной. Лента является средством перемещения и натяжения.

Большей частью восходящая и нисходящая части ленты проходят в трубе – отдельно или вместе. Труба устанавливается на башмаке нории, и на ней монтируется головка нории.

Башмак нории оборудован одним или двумя питающими носками, Головка нории заканчивается разгрузочным носком, который направляет поток выгружаемого продукта. Продукт выгружается самотеком или под действием центробежной силы.

Метод загрузки ковшей вниз и выгрузки продукта в верхней части в значительной мере влияет на производительность нории.

Производительность нории в основном зависит от скорости транспортировки, вместимости ковшей, конструкции и шага ковшей, способа загрузки и разгрузки ковшей и свойств сыпучего продукта.

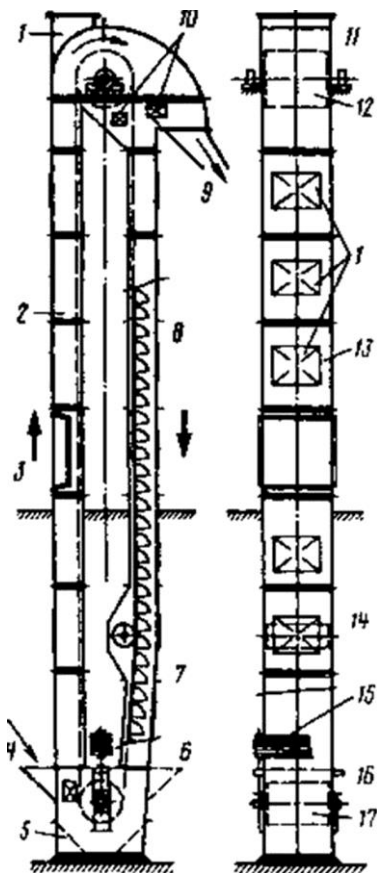


Рис. 3.7 Основные узлы распространённой нории:

1 – выхлопное отверстие; 2 – норийные трубы; 3 – смотровые люки; 4 – загрузка по ходу норийной ленты; 5 – отверстия для зачистки башмака нории; 6 – загрузка против хода норийной ленты; 7 – смещенная секция норийной трубы; 8 – лента и ковши; 9 – разгрузочный носок; 10 – быстродействующие и пыленепроницаемые смотровые люки; // головка; 12 – приводной барабан; 13 – пыленепроницаемые кожухи с фланцами, выполненные с применением профильного проката; 14 – направляющий барабан; 15 – натяжное устройство; 16 – башмак; 17 – натяжной барабан.

продукта становится трудной; если скорость ленты слишком высока, загрузка ковшей неблагоприятна.

Загрузка ковшей может осуществляться двумя способами: по ходу и против хода тягового элемента (рис. 3.8, а-в)

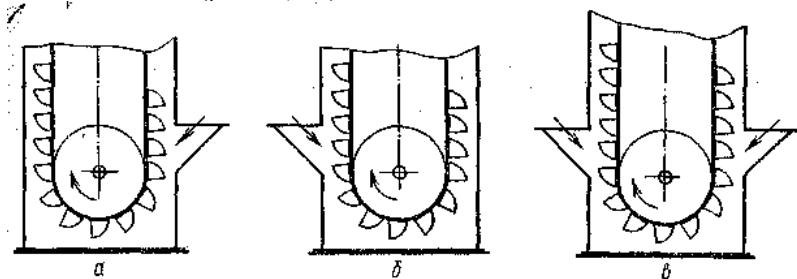


Рис 3.8 Загрузка ковшей:

а – по ходу; б – против хода; в – смешанная.

На рисунке 3.8,а показана загрузка по ходу, при которой ковши двигаются в том же направлении, что и поток продукта, и заполняются зачерпыванием. На практике загрузка ковшей по ходу норийной ленты обеспечивает лучшее заполнение ковшей при ограниченном пространстве между ковшами и не слишком высокой скорости ленты.

Однако это может противоречить условиям разгрузки ковшей. По возможности питания по ходу ковшей следует избегать из-за дополнительной потребной мощности и износа ковшей.

При системе питания против хода, как показано на рисунке 3.8, б, ковши перемещаются навстречу потоку продукта; это значительно снижает растягивающую нагрузку на ленту, а кромка ковшей и норийные болты меньше деформируются. Наилучший результат достигается, если лента с ковшами проходит вертикально по всей высоте загрузочного носка и без какого-либо зазора между отдельными ковшами. Размещение на ленте большого числа небольших ковшей вблизи один от другого более благоприятно и повышает производительность транспорта. При загрузке необходимо обращать внимание на то, чтобы даже в исключительных случаях ковши не перегружались и чтобы загрузка соответствовала приемной способности ковшей и скорости ленты.

Наиболее распространенными методами разгрузки ковшей считаются самотечная и центробежная разгрузка.

При чистой самотечной разгрузке продукт из ковшей разгружается над задней стороной предыдущего ковша. Этот метод применяется для продуктов, обладающих хорошей сыпучестью и неслипающихся, которые транспортируются при низкой скорости ленты и с помощью ковшей, установленных рядом.

При чистой центробежной разгрузке все содержимое ковшей выбрасывается в разгрузочный носок. Это может быть достигнуто только при высоких скоростях ленты (приблизительно 3,5 м/с и выше) и приводных барабанах небольшого диаметра. Наилучшие результаты достигаются на сухих продуктах высокой плотности, которые обладают хорошей сыпучестью даже при различных размерах частиц. Важны форма и шаг ковшей. Ковши быстроходных норий в основном разгружаются через край. Необходимо проверить, не попадает ли разгружаемый продукт в следующий ковш.

Нории, используемые на зерновых элеваторах и зерноперерабатывающих предприятиях, обычно разгружаются при сочетании двух методов, т.е. часть содержимого ковшей разгружается под действием центробежной силы, остаток – самотеком.

Конструкция нории

Основными частями стандартной нории являются головка, башмак и соединяющие их норийные трубы. Внутренние поверхности этих узлов нории должны быть гладкими и ровными без каких-либо выступающих частей или других неровностей, которые могут затруднить прохождение потока зерна.

Подобно ленточному конвейеру нория имеет приводной и натяжной барабаны.

Если не обеспечена хорошая разгрузка продукта из ковшей в разгрузочный носок, продукт может просыпаться в холостую ветвь; такое явление называют «обратная сыпь». Это зерно необходимо повторно транспортировать, что снижает производительность нории. Данное явление должно быть предотвращено установкой регулируемой заслонки по возможности ближе к кромке ковшей так, чтобы она не касалась ковшей.

Норийные башмаки крепят, соединяют на болтах, что дает возможность проводить соответствующее профилактическое обслуживание и замену барабана, вала футеровки и т. п. Питающий носок устанавливают так, чтобы ковши зачерпывали продукт выше оси нижнего барабана.

Норийные трубы

В основном обе ветви норийной ленты устанавливают в закрытом кожухе или трубах, которые ограничивают выделение пыли. Обе ветви могут располагаться в одной или двух отдельных трубах. В течении многих лет сдвоенная норийная труба была общепринятым стандартным решением из-за использования очень больших приводных барабанов. Использование приводных барабанов меньшего диаметра с большими лентами побудило применять на высокопроизводительных нориях одну норийную трубу. Преимущество одной трубы – сбалансированное давление внутри нее.

Иногда применяют трубы круглого сечения, монтаж которых, как утверждают, дешевле.

На высокопроизводительных нориях, монтируемых в рабочем здании элеватора, металлические норийные трубы иногда могут отсутствовать (встроенная конструкция). Между головкой и башмаком нории норийная лента перемещается в вертикальном бетонном корпусе, который сооружается методом скользящей опалубки. Недостатками этой системы являются не только высокая стоимость и большая занимаемая площадь, но также и то, что она обуславливает появление большого количества взвешенной пыли вследствие сдвоенных ветвей норийной ленты; кроме этого, доступ к ковшам при необходимости их замены затруднен.

Устройства контроля и безопасности

Для защиты механизмов и обслуживающего персонала на всех нориях устанавливают устройства, позволяющие обнаружить неисправности, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации.

Все устройства и датчики должны быть соединены со звуковой системой и заблокированы так, чтобы питающий конвейер отключался при срабатывании звуковой сигнализации и через некоторое время останавливался главный электродвигатель. Все выключатели необходимо соединять таким образом, чтобы были исключены неожиданные пуски.

В прошлые годы на зерновых элеваторах происходили очень часто, нередко со смертельными исходами и огромными разрушениями. Исследования показали, что основной причиной взрывов была работа норий. Нории могут быть во многих случаях источником загораний, а концентрация пыли внутри нории часто находится во взрывоопасных пределах.

В связи с этим необходимо иметь встроенные в норию устройства контроля запыленности, а источников загорания следует избегать. Нории должны быть защищены от попадания в них крупных посторонних предметов и от теплоты, возникающей при пробуксовке приводного барабана или трении ленты о норийную трубу.

3.3 Пневматическое транспортирование

Перемещение порошкообразных и гранулированных продуктов с помощью пневматического транспортирования использовали впервые в середине прошлого века, и этот метод до сих пор широко применяется в большинстве отраслей, связанных с транспортированием зерна, шрота и пищевых продуктов.

Пневматическое транспортирование – это метод непрерывного и гибкого транспортирования сухих сыпучих продуктов по материалопроводам при отрицательном (всасывание) или положительном (нагнетание) давлении воздуха.

Это в основном закрытая система материалопроводов, в который гранулированный продукт перемещается в дисперсном состоянии под действием аэродинамических сил, оказывающих давление на частицы, находящиеся в воздушном потоке, имеющим достаточно высокую скорость, чтобы поддерживать транспортируемые продукт в движении.

Для поддержание продукта во взвешенном состоянии необходима скорость воздуха 15-30 м/с.

Всасывающие системы транспортирования обычно используют для разгрузки судов и барж, а *нагнетающие* – для выгрузки продуктов из хранилища.

В зависимости от назначения различают три основные системы пневматического транспортирования: *нагнетающую, всасывающую и комбинированную всасывающе - нагнетающую.*

1. В *нагнетающей* системе продукт транспортируется при давлении воздуха больше атмосферного (типичная схема нагнетающей системы, наиболее простой и основной из всех систем показана на рис 3.9. *Нагнетающие* системы в основном состоят из вентилятора, шлюзового питателя для подачи продукта в систему, материалопроводов и соответствующего отделителя продукта от воздуха.

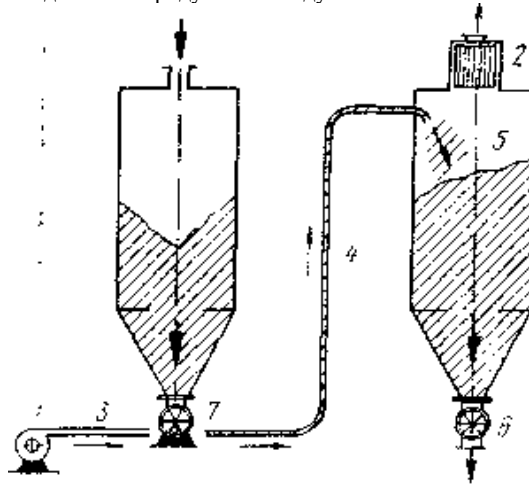


Рис. 3.9 Нагнетающая система пневмотранспортирования
1 - воздуходувная машина (вентилятор); 2 - фильтр;
3 - линии подачи воздуха; 4-материалопровод; 5-отделитель;
6-шлюзовой затвор; 7-шлюзовой питатель.

Продукт транспортируется в систему из бункера и транспортируется во взвешенном состоянии вместе с воздухом вдоль материалопровода к точке разгрузки или отделителю. Скорость подачи воздуха можно легко контролировать регулированием частоты вращения шлюзового питателя. Отделение транспортируемого продукта от транспортирующего его воздуха в точке разгрузки может быть осуществлено с помощью циклона (крупные частицы) или матерчатого фильтра (тонкие частицы), которые устанавливаются над приемным бункером.

Нагнетающие пневмотранспортеры применяют для транспортирования продуктов на большие расстояния и распределения гранулированных продуктов из силоса в несколько точек потребления.

2.*Всасывающие* системы транспортируют продукт, используя воздух с давлением меньше атмосферного. Эта система аналогична нагнетающей системе, но воздуходувная машина установлена на разгрузочном конце (рис.3.10).

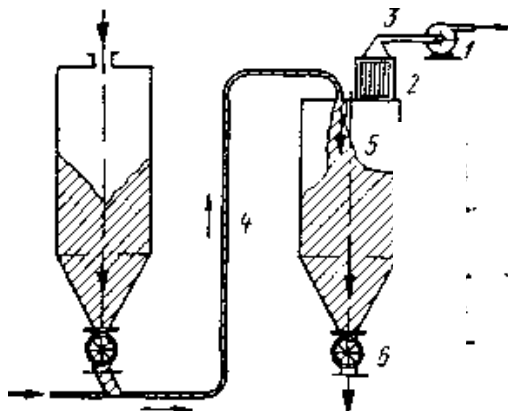


Рис. 3.10. Всасывающая система пневмотранспортирования:

1 – вентилятор; 2 - фильтр; 3 - линия подачи воздуха; 4 – материалопровод; 5 – отделитель; 6 – шишовой затвор.

Всасывающие транспортеры обычно используют, когда продукт должен транспортироваться от нескольких приемных точек к одной центральной точке

3. Комбинированную всасывающе-нагнетающую систему, которая представляет собой сочетание нагнетающей и всасывающей систем, часто используют для получения преимуществ той или другой, например, простой и беспыльный прием с помощью всасывания с последующей подачей по нагнетательной линии к отдаленному месту разгрузки (рис 3.11).

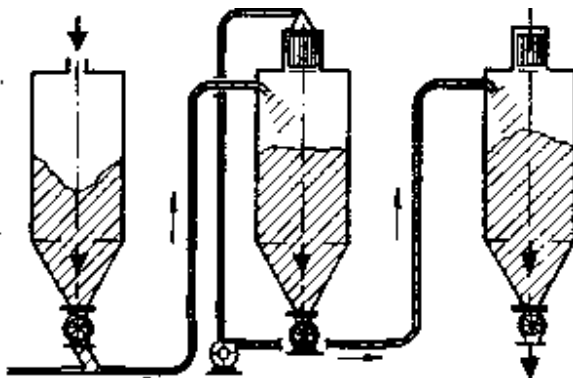


Рис 3.11. Комбинированная всасывающе-нагнетающая система пневмотранспортирования.

Все пневмотранспортные системы – независимо от типа - состоят из следующих основных компонентов: питающее устройство (вращающиеся затворы), материалопроводы (прямые участки и отводы), воздухоудные устройства (вентиляторы или воздуходувки) и питающие и приемные бункера.

Основное требование к *питателю* во всасывающей пневмотранспортной системе состоит в том, что он должен обеспечивать подачу продукта с надежной

производительностью из питающего бункера, находящегося под одним давлением, в пневмотранспортную линию под другим давлением. *Материалопровод* сам по себе может изменяться с точки зрения размера, длины и геометрии. Диаметр материалопроводов должен иметь размер, обеспечивающий требуемую скорость транспортирования. Расстояние транспортирования зависит от характеристики воздуходувной машины. Геометрия или трасса материалопроводов обычно включает прямые транспортные участки и отводы. На рисунке 3.12, *а* и *б* показаны переключатели, установленные на трассе материалопровода.

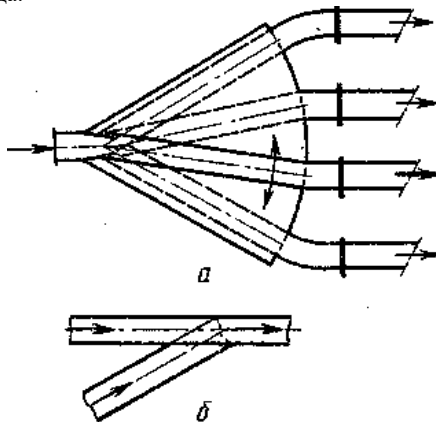


Рис. 3.12 Переключатели, установленные на трассе материалопровода:

а) - четырехпозиционный переключатель *б*) - двухпозиционный переключатель.

Выбор *воздуходувной машины* одно из наиболее важных решений при проектировании пневмотранспортной системы. В большинстве случаев производительность воздуходувной машины рассчитывают исходя из количества подаваемого воздуха и давления в конце материалопровода.

К *воздуходувным машинам*, применяемым при пневмотранспортировании, относят ряд машин – от вентиляторов и воздуходувок, обеспечивающих высокие объемные расходы при относительно низких давлениях, до поршневых компрессоров, обычно с возвратно- поступательным движением поршня, или винтовых воздуходувок, способные развивать высокие давления, требующиеся для транспортирования в плотную фазу.

При рассмотрении системы пневматического транспортирования необходимо принимать во внимание три основные проблемы: износ установки, дробление частиц продукта и взрывоопасность. В некоторой степени проблему можно решить использованием потока в плотной фазе при очень низких скоростях транспортирования.

3.4 Самотечное транспортирование

Гравитационный поток играет важную роль в зернохранилищах, на элеваторах и зерноперерабатывающих предприятиях при перемещении гранулированных сыпучих продуктов от одной точки к другой, например загрузочные трубы к силосам, разгрузочные патрубки под бункерами и соединительные трубы между различными транспортными элементами. Они почти всегда всегда полностью закрыты и образуют желоба, по которым направляется продукт. Круглые трубы применяются для небольших потоков (до 50 т/ч). При высокой производительности используют трубы прямоугольного или квадратного сечения

со съемной крышкой и сменным защитным покрытием. В отличие от основных транспортных систем проектированию и конструированию самотечного транспортирования обычно уделяют мало внимания. Определение оптимальной конструкции – сложная проблема. Поэтому важно, чтобы проектировщик знал некоторые характеристики потока в самотечном транспорте и его поведение, особенно влияние формы, или геометрии, желоба или трубы.

Самотеки обычно используют для направленного потока продукта к точке разгрузки, но они могут служить также и в качестве устройств для контроля потока. Иногда может потребоваться по возможности более высокая скорость на входе, чтобы получить максимальный «бросок» продукта. В других случаях желательно, чтобы скорость на входе соответствовала скорости приемного конвейера, например, при подаче продукта на ленточный конвейер. Угол наклона, скорость потока и геометрия самотека – взаимосвязанные факторы.

При гравитационном транспортировании гранулированных сыпучих продуктов по желобам и трубам возможны два вида потока – ускоренный и замедленный.

При оптимальном ускоренном потоке продукт контактирует с днищем желоба и боковыми стенками, не касаясь верхней части желоба. При замедленном потоке желоб полностью заполнен, поэтому продукт находится в контакте с четырьмя стенками желоба.

При ускоренном потоке продукт, входя в желоб, приобретает ускорение, его скорость увеличивается, но затем в результате кривизны желоба и уменьшения наклона скорость его снижается (рис.3.13, *a-в*).

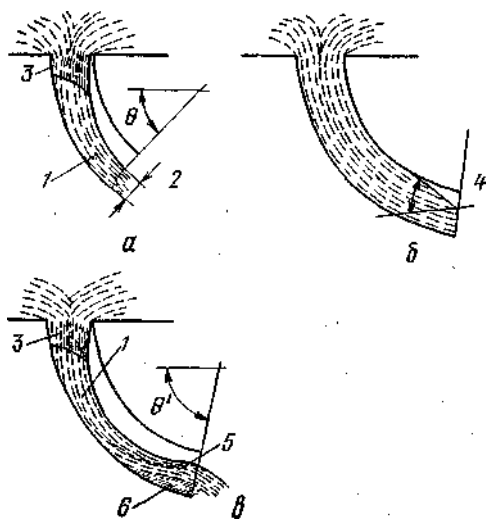


Рис.3.12. Виды потока:

a – ускоренный поток; *б* – замедленный поток; *в* – неустойчивый поток; 1 – зона ускорения; 2 – минимальная толщина слоя; 3 – зона свободного падения, обусловленная эффектом сужающейся струи; 4 – угол естественного откоса; 5 – зона замедления; 6 – тенденция образовать неподвижный слой, приводящий к нестабильности.

В этом случае толщина слоя продукта изменяется по длине желоба, она минимальная в точке максимальной скорости потока.

Самотеки круглого сечения наиболее дешевые, т.к. имеется большое разнообразие стандартных круглых труб.

Недостатком стандартизованных круглых труб является вид используемого материала. Очень хорошие, износостойкие стали, встречаются редко. Кроме того, круглые фланцы значительно дороже прямоугольных (потеря материала). По всем этим причинам они используются только на переходных участках.

Большое значение на этапе проектирования имеет проблема износа. Элементы установок, транспортирующих продукт, как в условиях падения, так и скольжения, сильно изнашиваются. Каждый год огромное количество стали теряется истиранием. Желоба, самотеки и патрубки, предназначенные для транспортирования абразивных продуктов, приводят к значительным расходам на текущий ремонт и вызывают частые остановки производства. Это приводит к снижению производительности, перерывам в работе, непрерывному загрязнению окружающей среды и постоянной заботе для инженерной службы предприятия.

Ремонт появляющихся отверстий неблагоприятная и бесконечная работа. Удовлетворительный ремонт достигается привариванием временных стальных пластин, но это запрещено на всех зерноперерабатывающих предприятиях. Следовательно, во многих случаях аварийный ремонт состоит в приклеивании или зажиме тонких стальных пластин над появившимися отверстиями. Кроме того отдельные узлы, которые через некоторое время потребуют ремонта, должны состоять из элементов, собранных на болтах, максимальной массой 35 кг с тем, чтобы отдельный элемент можно было снять, если необходимо, и отнести в мастерскую, где проводится сварка в контролируемых и безопасных условиях. Для предотвращения просыпи из переходного желоба, появляющейся в результате износа, используют съемные защитные пластины. Замену таких пластин следует осуществлять в возможно короткий срок. Большинство зерноперерабатывающих предприятий так интенсивно работает, что длительный простой допустить нельзя. Поэтому защитные пластины должны быть достаточно толстыми и долговечными. В настоящее время используют сменные защитные пластины, изготовленные заранее из хорошей стали. Их можно заменить очень быстро. Хотя начальные затраты выше, но долговечность приводит к меньшим расходам на текущий ремонт, повышению эффективности замены, экономии времени на замену и сокращению простоев.

4. Активное вентилирование зерновых насыпей

Чтобы в процессе хранения свежесобранное зерно не самоогревалось и не портилось, его необходимо проветривать и охлаждать. Раньше для этого вручную перелопачивали, перемещая его с места на место. В последние десятилетия у нас в стране и за рубежом проветривают, охлаждают и частично просушивают зерно средствами активного вентилирования, не требующими перемещения зерна.

Активное вентилирование - это интенсивное продувание насыпи зерна атмосферным, подогретым или искусственно охлажденным воздухом, которое проводят для сохранения количества и улучшения качества зерна в процессе хранения.

Воздух, нагнетаемый вентиляторами, вводится в зерновую насыпь через систему каналов или труб и пронизывает ее в различных направлениях (рис.4.1)

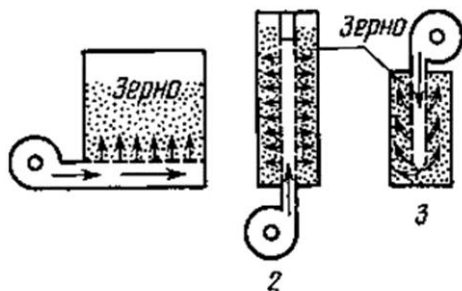


Рис.4.1. Схема движения воздуха

Периодическая смена воздуха в партиях семенного зерна способствует сохранению его всхожести, а продувание свежесобранного зерна сухим теплым воздухом – его послепосевному дозреванию. Применение активного вентилирования, обеспечивает предпосевной обогрев семян.

Используя установки для активного вентилирования, легко и быстро проводят дегазацию зерновых масс после обработки фумигантами. Активное вентилирование исключает травмирование зерна, что в той или иной степени происходит во время пропуска зерновых масс через зерносушилки, зерноочистительные машины. Это особенно важно для семенного материала.

Активное вентилирование выгодно в экономическом отношении, и оно исключает затраты на перемещение зерновой массы и значительно сокращает потребность в рабочей силе. По сравнению с перелопачиванием оно обходится в десятки раз дешевле.

Длительное время при активном вентилировании использовали атмосферный воздух в его естественном состоянии. Теперь применяют и активное вентилирование подогретым воздухом, что позволяет значительно подсушивать зерновую массу. Используют и искусственно охлажденный воздух.

Установки для активного вентилирования в складах можно разделить на три типа: *стационарные*, устраиваемые в полах складов.

напольно-переносные, которые можно укладывать в любом складе до засыпки зерном, и

переносные трубные.

В любую установку входят три основные части:

- вентилятор
- воздухопроводы и
- воздухораспределительные устройства.

Для стационарных и напольных установок применяют главным образом осевые передвижные вентиляторы, для трубных – центробежные.

Воздуховоды выполняют в виде каналов в полу склада, коробов, укладываемых на пол, труб из листовой стали или прорезиненной ткани.

В стационарных и напольно-переносных установках воздухораспределительные устройства чаще всего выполняют в виде деревянных щитов. Металлические устройства для этого типа установок быстро выходят из строя из-за коррозии от постоянного соприкосновения с влажным зерном, повреждения колесами передвижной механизации.

Металлические силосы обычно оборудуются установками для активного вентилирования зерна с подачей воздуха через перфорированные трубы, перфорированное днище или специальные воздушные каналы. Система, применяемая за рубежом для вентилирования, сушки, охлаждения и выгрузки зерна из хранилища, изображена на рис. 4.2.

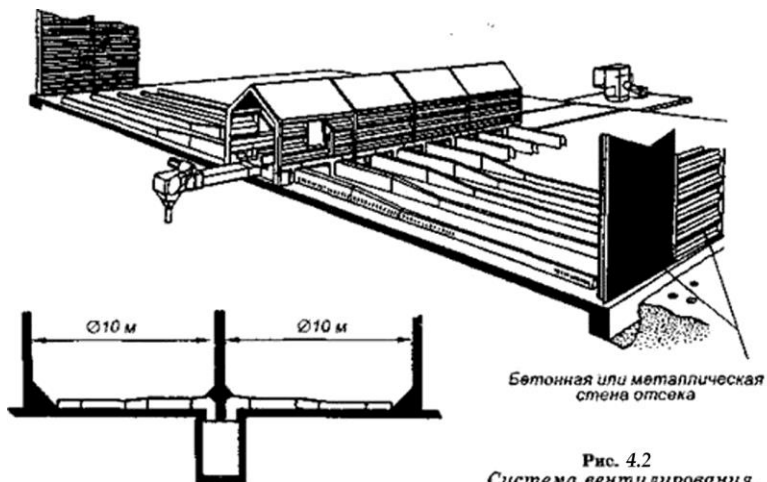


Рис. 4.2
Система вентиляции,
одновременно используемая
для сушки, охлаждения
и выгрузки зерна
из хранилища

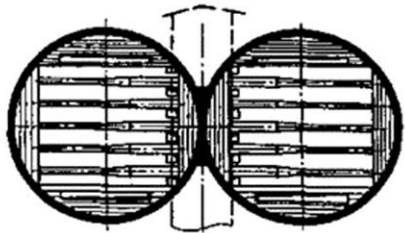
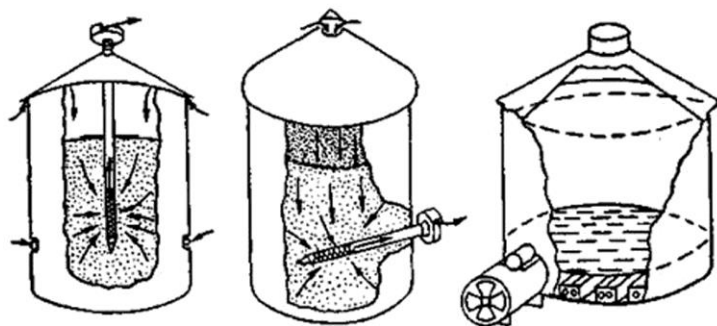


Рис. 4.3
Вентиляция зерна
в металлических силосах



На рис. 4.3 показаны способы вентиляции зерна, используемые канадскими фермерами в металлических силосах небольшой вместимости. Для вентиляции зерна применяют как холодный (атмосферный), так и подогретый в электрокалорифере воздух.

В нашей стране применяется так называемое аэроднище (аэрожелоба), принципиальное устройство которого показано на рис. 4.4 и 4.5.

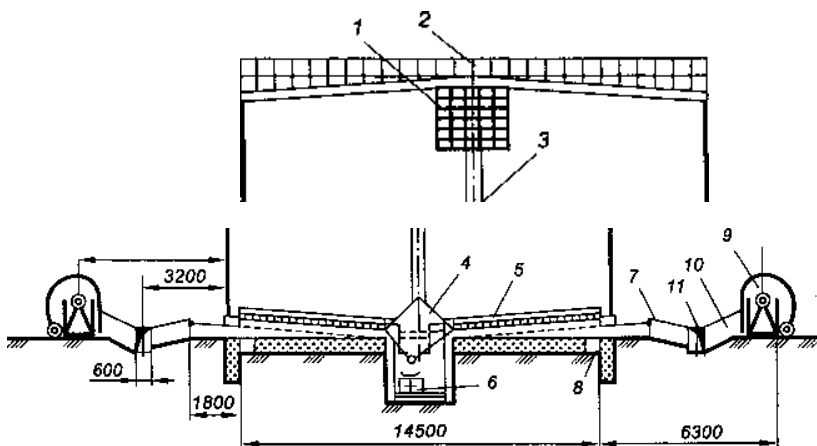


Рис. 4.4 Металлическое зернохранилище с аэрожелобами:

1 – площадка для наблюдения; 2 – ограждение; 3 – центральная стойка; 4 – отводящий коллектор; 5 – аэрожелоб; 6 – конвейер; 7 – задвижка; 8 – подводящий канал для аэрации; 9 – вентилятор; 10 – диффузор, 11 – распределительный воздухопровод.

В металлическом зернохранилище имеются две самостоятельные секции (I и II, рис. 4.5), каждая из которых имеет по 8 аэрожелобов и самостоятельный воздухоподводящий канал (с сечением 900×600 мм), размещенный снаружи зернохранилища.

Воздух для транспортирования зерна подается двумя вентиляторами Ц-4-40 №12. для сбора и отвода пыли, образующейся во время разгрузки, над выпускными воронками внутри хранилища установлен отводящий коллектор, выполненный из металла в виде герметического короба.

В днище металлического зернохранилища указанного диаметра имеется 10 выпускных воронок и 16 аэрожелобов, расстояние между которыми равно 1450 мм. В начале и в конце его установлены специальные фиксирующие задвижки, служащие для подачи воздуха в аэрожелоб и отвода его из аэрожелоба.

После выпуска зерна из хранилища самотеком через выпускные воронки на стационарный ленточный конвейер нижней галереи в воздухоподводящий канал вентилятором нагнетается воздух.

При этом задвижки на входе и выходе аэрожелоба открываются. Воздух, проходя через чешуйчатое сито, приводит слой зерна в псевдосжиженное состояние и транспортирует его по всей длине к выпускным воронкам на ленточный конвейер. При разгрузке зернохранилища могут работать все аэрожелоба.

Перед началом загрузки зернохранилища зерном фиксирующие задвижки в конце аэрожелоба должны быть закрыты

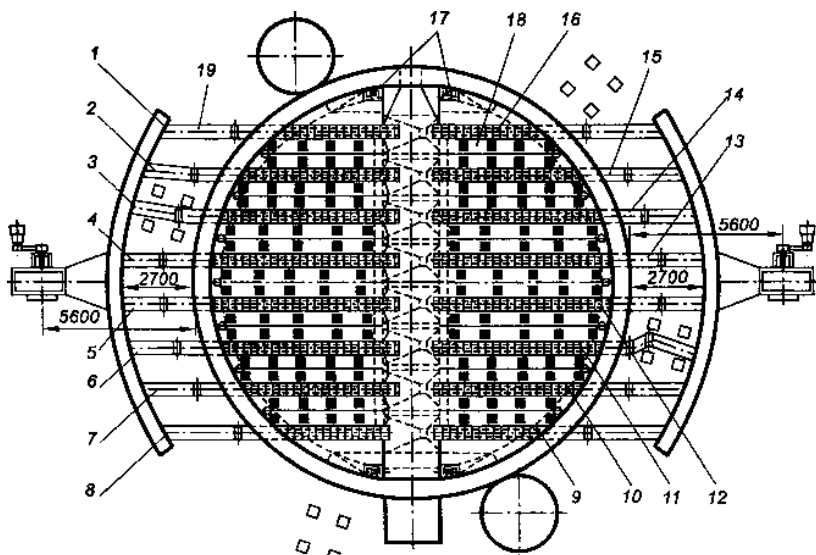


Рис. 4.5 План металлического зернохранилища с аэрожелобами:

1-16 – аэрожелоба с воздухоподводящими патрубками; 17 – осевые вентиляторы; 18 – рассекатели; 19 – воздухоподводящие каналы.

Аэрожелоба могут применяться и для активного вентилирования.

Принцип работы установки при этом следующий: открываются все фиксирующие задвижки в подводящих патрубках аэрожелобов обеих секций, после этого воздух вентиляторами нагнетается под воздухораспределительную решетку аэрожелобов и через выпускные щели для зерна выходит вентилируемую насыпь. При этом фиксируемые задвижки на выходе должны быть закрыты.

Кроме аэрожелобов для разгрузки зернохранилище оборудовано установкой для аэрации зерна, предназначенной для перевода хранящегося зерна на различные режимы хранения (весенне-летний и осенне-зимний периоды).

Установка состоит из 4 осевых вентиляторов, 2 воздухоподводящих каналов и 14 рассекателей (по 7 с каждой стороны).

Воздухоподводящий канал выполнен из металла и установлен в днище зернохранилища (по внутреннему периметру кольцевого фундамента). Размеры канала – 500 × 600 мм.

Рассекатели выполнены из листовой стали толщиной 4 мм или из бетона с углами наклона при основании 36°, высотой 650 мм и расположены между аэрожелобами, перфорированные площадки закрыты сверху чешуйчатыми ситами.

При необходимости металлические силосы могут быть оборудованы установками для охлаждения зерна.

5. Меры безопасности

Любая производственная деятельность человека представляет определенную опасность. Цель состоит в уменьшении этой опасности до приемлемого уровня, сравнимого с тем, который характерен для людей в повседневной жизни.

Рост механизации и повышение производительности в промышленности, особенно в последние десятилетия, – одна из причин несчастных случаев на производстве, число и тяжесть которых значительно возросли. Высокий уровень безопасности и надежность предприятия возможны только в том случае, если на всех указанных этапах ответственными и квалифицированными инспекторами осуществляется обширный периодический контроль и если персонал предприятия побуждается к участию в реализации постоянной стратегии обеспечения безопасности и составляет с ней одно целое.

Опасности можно разделить на две категории: опасности общего характера, которые могут иметь место на каждом предприятии, и специфические опасности, присущие определенной отрасли промышленности.

Рассмотрим специфические опасности:

рабочие на предприятиях по хранению и переработке зерна подвергаются ряду специфических опасностей, не все из которых охвачены правовыми положениями.

Ниже перечисляются эти опасности:

а) работа в закрытых пространствах, а именно в силосах, бункерах и трюмах судов. К мерам предосторожности относят: достаточное количество кислорода, безопасное освещение, использование специальных масок, помощь в критических ситуациях и быстрая эвакуация.

При работе в силосах с продуктом, который может образовывать своды, скважины или прилипать к стенам, рабочий, опускающийся в силос, должен быть достаточно информированным об опасностях выхода из подвесной люльки, расстегивания предохранительного пояса, хождения по продукту, образующему свод, опускания ниже верхнего уровня материала и т.п.

Неожиданная загрузка и разгрузка силоса должны быть исключены при нахождении в нем человека (рис.5.1).

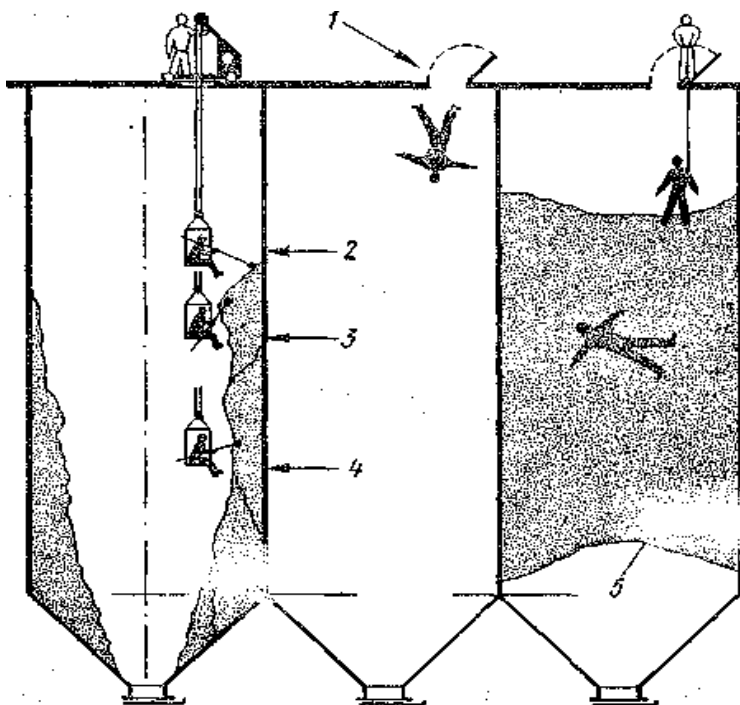


Рис. 5.1 Меры безопасности для рабочих, работающих в силосах:

1 – никогда не оставляйте открытым люк; 2 – хорошо; 3 – очень опасно; 4 – безрассудно; 5 – свод.

б) фумигация зараженного зерна; предохранительные меры должны включать: тщательное изучение преимуществ и характеристик используемых фумигантов: токсичность, воспламеняемость, взрывоопасность, проникновение в соседние силосы, а также определение предельно допустимой концентрации фумиганта; защиту лиц, проводящих фумигацию (вентиляция, противогазы и перчатки); инструкции для дежурного врача; удаление, нейтрализацию и уничтожение использованных упаковочных средств и т.п.

в) перемещение, соединение и расцепка вагонов и автомобилей при загрузке и разгрузке. Необходимы достаточное освещение, хорошие средства связи и бросающаяся в глаза одежда;

г) работа в портах и на борту судов и барж. Средства доступа к ним (трапы, сетки внизу, крышки люков) должны быть прочно закреплены;

д) работа вблизи или на узлах транспортных средств, а именно на нориях, ленточных, скребковых и винтовых конвейерах. Перед пуском конвейера необходимо подавать звуковой сигнал; следует исключать захват лентой, цепью или приводом; там, где требуется, должны быть установлены аварийные выключатели (рис.5.2, 5.3);

е) взрывы пыли и пожары. Говоря, в общем, конструкторы, обслуживающий и ремонтный персонал в недостаточной степени оценивают эту опасность, из-за ее важности и последствий полезно рассмотреть эту проблему более подробно.

Наиболее важной специфической опасностью на предприятиях по хранению и переработке зерна являются взрывы пыли, которые уже унесли много жизней, принесли значительные повреждения зданиям, уничтожили сырье и продукцию.

Опасность взрыва пыли на предприятиях, где имеется горючая пыль, можно значительно ограничить, но, к сожалению, никогда нельзя полностью исключить. Фактически благодаря свойствам перерабатываемых продуктов и методам эксплуатации пыль всегда будет присутствовать, и никогда нельзя полностью исключить потенциальные источники загорания. Всякий раз, когда перемещается зерно, имеется потенциальный источник пыли. Даже когда пыль удаляют из определенной партии зерна, следующее ее перемещение или перегрузка будут вызывать новое образование пыли.

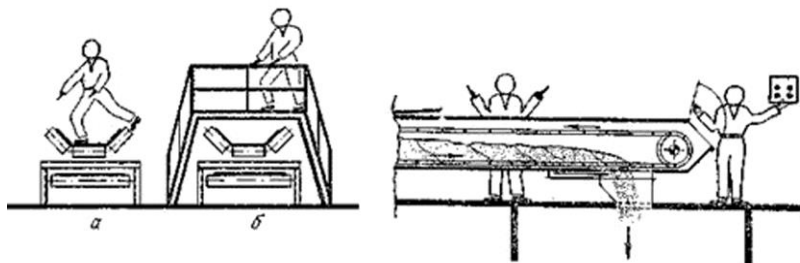


Рис. 5.2. Опасности при переходе через ленточный конвейер:
а – неправильно, б – правильно

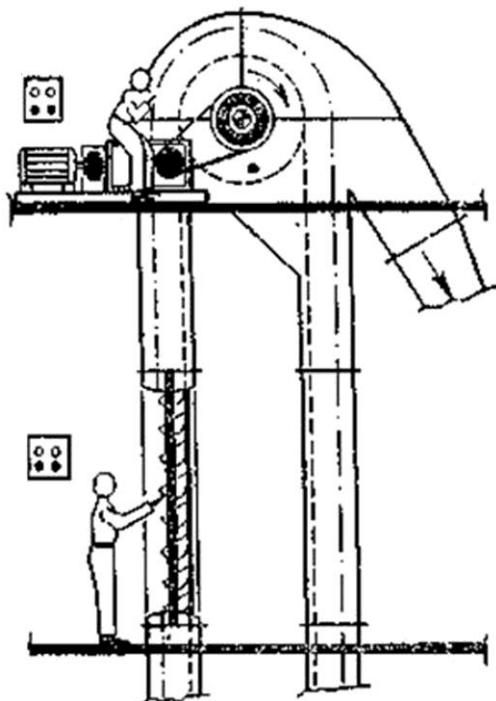


Рис. 5.3. Опасности при проверке и замене ковшей.

Наиболее важными предупредительными мерами ограничения опасности взрыва пыли являются: устранение всех взрывоопасных концентраций пыли в воздухе и любой опасности распространения, которое может привести к вторичному взрыву.

6. Овощехранилища

6.1 Хранение картофеля и овощей в буртах и траншеях

Полевой способ хранения овощей и картофеля распространен в нашей стране и за рубежом. Утверждены международные стандарты на этот способ хранения: СТ ИСО 5525-80 «Картофель. Хранение на открытом воздухе (в буртах) и СТ ИСО 6000-81 « капуста кочанная. Хранение на открытом воздухе».

Буртами называют валообразные кучи овощей или картофеля, уложенные на грунт (на поверхности земли или в неглубоком длинном котловане) и укрытые каким-либо термо- и гидроизоляционными материалами.

Траншеи – канавы, вырытые в грунте, в которые засыпают овощи и картофель. Подобно буртам траншеи также укрывают (рис.6.1 и 6.2).

В буртах и траншеях хранение достаточно герметичное (в так называемых глухих траншеях и буртах) или с необходимым воздухообменом, в результате которого довольно быстро регулируют температуру в продукте и аэрируют его. При хранении картофеля лучшие результаты получают, если содержание диоксида углерода в воздухе бурта или траншеи составляет 2...3, кислорода 16-18%.

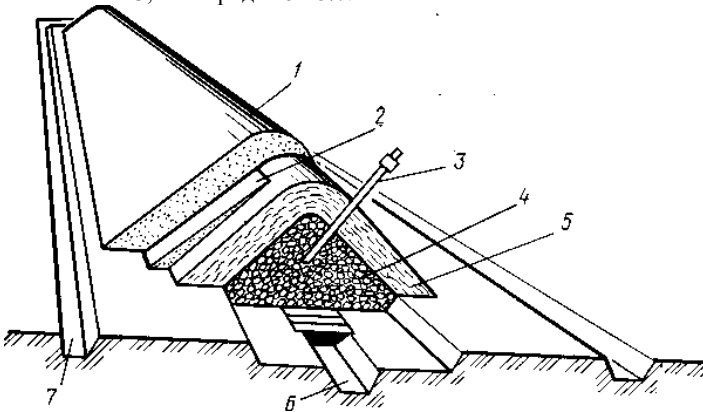


Рис. 6.1. Разрез бурта картофеля:

1 – окончательное укрытие землей; 2-ервое укрытие землей;
3- буртовой термометр; 4 -картофель; 5 солома; 6-приточный канал; 7-канавка для стока

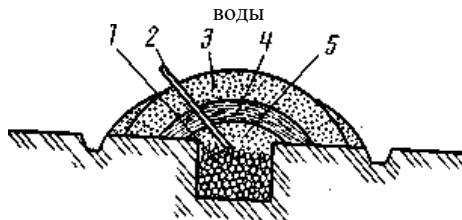


Рис.6.2. Поперечный разрез траншеи:

1 – корнеплоды; 2 – буртовой термометр; 3 – земля; 4 – солома; 5 – первоначальное укрытие землей.

В зависимости от вида закладываемых продуктов и географического положения хозяйства используют бурты и траншеи различных размеров.

На юге более стационарный режим хранения создают в траншеях. Таким способом там хранят картофель, свеклу, капусту и др.

В Нечерноземной зоне больше распространено буртовое хранение картофеля, свеклы и капусты и траншейное моркови, сельдерея, петрушки и репы. В районах с очень холодной зимой применяют более глубокие траншеи и широкие бурты.

6.2 Вентиляция овощехранилищ

В соответствии с теплофизическими показателями картофеля и овощей и погодноклиматическими условиями применяют различные способы устройства *вентиляции* буртов и траншей (рис.6.2)

Глухие бурты и траншеи. Применяют для хранения продукции, если условия выращивания в данном сезоне были благоприятными, механические и другие повреждения овощей минимальны, а погода при закладке сухая и прохладная. Здоровая и охлажденная продукция выделяет небольшое количество тепла и влаги, обладает довольно высокой устойчивостью к фитопатогенным микроорганизмам, и поэтому ее можно сразу укрыть на зиму. Однако при сухой погоде ее можно сразу укрыть на зиму. Однако при сухой погоде не следует укрывать гребень толстым слоем земли (пока нет дождей и заморозков, его можно оставить под слоем соломы.)

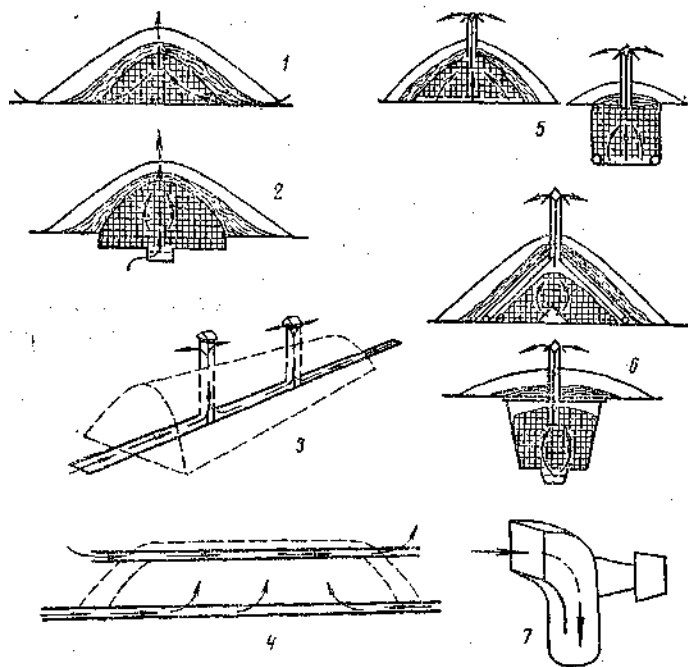


Рис. 6.2 Схемы вентиляции буртов и траншей:

1 – «глухой» бурт; 2 – бурт с приточным каналом; 3 – бурт с приточным и вертикальным вытяжными каналами; 4 – бурт с горизонтальным гребневым вытяжным каналом; 5 – бурт на приподнятом пастиле и траншея с охлаждаемым дном; 6 – бурт и траншея с воздушно-рубашкой (постоянным укрытием); 7 – насадка на вентиляционной трубе для улавливания ветра.

Глухое укрытие применяют чаще всего и при переслойке объектов хранения песком или почвой. В этом случае тепло и влага рассеиваются в грунте, каждый

экземпляр продукции изолирован друг от друга, поэтому при возникновении инфекция локализуется.

Бурты и траншеи с приточным каналом. Этот способ вентиляции используют для более быстрого и гарантированного охлаждения овощей, заложенных на хранение при температуре значительно выше оптимальной. Приточный канал размещают вдоль основания бурта, траншеи, по центральной оси. По торцам он сообщается с наружной атмосферой. Отсюда холодный воздух поступает в основание штабеля продукции и охлаждает ее. Приточный канал устраивают либо в виде канавки в земляном основании сечением $0,2 \times 0,2$ м, отделенной от вышележащего штабеля продукции деревянными решетками (картофель, корнеплоды), либо в виде арочного трехгранного деревянного канала со стороной 0,3 м.

Бурты и траншеи с приточным и вертикальными вытяжными каналами.

Осенью во время закладки овощей на длительное хранение часто стоит дождливая погода. В таких случаях необходимо предусмотреть более производительную систему вентиляции для эффективного охлаждения продукции.

По типовым разработкам наряду с приточными каналами (их устройство изложено выше) устраивают и вертикальные вытяжные каналы (трубы). Их делают в виде четырехгранных дощатых коробов сечением $0,2 \times 0,2$ м, устанавливаемых при закладке бурта (траншеи) на приточный канал. Часть короба, находящуюся в слое продукции, делают решетчатой (чтобы свободнее удалялся теплый и влажный воздух, выделяемый овощами), а часть, которая проходит через укрытие и выходит наружу, – из сплошных досок. Над укрытием вертикальная труба должна выступать примерно на 0,5 м. Поверх нее устраивают козырек для предотвращения затекания дождевой воды и попадания снега.

Вытяжные трубы устанавливают примерно через каждые 3 м (капуста) или 5 м (картофель, корнеплоды) длины бурта (траншеи). В производстве иногда вместо вытяжных труб по гребню бурта (траншеи) устанавливают плотные снопики (жгуты) соломы, по которым происходит воздухообмен.

Вытяжные трубы имеют существенный недостаток – вблизи них продукция охлаждается быстро, а вдали – медленно; кроме того, здесь появляется опасность увлажнения или промораживания укрытия, а следовательно, и порча хранящейся продукции.

Бурты с гребневым вытяжным каналом. Горизонтальный гребневой вытяжной канал устраивают из двух досок шириной около 15-20 см. Доски сбивают под углом 90° и укладывают на гребень штабеля продукции так, чтобы концы такого своеобразного канала по торцам сообщались с наружным воздухом.

Практикуют и такой способ: по гребню штабеля продукции укладывают гладко отесанное бревно диаметром 10-15 см, на него наносят укрытие. После того как вытащат бревно, в соломенном слое укрытия остается канал, который и будет вытяжным.

Бурты на настилах и траншеи с охлаждаемым дном. При хранении капусты, отличающейся высоким тепло- и влаговыделением, а также моркови, уборка которой часто приходится на относительно теплую погоду, типовые системы вентиляции буртов и траншей оказываются недостаточно эффективными. В этих случаях рекомендуется штабель продукции укладывать на приподнятый дощатый настил. В результате под основанием бурта или траншеи образуется большая воздушная полость, через которую овощи будут охлаждаться быстрее.

Бурты с воздушной рубашкой. Лучшие теплофизические условия складываются при устройстве постоянного укрытия буртов и траншей. В этом случае между штабелем

продукции и укрытием имеется воздушная прослойка, в которой компенсируются резкие перепады параметров внешней среды.

В опытном порядке применяют ветровые насадки на вертикальные вытяжные трубы.

Насадки оборудуют флюгерами, чтобы они поворачивались своей горловиной к ветру. Благодаря этому эффект вентилирования (и, следовательно, охлаждения) продукции в буртах и траншеях возрастает много раз.

При использовании естественной вентиляции буртов и траншей для регулирования условий хранения руководствуются в основном одним правилом: добиться быстрого охлаждения овощей и не допустить их подмораживания.

После установления в бурте (траншее) температуры, близкой к оптимальной для сохранения данного вида овощей, приточные трубы наглухо закрывают; вытяжные держат еще 1-3 дня открытыми, а с наступлением холодов и их надежно забивают теплоизолирующим материалом. В зимний период бурты почти на вентилируют. Необходимость в этом наступает обычно во второй половине зимы после обильных снегопадов. Если температура в буртах и траншеях начинает повышаться, днем на некоторое время (в соответствии с уровнем наружной температуры) приоткрывают вытяжные трубы, добиваясь снижения температуры хранящейся продукции.

Следует иметь в виду, что в приточный канал бурта может затекать дождевая вода

Поэтому приточному каналу придают некоторый уклон, углубленный конец соединяют с водоотводной канавкой, которую размещают вокруг каждого бурта.

6.3 Крупногабаритные бурты с активным вентилированием

В умеренной и теплой зонах нашей страны распространены крупногабаритные бурты вместимостью 600 т с двухканальной системой активного вентилирования (рис. 6.1.4). При устройстве такого бурта на площадке сооружают стенку 1 из деревянных стоек, досок и двух рядов тюков прессованной соломы, между которыми прокладывают пленку. Затем монтируют вентиляторы и устанавливают вентиляционные каналы 2 из дощатых щитов. По сторонам бурта пропахивают борозду. В нее наклонно ставят тюки соломы, затем укладывают еще два слоя тюков с наклоном внутрь, застилая между ними полотнища пленки.

Картофель засыпают в бурт высотой 3 м, шириной 8...10, длиной 40...45 м с помощью транспортеров-загрузчиков. Его укрывают слоем тюков 3 из прессованной соломы. На них поперек бурта внахлест (1 м) настилают полотнища пленки 4 шириной 6 и длиной 14 м. В местах нахлеста между пленками закладывают непрессованную солому 5 слоем 0,2 м (для отвода воздуха при работе вентиляторов). На пленку помещают второй слой соломенных тюков 6, щели между ними заделывают соломой. Через каждые 9 м вдоль бурта на 1/3 глубины насыпи устанавливают буртовые термометры.

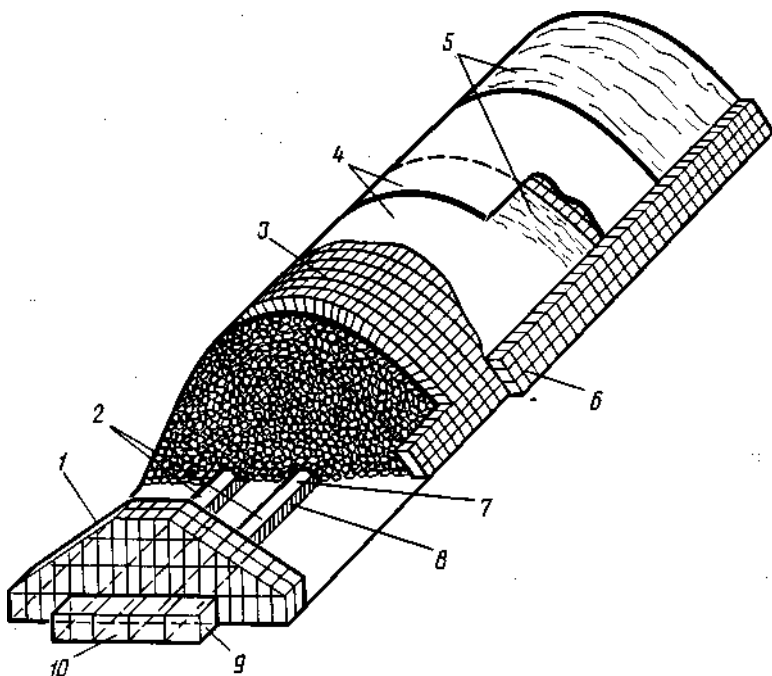


Рис. 6.3 Схема крупногабаритного бурта с двухкамерной системой вентиляции вместимостью 600 т:

1 – передняя стенка; 2 – вентиляционные каналы; 3 – первый слой тюков соломы; 4 и 7 – пленки; 5 – слой соломы; 6 – второй слой тюков соломы; 8 – отверстия для отвода воздуха; 9 – вентиляционная камера; 10 – циркуляционный канал.

Для активного вентилирования крупногабаритных буртов используют как центробежные вентиляторы Ц-4-70 № 10 (производительность 26 000 м³/ч, давление 750 Па, или 75 кгс/м²), Ц-4-70 № 12,5 (40 000 м³/ч, 800 Па, или 80 кгс/м²), так и осевые вентиляторы 06-300 № 10 (30 000 м³/ч, 190 Па, или 19 кгс/м²), 06-300 № 12,5 (производительность 40 000 м³/ч, давление 200 Па, или 20 кгс/м²) и др.

Два продольных вентиляционных канала соединяют через вентиляционную камеру циркуляционным каналом. Вентиляционные камеры оборудованы клапанами, которые открывают при вентилировании бурта атмосферным воздухом и полностью или частично закрывают при применении внутреннего или смешанного воздуха.

Работу вентиляторов можно регулировать автоматически, что позволяет поддерживать оптимальную температуру в насыпи.

Разработаны проекты буртовых площадок вместимостью (т): картофеля 800 и капусты 250 (типовой проект 79-2а).

6.4 Размещение овощей и плодов в хранилищах.

Способ размещения продукции в хранилищах и тип механизации погрузочно-разгрузочных работ взаимно обусловлены. Выделяют следующие способы размещения продукции в хранилищах: в таре, в закромах, сплошная загрузка всего хранилища или его отдельных отсеков, на стеллажах.

В таре

Для перемещения контейнеров и поддонов с установленными ящиками чаще всего используют аккумуляторные электропогрузчики с вилочным захватом. Электропогрузчики маневренны и обеспечивают быструю загрузку хранилищ без использования ручного труда. Но для заряда аккумуляторных батарей погрузчика необходима специальная зарядная станция, оборудованная генераторами постоянного тока или выпрямителями. В колхозах и совхозах более универсальными являются автопогрузчики. Применяют и другие механизмы, например подъемный кран на тракторе «Беларусь», автокраны, но они менее эффективны.

На крупных плодоовощных базах г. Москвы используют тельферы-подъемники на монорельсах в основном для подъема продукции с нижнего (подвального) этажа хранилищ на верхний. Однако стационарные системы (как и при bestарном хранении) уступают маневренным самопередвигающимся механизмам, при помощи которых можно выполнять погрузочно-разгрузочные работы в любом месте хранилища.

В закромах.

Овощи в закрома загружают следующим образом: автомашины подают, как правило, затаренную продукцию (в корзинах, мешках, ящиках) в проезд хранилища, т.е. непосредственно к месту складирования. Из автомашин продукцию переносят и пересыпают в закроем. При этом используют тележки, деревянные лотки-спуски, передвижные транспортеры. При планировке хранилищ без автовъезда закрома загружают через люки в боковых стенах хранилища, оборудуемые лотками - спусками, по которым продукция спускается к месту складирования. Для гашения скорости падения клубней и корнеплодов применяют брезентовые щитки и рукав.

С увеличением высоты слоя продукции до 3-4 м и более и при активном вентилировании необходима более эффективная механизация при загрузке и выгрузке овощей. В нашей стране для этого выпускают загрузчик ТЗК-30 (рис. 6.4.)

Основные его части (приемный бункер, подъемный транспортер и распределительный транспортер – стрела) могут менять положения как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях.

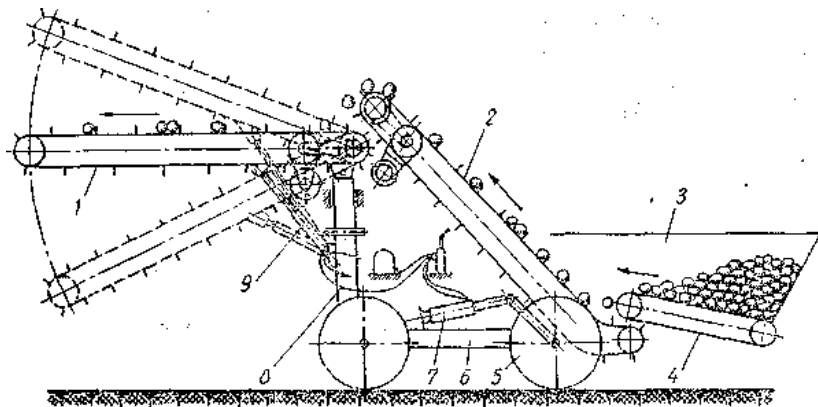


Рис. 6.4 Технологическая схема загрузчика ТЗК-30:

1 – стрела; 2 – подъемный транспортер; 3 – бункер; 4 – приемный транспортер; 5 – ходовая часть; 6 – рама; 7 – гидропривод перевода в транспортное положение; 8 – поворотная колонка; 9 – гидропривод подъема и опускания стрелы.

Загрузчик передвигается по проезду хранилища и загружает закрома по обе стороны от него. Обслуживает его один человек

Картофель из автомашин-самосвалов ссыпается в приемный бункер загрузчика, дно которого представляет собой широкую транспортерную ленту. Отсюда клубни поступают на подъемный транспортер, затем – на распределительный, а с него – в нужную по высоте и положению зону закрома.

Основные характеристики загрузчика ТЗК-30 следующие: длина 9,7 м; ширина 2,5 м; высота (без стрелы) 3,4 м; емкость бункера 1,5 т; высота подъема стрелы до 5,6 м; поворот стрелы 90° в обе стороны; общая мощность электродвигателей 7кВт; производительность до 15 т/ч.

Сплошная загрузка всего хранилища или его отдельных отсеков. Этот способ размещения продукции получил распространение в последнее время в связи с внедрением метода активного вентилирования.

Картофель, корнеплоды, лук, капусту при помощи погрузчика ТЗК -30 размещают по всему хранилищу сплошным высоким слоем без разделения на закрома. Хранение сплошным слоем наиболее экономично, так как полезный объем хранилищ может быть доведен до 70-80%. Однако для поддержания дифференцированного режима хранения рекомендуется разделять хранилища на секции 100-300 т, обслуживаемые одним вентилятором. В хранилищах семенного картофеля устраивают изолированные закрома для хранения разных сортов емкостью 50-70 т.

Для выгрузки картофеля (и других овощей) с пола хранилища при беззакромном хранении используют специальную приставку к загрузчику ТЗК-30, при помощи которой можно забирать продукцию из штабеля и подавать на сортировальную машину или в кузов автомашины. В приемной части приставки монтируют вибрирующую гребенку, подающую клубни на транспортер.

На стеллажах. Стеллажи устраивают для рассредоточенного размещения капусты, лука и других овощей, чтобы в малых слоях обеспечить достаточный воздухообмен и охлаждение. Между стеллажами оставляют проходы 0,7-0,8 м. ширина полок стеллажей 1-2 м, в зависимости от вида продукции, расстояние между полками 0,8-1 м. в этих условиях применить механизмы высокой производительности для загрузки и выгрузки продукции невозможно.

Стеллажное размещение рассчитано на ручной труд и применяется лишь в хранилищах малой емкости и в хозяйствах, располагающих рабочей силой. Кроме того, при стеллажном размещении полезный объем хранилищ составляет не более 25-30% поэтому этот метод размещения продукции изживает себя.

В перспективе, по-видимому, массовое хранение картофеля и овощей будут базироваться на бестарном размещении в хранилищах с активным вентилированием, сооружаемых крупными комплексами в одном или нескольких специализированных хозяйствах.

6.5 Механизация погрузочно- разгрузочных работ

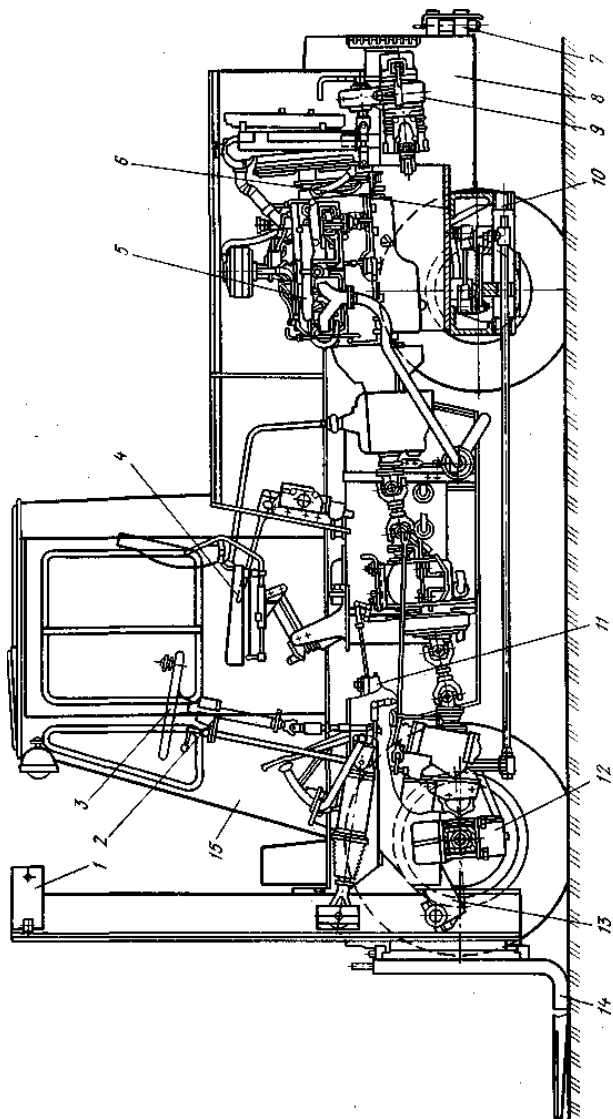
Автопогрузчики, электропогрузчики, электроштабелеры. Это самоходные подъемно-транспортные машины, предназначенные для погрузки, выгрузки и перемещения на небольшие расстояния различных грузов. Плоды, овощи картофель транспортируют в ящиках, установленных на поддоны или в контейнерах. Погрузчик производит захват груза, подъем на требуемую высоту, укладку в штабель и разгрузку его. Автопогрузчики применяют при работе на открытом воздухе, электропогрузчики в основном при работе в хранилищах и холодильниках, а также на открытом воздухе. Проводить работы автопогрузчиком внутри помещения нельзя, особенно в

холодильниках, так как выхлопные газы ядовиты для человека и нарушают режим хранения плодов и овощей.

Электроштабелеры в отличие от электоропогрузчиков имеют дополнительный механизм продольного движения грузоподъемника, а некоторые и механизм поворота грузоподъемника вправо и влево на 90°.

Автопогрузчик состоит из грузоподъемного оборудования и пневмоколесной ходовой части. В зависимости от расположения рабочего оборудования на ходовой части различают погрузчики с фронтальным (передним) грузоподъемником для перевозки груза на вилочных подвратах и с боковым – для погрузки на платформу и выгрузку с нее (рис.6.5.1)

Грузоподъемное оборудование имеет вилочный подхват. Подъем груза осуществляется при помощи гидросистемы. Управление грузоподъемником производится при помощи пульта и руля, расположенным в кабине. Грузоподъемность автопогрузчиков в зависимости от марки автотранспорта составляет 1000 кг, 2000 кг, 5000 кг. Высота подъема 2 м 80 и 3 м 30.



Электропогрузчик работает от аккумуляторных батарей. На подъемной колонке крепится вилочный подъемник-захват, который работает от гидравлического механизма. Пульт управления погрузчиком находится рядом с сидением водителя. Грузоподъемность электропогрузчика 750кг, высота подъема 2800 мм, радиус поворота 1550 мм.

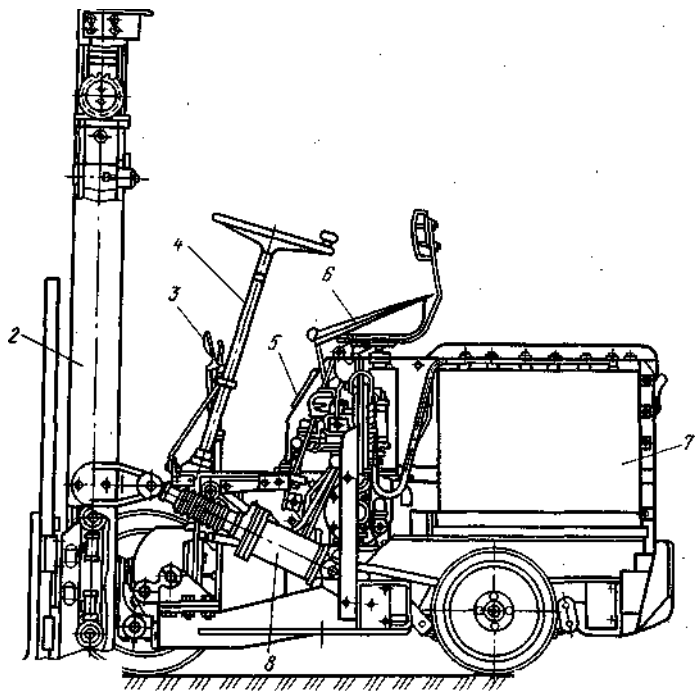


Рис. 6.5.2 Электропогрузчик 4004А

7. Холодильники

Основной путь решения важнейшей народнохозяйственной проблемы – круглогодичного снабжения населения свежей продукцией – строительство холодильников (хранилищ с искусственным охлаждением). В них обеспечивается стабильный режим хранения и благодаря этому качественное сохранение в течение длительного времени скоропортящейся продукции.

Холодильниками называют сооружения для охлаждения и хранения сырья и готовой продукции.

Под непрерывной холодильной цепью понимают совокупность технических средств, реализующих основные холодильные технологические процессы (охлаждение, замораживание, холодильное хранение, размораживание и отепление) в процессе перемещения скоропортящихся продуктов из сферы производства в сферу потребления.

В состав непрерывной холодильной цепи (звенья холодильной цепи) могут входить производственные (заготовительные), базисные, распределительные, торговые стационарные холодильники, а также торговое холодильное оборудование, и бытовые холодильники. Все звенья непрерывной холодильной цепи соединяются холодильным транспортом.

7.1 Холодильные установки

В настоящее время широкое распространение находят холодильные установки, сооружаемые на предприятиях мясной промышленности. В зависимости от принципа работы холодильные установки подразделяют на *абсорбционные и компрессорные*. Последние наиболее широко используются на мясоперерабатывающих предприятиях.

Компрессорная холодильная установка состоит из компрессора, конденсатора, ресивера, испарителя и регулирующей системы, герметично соединенных между собой трубопроводами, в которых циркулирует хладагент.

В качестве *хладагента*, при помощи которого получают холод, используют аммиак или фреон – газы с высокими термодинамическими свойствами (способностью к сжатию). При переходе газа из одного агрегатного состояния в другое происходит выделение или поглощение тепла. Сжатые газы кипят (испаряются) при температуре ниже точки замерзания воды, отнимают тепло из окружающей среды и охлаждают ее. Температура кипения аммиака минус 50° при давлении 0,42 атм. или -33,5° при нормальном давлении.

Сжатие аммиака осуществляется в компрессоре. Сгущенный газ направляется в конденсатор, который представляет собой систему спиральных трубок (змеевик), где происходит его сжижение (конденсация). При этом выделяется значительное количество тепла, которое удаляется с помощью орошения змеевика холодной водой или вентилятором. Жидкий аммиак поступает в ресивер – сборную емкость, откуда через регулирующий вентиль он подается в испаритель (рефрижератор) представляющий собой систему труб или коллектор с гладкой или ребристой поверхностью.

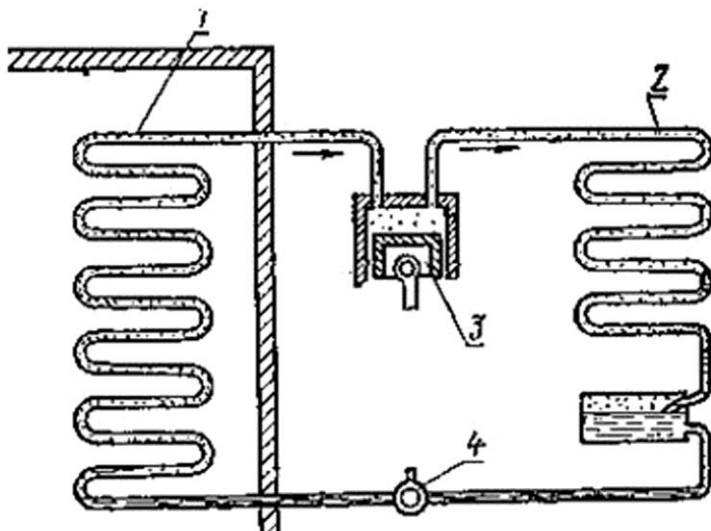


Рис. 7.1 Схема компрессорной холодильной установки:

1 – испаритель; 2 – конденсатор; 3 – компрессор; 4 – регулирующий вентиль.

7.2 Холодильный транспорт

Давление в нем понижено, поэтому происходит кипение или испарение жидкого аммиака и переход его в газообразное состояние. В результате из окружающей среды поглощается большое количество тепла, а температура воздуха в камере понижается. Пары аммиака возвращаются снова в компрессор, и цикл испарение - сжатие - конденсация повторяется вновь.

Холодильный (рефрижераторный) транспорт является соединительным звеном в непрерывной холодильной цепи между производителем и потребителем. По данным ООН, при международной торговле продуктами питания морем транспортируется приблизительно 61%, наземным – 34% и по воздуху – 5%. Объем перевозок непрерывно возрастает в связи с растущим объемом внутренних и международных перевозок скоропортящихся продуктов.

Существуют различные виды холодильного транспорта: железнодорожный, автомобильный, водный, воздушный.

В связи с международным характером перевозок холодильные транспортные средства должны отвечать единым требованиям международных стандартов.

Наземные транспортные средства подразделяют на *изотермические, холодильные, охлаждаемые* холодильными машинами или веществами и *нагреваемые* (отапливаемые).

Изотермическое (неохлаждаемое) транспортное средство – это средство, кузов (или цистерна) которого состоит из теплоизоляционных ограждающих конструкций, включая двери, пол и крышу.

Холодильное транспортное средство, охлаждаемое веществом, – теплоизолированное транспортное средство, охлаждаемое водным льдом, смесью водного льда с солью (льдосоляной смесью), сухим и эвтектическим льдом, криогенными жидкостями (азотом, воздухом) и другими устройствами, кроме компрессорных паровых и газовых) и абсорбционных машин.

Холодильное транспортное средство, охлаждаемое холодильной машиной, – теплоизолированное средство, имеющее индивидуальную или общую для нескольких транспортных единиц холодильную или общую для нескольких транспортных единиц холодильную машину (установку), которая при $t_n = 30^\circ \text{C}$ позволяет понижать температуру воздуха внутри порожнего кузова и затем поддерживать ее в зависимости от класса: $12-0^\circ\text{C}$ (класс А); $12\dots-10^\circ\text{C}$ (класс В); $12\dots-20^\circ\text{C}$ (класс С); не выше 2°C (класс D); не выше -10° (класс E); не выше -20°C (класс F)/

Нагреваемое транспортное средство – теплоизолированное транспортное средство, имеющее нагревательную установку, позволяющую повышать температуру внутри порожнего кузова и затем поддерживать ее без дополнительного подвода энергии в течение, по меньшей мере 12 ч на постоянном уровне не ниже 12°C при средней температуре наружного воздуха в зависимости от класса: -10°C (класс А); -20°C (класс В).

В настоящее время основными направлениями развития холодильного транспорта являются: снижение энергопотребления, уменьшение потери хладагента в атмосферу; использование модифицированной газовой среды при перевозке овощей и фруктов; интеграция различных транспортных средств на основе модульного построения; многосекционность и многотемпературность транспортных средств; повышение уровня автоматизации.

8. Резервуары для хранения молока

Резервуары для приемки и хранения молока бывают вертикальные и горизонтальные. Повышение температуры молока за 24 ч хранения в таких резервуарах при разности температур окружающего воздуха и продукта, равной 24 °С, допускается не более чем на 2 °С.

Резервуар-термос представляет собой цилиндрический сосуд, состоящий из алюминиевого корпуса и стального кожуха. Пространство между ними заполнено фенолформальдегидным пластиком, служащим термоизоляцией.

В верхней части резервуара предусмотрены смотровое окно, светильник, моечное устройство, датчик верхнего уровня и воздушный клапан. Смотровое окно и светильник предназначены для периодического осмотра внутренней полости резервуара. Моечное устройство выполнено в виде двух трубчатых полудуг с отверстиями для подачи раствора. При вытекании моющего раствора из отверстий трубчатые дуги вращаются за счет возникающих реактивных сил. При этом внутренняя поверхность резервуара равномерно орошается моющим раствором.

Датчик верхнего уровня сигнализирует о заполнении рабочего объема резервуара, а воздушный клапан впускает и выпускает воздух при опорожнении и заполнении резервуара.

В средней части резервуара расположены люк, термометр, кран для отбора проб, устройство для контроля за уровнем молока и стационарная лестница для обслуживания верхней части.

В нижней части термоса имеются перемешивающее устройство, датчик нижнего уровня и опоры. Перемешивающее устройство состоит из центробежного насоса, эжектора, кранов и соединяющих их трубопроводов.

Резервуар наполняется через нижний патрубок, который служит также для опорожнения емкости путем переключения трехходового крана. Прекращение заполнения или опорожнения резервуара сопровождается подачей светового или звукового сигнала.

При отборе проб пользуются специальным краником; температуру молока контролируют термометром.

Вертикальные резервуары-термосы по сравнению с горизонтальными позволяют лучше использовать высоту помещения, а также быстрее опорожняются.

Горизонтальные резервуары-термосы устроены аналогично (рис. 8.1). Они оказывают меньшее давление на опорную поверхность. Их можно вмонтировать в стены перерабатывающего предприятия и таким образом сэкономить его полезную площадь. В этом случае внутри помещения размещают лишь переднюю часть резервуара с приемным и сливным патрубками, люком и контрольными приборами; остальную часть располагают вне помещения и устанавливают над ней легкий навес для защиты от осадков и солнечных лучей.

На крупных перерабатывающих предприятиях могут применяться емкости для хранения молока вместимостью 25 м³ (Г6-ОМГ-25), 50 м³ (В2-ОХР-50) и 100 м³ (В2-ОХР-100). Две последние, как правило, устанавливают вне зданий.

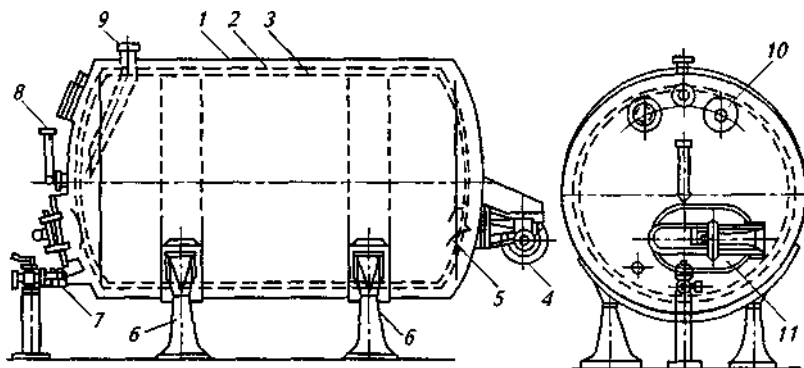


Рис. 8.1 Горизонтальный резервуар для хранения молока:

1 – рабочий резервуар; 2 – теплоизоляция; 3 – кожух; 4 – привод мешалки; 5 – мешалка; 6 – опорные ножки; 7 – сливной патрубков; 8 – термометр; 9 – наливная труба; 10 – смотровое окно; 11 – люк

По конструктивному исполнению резервуары специального назначения делятся на вертикальные и горизонтальные; по назначению – на резервуары-охладители молока, ванны для нагревания молока и универсальные тепловые аппараты; по типу перемешивающего устройства – с лопастными, пропеллерными и специальными мешалками.

В зависимости от вида тепловой обработки продукта (охлаждение или нагревание) резервуары делятся на емкости с теплообменной рубашкой, с оросительной системой, с теплообменником в виде змеевика и комбинированным теплообменным устройством.

Молоко в резервуарах-охладителях охлаждают двумя способами: непосредственно кипящим в испарителе хладагентом или промежуточным хладоносителем, т. е. водой или рассолом от холодильной установки.

В ваннах длительной пастеризации или универсальных тепловых аппаратах молоко нагревается путем подачи в теплообменную рубашку горячей воды или пропусканием через воду, находящуюся в рубашке, пара.

Устройство резервуаров специального назначения рассмотрим на примере оборудования для приготовления кисломолочных продуктов. Резервуар состоит из внутреннего корпуса (рис. 8.2) цилиндрической формы, теплообменной рубашки, теплоизоляции и наружного корпуса, для заполнения и опорожнения которого предусмотрен патрубков.

Внутри резервуара находится мешалка рамного типа. В нижней его части имеется патрубков для удаления из теплообменной рубашки тепло- или хладоносителя. Люк для осмотра и ремонта рабочей поверхности расположен в средней части. Мощное устройство, находящееся в верхней части резервуара, представляет собой реактивную вертушку.

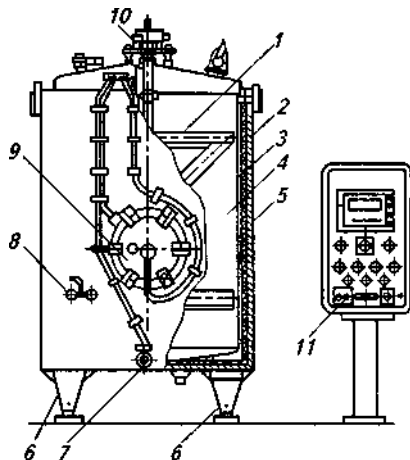


Рис. 8.2 Резервуар для приготовления кисломолочных продуктов:

1—мешалка; 2—теплоизоляция; 3 — теплообменная рубашка; 4 – внутренний корпус; 5– наружный корпус; 6– ножки; 7–патрубок заполнения-опорожнения; 8– пробоотборный кран; 9– люк; 10 – привод мешалки; 11– пульт управления

Молоко или сливки, предварительно нагретые до температуры сквашивания, а также закваска подаются в резервуар через нижний патрубок насосом. Молоко (а впоследствии продукт) размешивается по мере необходимости мешалкой. Готовый продукт охлаждается ледяной водой или рассолом.

Хладоноситель орошает внешнюю поверхность внутреннего корпуса, вытекая из перфорированной трубы, которая расположена по периметру теплообменной рубашки в ее верхней части. Продукт охлаждается при непрерывном перемешивании. Готовый продукт удаляется из резервуара через патрубок и насосом подается на фасование.

Ванны длительной пастеризации В1-ВД2-П, Г6-ОПА-600 и Г6-ПБ-1000 вместимостью соответственно 0,35; 0,6 и 1 м³ почти не отличаются от описанного резервуара. В них отсутствует орошающая перфорированная труба для подачи хладоносителя.

Теплообменная рубашка имеет переливную трубу и парораспределительную головку, к которой через трубопровод подается пар. Для охлаждения продукта, находящегося в ванне, в теплообменную рубашку подается холодная вода. Для нагревания и пастеризации продукта в теплообменную рубашку с водой через парораспределительную головку подается пар.

Ванны оборудованы мешалкой пропеллерного типа. В резервуарах универсального типа, как и в ваннах длительной пастеризации, молоко или продукт его переработки можно как нагревать, так и охлаждать.

9 Задания и требования к оформлению контрольной работы

Контрольная работа выполняется с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ. Шрифт Times New Roman, размер шрифта 14, межстрочный интервал 1,5 строки, выравнивание основного текста по ширине, заголовков по центру.

Каждый лист пояснительной записки оформляется рамкой и основной надписью по форме 2 (высотой 40 мм) для первого или заглавного листа и форме 2а (высотой 15 мм) для последующих листов. Расстояние по бокам от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15-17 мм.

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным или рукописным способом.

РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ КАМЕРЫ ОДНОФАЗНОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ МЯСА С ВЫНУЖДЕННЫМ ДВИЖЕНИЕМ ВОЗДУХА

Камера однофазного замораживания мяса оборудована воздухоохладителями с системой воздухораспределения типа «ложный потолок». В таблице 1 представлены исходные данные для расчета камеры по вариантам.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета камеры

№ вар	Производительность камеры G , т/сут	Темпер. воздуха в камере $t_{пл}, ^\circ\text{C}$	Продолжительность замораживания τ , ч	Темпер. поступления мяса $t_{пос}, ^\circ\text{C}$	Конечная темпер. в центре бедра $t_{кон.б}, ^\circ\text{C}$	Темпер. окружающей среды $t_{о.с}, ^\circ\text{C}$	Высота камеры $H_{кам}$, м
1.	1,5	-38	14	34	-32	30	3,6
2.	3	-32	16	32	-24	28	3,6
3.	5	-30	18	30	-22	26	3,6
4.	7,5	-28	22	28	-17	24	4,2
5.	10	-26	24	26	-19	22	4,2
6.	12	-24	28	24	-16	20	4,2
7.	15	-22	27	22	-18	18	4,6
8.	18	-20	24	20	-16	16	4,6
9.	20	-30	26	18	-25	14	4,6
10.	22	-28	28	16	-21	12	4,6
11.	25	-26	25	15	-14	24	4,8
12.	38	-25	22	14	-16	22	4,8
13.	30	-24	28	12	-18	20	4,8
14.	32	-22	27	24	-22	18	4,8
15.	35	-20	26	22	-24	16	5
16.	40	-30	30	20	-21	14	5
17.	45	-28	28	18	-20	12	5
18.	48	-26	25	16	-19	20	5
19.	50	-28	24	14	-16	18	5,2
20.	55	-28	26	12	-17	16	5,2
21.	60	-26	20	24	-18	14	5,2
22.	64	-26	22	22	-16	12	5,2
23.	68	-24	20	20	-17	24	5,4

24.	72	-24	22	18	-18	22	5,4
25.	75	-22	24	16	-16	20	5,4

26.	80	-22	24	24	-14	18	5,4
27.	85	-20	25	22	-15	16	6
28.	90	-20	25	20	-14	14	6
29.	95	-18	26	18	-12	12	6
30.	100	-18	26	16	-10	20	6

Цель расчета. Определить вместимость камеры и ее размеры, приведенный коэффициент теплоотдачи от замораживаемого мяса, скорость движения воздуха в зоне бедренной части полутуши, скорость выхода воздуха из щелевых сопел, число сопел, объемный расход воздуха через камеру, тепловую нагрузку на холодильное оборудование камеры, число воздухоохладителей, соответствие вентиляторов воздухоохладителей требуемому режиму эксплуатации камеры.

Методика расчета. Продолжительность цикла замораживания $\tau_{ц}$ будет складываться из продолжительности замораживания $\tau_{ц}$ продолжительности загрузки-выгрузки мяса τ_3 :

$$\tau_{ц} = \tau + \tau_3 \quad (1)$$

В зависимости от производительности камеры период загрузки-выгрузки мяса τ_3 выбирается из таблицы 2.

Таблица 2 – Продолжительность загрузки и выгрузки в зависимости от производительности камеры

G, т/сут	1-5	5-10	10-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-100
τ_3 , ч.	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4

Вместимость камеры M (т.), с учетом загрузки и выгрузки:

$$M = \frac{G \cdot \tau_{ц}}{24}, \quad (2)$$

где: G – производительность камеры, т/сут.

Строительная площадь камеры $F_{кам}$ (м²) составит:

$$F_{кам} = \frac{M}{g_f}, \quad (3)$$

где: g_f – норма загрузки камеры мясом в полутушах, размещенных на подвесных путях, т/м²; принимаем $g_f = 0,25$ т/м².

Длину подвесных путей можно определить из нормы нагрузки:

$$l_{п} = \frac{M}{g_l}, \quad (4)$$

где: g_l – норма загрузки подвесных путей мясом в полутушах, т/м; принимаем $g_l = 0,28$ т/м.

Принимаем размеры камеры ширину $B_{кам}$ и длину $L_{кам}$ с учетом стандартного ряда сетки колонн: 6x6; 6x12; 12x12; 12x18; 18x18; 18x24.

Размещаем подвесные пути с учетом отступа от колонн 0,5 м и минимальным расстоянием между подвесными путями $l_{min} = 0,9$ м.

Рабочая часть одной нитки подвесного пути будет составлять, м.:

$$l_{раб1} = L_{кам} - 2 \cdot l_{min} \quad (5)$$

С учетом отступа от колонн и минимальным расстоянием между подвесными путями принимаем необходимо количество ниток подвесных путей n (шт.) по ширине камеры и составляем конструктивную схему камеры замораживания согласно примеру (рис. 1).

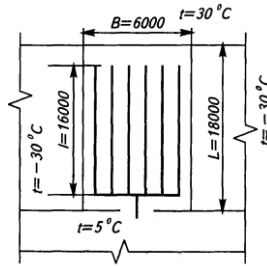


Рисунок 1 – Конструктивная схема камеры замораживания мяса

Действительная вместимость камеры $M_{д}$ составит (т):

$$M_{д} = l_{\text{раб}} \cdot n \cdot g_1 \quad (6)$$

Действительная строительная площадь камеры $F_{\text{кам.д}}$ (м²):

$$F_{\text{кам.д}} = L_{\text{кам}} \cdot B_{\text{кам}} \quad (7)$$

Действительная производительность камеры замораживания достигнет $G_{д}$ (т/сут):

$$G_{д} = \frac{M_{д} \cdot 24}{\tau_{ц}} \quad (8)$$

Чтобы создать необходимую скорость движения воздуха в зоне бедренной части полутуши $w_{б}$, определим приведенный коэффициент теплоотдачи от поверхности полутуши к воздуху:

$$\alpha_{np} = \frac{0,0962 \cdot \rho_m \cdot \delta_m \left[c_0 \left(\frac{t_{\text{пост}} - t_{\text{нм}}}{t_{\text{кр}} - t_{\text{нм}}} \right)^{1,5} + \frac{c_w}{c_3} \left(\frac{t_{\text{кр}} - t_{\text{нм}}}{t_{\text{кон.ц}} - t_{\text{нм}}} \right)^{1,09} \right]}{3600 \tau} \quad (9)$$

где: c_0, c_3 – удельная теплоемкость, соответственно, охлажденного и замороженного мяса, ($c_0 = 3300$ Дж/(кг·К), $c_3 = 2500$ Дж/(кг·К));

c_w – удельная теплоемкость, учитывающая долю вымораживаемой воды ($c_w = 11400$ Дж/(кг·К));

ρ_m – плотность мяса ($\rho_m = 1050$ кг/м³);

δ_m – толщина бедренной части полутуши (для полутуш крупного рогатого скота массой 80...90 кг $\delta_m = 0,20...0,25$ м);

$t_{\text{пост}}$ – начальная температура мяса, °С;

$t_{\text{нм}}$ – температуре воздуха в камере, °С;

$t_{\text{кр}}$ – криоскопическая температура (для мяса $t_{\text{кр}} = -1$ °С);

$t_{\text{кон.ц}}$ – конечная температура мяса в центре бедра, °С.

Принимая, что коэффициент теплоотдачи при испарении воды в процессе однофазного замораживания в камере с воздушной системой охлаждения составляет $\alpha_{и} = 1,1...2,0$ Вт/(м²·К), находим значение конвективного коэффициента теплоотдачи:

$$\alpha_{к} = \alpha_{np} - \alpha_{и} \quad (10)$$

Скорость движения воздуха в зоне бедренной части $w_{б}$ выразим из уравнение подобия для теплообмена полутуши:

$$w_{б} = 6,73 \cdot \alpha_{к}^{1,72} \cdot \delta_m^{0,72} \cdot \frac{V_{в}}{\lambda_{в}^{1,72}} \quad (11)$$

где: $\lambda_{в}$ – теплопроводность воздуха, Вт/(м·К), принимается в зависимости от температуры воздуха в камере $t_{нм}$ (см. приложение 1);

v_e – кинематический коэффициент вязкости воздуха, м²/с, также принимается в зависимости от t_{nm} (см. приложение 1).

Воздух в камеру поступает через щелевые сопла ложного потолка. Принимаем длину сопла $l_s = 0,6$ м, ширину $b_0 = 0,02$ мм. Расстояние между соплами принимаем $l_p = 0,2$ м.

Скорость воздуха на выходе из щелевого сопла w_0 , (м/с), определяем по формуле:

$$w_0 = w_0 \frac{\left(\frac{a_m \cdot l_0}{b_0} + 0,41 \right)^{0,5}}{0,82} \quad (12)$$

где: a_m – коэффициент турбулентной структуры струи (для плоского сопла $a_m = 0,12$);
 l_0 – расстояние от сопла до бедренной части полулуши ($l_0 = 1,1$ м.);
 b_0 – ширина сопла ($b_0 = 0,02$ м.).

Количество рядов сопел зависит от количества ниток подвесных путей n . Каждый ряд сопел располагаем на участке, соответствующем длине подвесного пути. Таким образом, в одном ряду размещаем

$$n_{s1} = l_{pa01} / (l_s + l_p) \quad (13)$$

где: l_s – длина одного сопла, м ($l_s = 0,05$ м.);
 l_p – расстояние между соплами, м. ($l_p = 0,03$ м.)

Общее число сопел n_s , (шт.):

$$n_s = n \cdot n_{s1} \quad (14)$$

Сечение одного сопла f_s , (м²):

$$f_s = l_s \cdot b_0 \quad (15)$$

Общее живое сечение всех сопел камеры $F_{ц1}$, (м²):

$$F_{ц1} = n_s \cdot f_s \quad (16)$$

Объемная подача воздуха V_0 , (м³/с):

$$V_0 = F_{ц1} \cdot w_0 \quad (17)$$

Общий теплоприток в камеру Q_o (Вт), складывается из теплопритоков через ограждающие конструкции Q_1 , от замораживаемого мяса Q_2 и эксплуатации оборудования Q_3 :

$$Q_o = Q_1 + Q_2 + Q_3. \quad (18)$$

Теплоприток Q_1 (Вт) через ограждающие конструкции камеры складывается из теплопритоков исходящих от наружной стены, от стены с коридором, от обогреваемого пола и от перекрытия:

$$Q_1 = k_1 \cdot V_{кам} \cdot H_{кам} (t_{oc} - t_{nm}) + k_2 \cdot V_{кам} \cdot H_{кам} (t_c - t_{nm}) + k_3 \cdot V_{кам} \cdot L_{кам} (t_{пол} - t_{nm}) + k_4 \cdot V_{кам} \cdot L_{кам} (At_c - t_{nm}) \quad (19)$$

где: k_1 – коэффициент теплопередачи ограждения от наружной стены, $k_1 = 0,20$ Вт/(м²·К);
 k_2 – коэффициент теплопередачи ограждения от внутренней с коридором стены, $k_2 = 0,22$ Вт/(м²·К);

k_3 – коэффициент теплопередачи ограждения от обогреваемого пола $k_3 = 0,23$ Вт/(м²·К);

k_4 – коэффициент теплопередачи от покрытия $k_4 = 0,17$ Вт/(м²·К);

$H_{кам}$ – высота камеры, м (выбирается из задания);

$V_{кам}$ – ширина камеры, м;

$L_{кам}$ – ширина камеры, м;

t_{oc} – температура воздуха окружающей среды, °С (выбирается из задания);

$t_{пол}$ – температура обогреваемого пола, $t_{пол} = 2$ °С;

At_c – избыточная разность температур от солнечной радиации, $At_c = 18$ °С;

Теплоприток от замораживаемого мяса (кВт):

$$Q_2 = K \cdot M_d \frac{i_{\text{пост}} - i_{\text{вып}}}{\tau} \quad (20)$$

где: K – коэффициент, учитывающий неравномерность теплопритока от продукта в процессе замораживания в камере периодического действия ($K = 1,4 \dots 1,7$);

$i_{\text{пост}}$ – удельная энтальпия поступающего мяса принимается в зависимости от $t_{\text{пос}}$ (см. приложение 2), кДж/кг;

$i_{\text{вып}}$ – энтальпия замороженного мяса, при конечной среднеобъемной температуре $t_k = -20$ °С (см. приложение 2), кДж/кг.

Эксплуатационные теплопритоки (кВт) от двигателей вентиляторов принимаем ориентировочно:

$$Q_3 = A \cdot F_{\text{кам.д}} \quad (21)$$

где: A – коэффициент, учитывающий мощность электродвигателей в камере холодильной обработки, $A = 0,1 \dots 0,2$ кВт/м².

Площадь теплообменной поверхности воздухоохладителей определяем по формуле (м²):

$$F_{\text{в.о}} = \frac{Q_0}{k_0 \cdot \theta_0} \quad (22)$$

где: k_0 – коэффициент теплопередачи воздухоохладителя (см. приложение 4), Вт/(м²·К);

θ_0 – температурный напор, принимаем в пределах 6... 10 К.

По приложению 3 выбираем воздухоохладитель и выписываем его технические характеристики.

Из учета поверхности теплообмена определим число воздухоохладителей установленных в камере $n_{\text{в.о}}$, (шт):

$$n_{\text{в.о}} = \frac{F_{\text{в.о}}}{f_{\text{в.о}}} \quad (23)$$

Суммарная объемная подача V_c , (м³/с) всех вентиляторов воздухоохладителей:

$$V_c = n_{\text{в.о}} \cdot V_{\text{вен}} \quad (24)$$

Действительная тепловая нагрузка Q_d , (кВт) на камерное оборудование составляет:

$$Q_d = Q_1 + Q_2 + n_{\text{вен}} \cdot N_{\text{вен}} \quad (25)$$

Площадь теплообменной поверхности установленных воздухоохладителей должна соответствовать расчетному значению Q_0 .

Потеря напора, развиваемого вентиляторами воздухоохладителей, складывается из статического напора перед соплами Δp_c , потерь напора в батарее воздухоохладителя $\Delta p_{\text{в.о}}$, потерь напора на входе воздуха в вентилятор и на выходе из вентилятора $\Delta p_{\text{вх}}$, потерь напора на четырех поворотах потока воздуха $\Delta p_{\text{пов}}$:

$$\Delta p = \Delta p_c + \Delta p_{\text{в.о}} + \Delta p_{\text{вх}} + \Delta p_{\text{пов}} \quad (26)$$

Статический напор Δp , (Па) перед щелевыми соплами:

$$\Delta p_c = \frac{\rho_e \cdot w_0^2}{2 \cdot \varphi_0^2} \quad (27)$$

При развиваемой вентиляторами скорости потока:

$$w_0 = V_c / F_{\text{цп}}$$

где φ_0 – коэффициент скорости истечения воздуха из сопла, $\varphi_0 = 0,6 - 0,8$.

Потери напора на входе воздуха в вентилятор и на выходе из него:

$$\Delta p_{\text{вх}} = 2 \cdot \zeta_{\text{вх}} \cdot \rho_e \frac{w_{\text{вх}}^2}{2} \quad (28)$$

где: $\zeta_{\text{вх}}$ – коэффициент местного сопротивления, который зависит от отношения сечений потока до и после сопротивления:

$$\frac{S_{\text{вен}}}{S_{\text{кан}}} = n_{\text{вен}} \cdot n_{\text{го}} \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вен}}^2}{4 \cdot L_{\text{кам}} \cdot h_{\text{го}}} \quad (29)$$

где: $S_{\text{вен}}$ – сечение вентиляторов, м²;

$S_{\text{кан}}$ – сечение канала, равное произведению длины камеры на высоту воздухоохладителей, м²;

$w_{\text{вх}}$ – скорость воздуха на входе в вентилятор и на выходе из него, м/с.

$$w_{\text{вх}} = \frac{4 \cdot V_c}{2 \cdot n_{\text{го}} \cdot \pi \cdot d_{\text{вен}}^2} \quad (30)$$

где: здесь V_c – суммарная объемная подача вентиляторов, м³/ч;

$d_{\text{вен}}$ – диаметр вентилятора, м.

Потери напора на четырех поворотах потока воздуха $\Delta p_{\text{пов}}$, (Па):

$$\Delta p_{\text{пов}} = 4 \cdot \zeta_n \cdot \rho_v \cdot \frac{w_n^2}{2} \quad (31)$$

где ζ_n – коэффициент местного сопротивления поворота потока (принимается по прил. 4);

w_n – скорость воздуха на поворотах (считаем, что высота канала на повороте равна высоте воздухоохладителя), м/с;

$$w_n = \frac{10 \cdot V_c}{2 \cdot n_{\text{го}} \cdot L_{\text{кам}} \cdot h_{\text{го}}} \quad (32)$$

Потери напора (Па) в батарее воздухоохладителя с пластинчатым оребрением:

$$\Delta p_{\text{го}} = 0,132 \cdot \frac{l_p}{d_3} (\rho_v \cdot w_{\text{жс}})^{1,7} \quad (33)$$

где: l_p – длина ребра в направлении движения воздуха (зависит от марки воздухоохладителя), м;

d_3 – эквивалентный диаметр суженного сечения между трубами и ребрами, м;

$$d_3 = \frac{2 \cdot U \cdot s_p}{U + s_p} \quad (34)$$

где: U – расстояние между ребрами с учетом инея;

$$U = t_p - 2 \cdot \delta_i - \delta_p \quad (35)$$

где: t_p – шаг оребрения, мм;

δ_i – толщина инея, мм; $\delta_i = 1$ мм;

δ_p – толщина ребра, мм; $\delta_p = 0,5$ мм;

s_p – шаг между трубами, мм; $s_p = 50 \dots 60$ мм;

$w_{\text{жс}}$ – скорость воздуха в живом сечении батареи воздухоохладителя, м/с;

$$w_{\text{жс}} = \frac{\phi \cdot V_c}{l_{\text{го}} \cdot h_{\text{го}}} \quad (36)$$

ϕ – коэффициент сжатия струи;

$$(37)$$

$$\phi = \frac{1}{\left(1 - \frac{d_n}{s_p} \cdot \left(1 + \frac{s_p}{U \cdot d_n}\right)\right)}$$

где: d_n – наружный диаметр трубы, м.

Действительная мощность электродвигателей вентиляторов составит:

$$N_{вен} = \frac{V_c \cdot \Delta p}{\eta_{вен}} \quad (38)$$

где: $\eta_{вен}$ – к.п.д. вентилятора, $\eta_{вен}=0,7-0,9$;

Кратность циркуляции воздуха в камере ($ч^{-1}$)

$$z = \frac{V_c}{L_{кам} \cdot B_{кам} \cdot H_{кам}} \quad (39)$$

V_c – суммарный объемный расход воздуха, $м^3/ч$.

Удельные затраты металла на камерные охлаждающие устройства g_M , $кг/м^2$:

$$g_M = \frac{n_{вен} \cdot m_{во}}{F_D} \quad (40)$$

Удельные затраты электроэнергии от работы вентиляторов воздухоохладителей при замораживании 1 т мяса, полагая оборачиваемость камеры стократной в течение года, $кВт \cdot ч/(т \cdot год)$:

$$a = 2 \cdot 24 \cdot 100 \cdot \frac{n_{вен} \cdot N_{вен}}{100 \cdot M_D} \quad (41)$$

Список рекомендуемой литературы:

1. Общие требования к оформлению курсовых и дипломных проектов (работ). Стандарт предприятия / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инж. ин-т; Сост. Г.А. Евдокимова и др. – Новосибирск, 2010. – 58 с.
2. А. В. Бараненко, В. Е. Куцакова, Е. И. Борзенко, С. В. Фролов. Примеры и задачи по холодильной технологии пищевых продуктов. Ч. 3. Теплофизические основы. — М.: КолосС, 2004. — 249 с: ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов вузов).

Приложение 1. Физические свойства сухого воздуха

Температура, °С	Плотность, $кг/м^3$	Удельная теплоемкость, $кДж/(кг \cdot К)$	Теплопроводность, $Вт/(м \cdot К)$	Температуро-проводность $\times 10^2$, $м^2/с$	Динамический коэффициент вязкости $\times 10^6$, $Па \cdot с$	Кинематический коэффициент вязкости $\times 10^6$, $м^2/с$	Число Прандтля
-50	1,584	1,013	2,04	12,7	14,6	9,23	0,728
-40	1,515	1,013	2,12	13,8	15,2	10,04	0,728
-30	1,453	1,013	2,20	14,9	15,7	10,80	0,723
-20	1,395	1,009	2,28	16,2	16,2	11,79	0,716
-10	1,342	1,009	2,36	17,4	16,7	12,43	0,712
0	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28	0,707
10	1,247	1,005	2,51	20,0	17,6	14,16	0,705
20	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06	0,703
30	1,165	1,005	2,67	22,9	18,6	16,00	0,701
40	1,128	1,005	2,76	24,3	19,1	16,96	0,699
50	1,093	1,005	2,83	25,7	19,6	17,95	0,698

Приложение 2. Удельная энтальпия пищевых продуктов, кДж/кг

Температура, С	Говядина, птица	Свинина	Рыба	Субпродукты	Колбаса вареная	Яйца	Виноград, абрикосы, вишня	Другие плоды
-25	-11	-10	-12	-12	221		-17	-14
-20	0	0	0	0	233		0	0
-18	5	5	5	5	238		9	7
-15	13	12	11	14	246		21	17
-12	22	21	24	24	256		38	25
-10	30	29	33	33	265		50	38
-8	39	35	42	43	275		76	56
-5	57	54	62	63	299		116	83
-3	75	73	86	88	345	227	202	139
-2	99	92	106	110	454	230	217	206
-1	185	170	200	204	467	234	233	268
0	232	212	249	261	471	237	236	272
1	235	215	253	264	475	240	240	274
2	238	218	256	268	479	243	243	278
4	245	224	263	274	486	250	250	287
8	248	236	277	289	497	262	268	302
10	264	242	284	296	504	269	272	309
12	271	248	290	302	511	274	279	313
15	280	257	301	313	522	284	290	328
20	297	273	318	331	543	300	307	346
25	312	288	335	348	561	316	326	366
30	329	302		366	581	332	343	385
35	345	318		384	599	348	361	403
40	361	332		401	616	363		

Приложение 3. Фреоновые воздухоохладители

Марка	Шаг между ребрами, t_p , мм	Площадь поверхности теплообмена, $f_{во}$, M^2	Объемная подача $V_{во}$, $M^3/ч$	Мощность вентилятора, $N_{вент}$, кВт	Диаметр вентилятора $d_{вент}$, м	Габаритные размеры, мм $l_{во} \times b_{во} \times h_{во}$	Масса, кг
041A/14	4	28,8	2800	0,18	0,4	996 x 665 x 565	47
041 B/14	4	36,0	2650	0,18	0,4	996 x 665 x 565	51
046A/14	4	46,1	4340	0,37	0,5	1196 x 685 x 665	63
046B/14	4	57,7	4220	0,37	0,5	1196 x 685 x 665	70
051B/14	4	72,1	5590	0,37	0,5	1396 x 690 x 665	82
066A/14	4	102,5	9390	0,55	0,55	1831 x 785 x 965	151
066B/14	4	128,1	9020	0,55	0,55	1831 x 785 x 965	165
071A/14	4	134,5	13200	0,75	0,63	2046 x 865 x 1065	186
071B/14	4	168,2	12650	0,75	0,63	2046 x 865 x 1065	204
081A/14	4	182,8	18440	1,1	0,8	2231 x 955 x 1265	251
041B/17	7	21,2	2990	0,18	0,4	996 x 665 x 565	45
041 C/17	7	25,5	2910	0,18	0,4	996 x 665 x 565	49
046B/17	7	34,0	4500	0,37	0,5	1196 x 685 x 665	61
046C/17	7	40,7	4430	0,37	0,5	1196 x 685 x 665	66
051C/17	7	50,9	5860	0,37	0,5	1396 x 690 x 665	77
066A/17	7	60,3	10110	0,75	0,63	1831 x 785 x 965	136
066B/17	7	75,4	9870	0,55	0,55	1831 x 785 x 965	148
066C/17	7	90,5	9660	0,55	0,55	1831 x 785 x 965	158
071B/17	7	99,0	13880	0,75	0,63	2046 x 865 x 1065	181

071C/17	7	118,8	13570	0,75	0,63	2046 x 865 x 1065	194
081B/17	7	134,5	19220	1,1	0,8	2231 x 955 x 1265	242
081C/17	7	161,4	18860	1,1	0,8	2231 x 1055 x 1265	272
051C/110	10	36,7	5950	0,37	0,5	1396 x 690 x 665	76
051D/110	10	48,9	5760	0,37	0,5	1396 x 790 x 665	92
066C/110	10	65,2	9870	0,55	0,55	1831 x 785 x 965	158
066D/110	10	86,9	9430	0,55	0,55	1831 x 985 x 965	193
071C/110	10	85,6	13880	0,75	0,63	2046 x 865 x 1065	194
071D/110	10	114,1	13230	0,75	0,63	2046 x 1065 x 1065	240
081C/110	10	116,2	19220	1,1	0,8	2231 x 1055 x 1265	271
081D/110	10	155,0	18450	1,1	0,8	2231 x 1055 x 1265	308
051C/112	12	31,1	6030	0,37	0,5	1396 x 690 x 665	73
051D/112	12	41,5	5870	0,37	0,5	1396 x 790 x 665	87
066C/112	12	55,4	10090	0,55	0,55	1831 x 785 x 965	151
066D/112	12	73,8	9690	0,55	0,55	1831 x 985 x 965	186
071D/112	12	96,9	13610	0,75	0,63	2046 x 1065 x 1065	231
081C/112	12	98,7	19580	1,1	0,8	2231 x 1055 x 1265	262
081D/112	12	131,6	18900	1,1	0,8	2231 x 1055 x 1265	296

Приложение 4. Коэффициенты местных сопротивлений

Местное сопротивление	A	Местное сопротивление	A
Проходной вентиль: открытый наполовину открытый	390	Отвод 45°: $R/d_{\text{вн}} = 0,5$ $R/d_{\text{вн}} = 1,0$ $R/d_{\text{вн}} = 2,5$	26
	4700		12
	195		6
Угловой вентиль	195	Отвод 180° (калач): $R/d_{\text{вн}} = 0,5$ $R/d_{\text{вн}} = 1,0$ $R/d_{\text{вн}} = 2,5$	12,5
	15		
Задвижка: открытая наполовину открытая	180	Выход из сосуда: в трубу с выступающей кромкой в трубу заподлицо со стенкой в трубу с закруглением	54
	165		25
Обратный клапан	165		
Проходной кран	20		
Трехходовой кран: на проходе на повороте	50		52
	160		33
			16
Тройник: на проходе на разветвлении на проходе с уменьшением сечения наполовину	20	Внезапное расширение: $d_1 : d_2 = 1 : 4$ $d_1 : d_2 = 1 : 2$ $d_1 : d_2 = 3 : 4$	32
	65		16
	35		10
Отвод 90° (угольник): $R/d_{\text{вн}} = 0,5$ $R/d_{\text{вн}} = 1,0$ $R/d_{\text{вн}} = 2,5$	40	Внезапное сужение: $d_2 : d_1 = 1 : 4$ $d_2 : d_1 = 1 : 2$ $d_2 : d_1 = 3 : 4$	15
	18		12
	9		7

Литература

1. Боуманс Г. Эффективная обработка и хранение зерна. /Пер.с англ. В.И. Дашевского – М.: Агропромиздат, 1991.
2. Кинякин М.Ф. Оборудование предприятий по хранению и переработке плодов и овощей.– М.: Изд-во МСХА, 2000.
3. Лашутина Н.Г., Суедов В.П., Полушкин В.И. Холодильно-компрессорные машины и установки. – М.: Колос, 1994.
4. Пунков С.В., Стародубцев А.И. Хранение зерна, элеваторно-складское хозяйство и зерносушение. – М.: Агропромиздат, 1990.
5. Скрипников Ю.Г., Гореньков Э.С. Оборудование предприятий по хранению и переработке плодов и овощей. – М.: Колос, 1994.
6. Большаков С. А. и др. Холодильная техника и технология: Учебник.– М.: ИНФРА-М, 2000.
7. Курочкин А.А., Ляшенко В.В. Технологическое оборудование для переработки животноводства. – М.: Колос,2001.
8. Платонов П.Н., Пунков С. П., Элеваторы и склады.– М.: Агропромиздат, 1987.
9. Скрипников Ю.Г. Прогрессивная технология хранения и переработки плодов и овощей. – М.: Агропромиздат, 1989.

Диденко Александр Александрович
Туров Александр Кондратьевич

Задания и методические указания по выполнению контрольной работы
для направления подготовки 35.03.07 Технология производства и
переработки сельскохозяйственной продукции

Компьютерная верстка А.А. Диденко

Подписано к печати ...

Объем Формат 60x841/16 Изд. №

Тираж экз. Заказ

Отпечатано в мини – типографии Инженерного института НГАУ

630039, Новосибирск, ул. Никитина, 147.