

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технологии пищевых производств

Е.В. Волошин

# ЭЛЕВАТОРЫ И СКЛАДЫ. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ДВИЖЕНИЯ ЗЕРНА НА ЭЛЕВАТОРЕ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья

Оренбург  
2020

УДК 664.72 (075.8)  
ББК 36.821 я 73  
В68

Рецензент – кандидат технических наук, доцент С.В. Антимонов

**Волошин, Е.В.**  
В68 Элеваторы и склады. Составление технологической схемы движения зерна на элеваторе: методические указания / Е.В. Волошин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2020. – 35 с.

Методические указания предназначены для самостоятельной работы студентов дисциплине «Элеваторы и склады» очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья по общему профилю подготовки.

УДК 664.72 (075.8)  
ББК 36.821 я 73

## Содержание

1	Производственные схемы хлебоприемных предприятий .....	4
1.1	Принципиальная схема предприятия .....	4
1.2	Рабочая схема предприятия.....	6
2	Схемы и конструкции элеваторов .....	10
2.1	Общая характеристика элеваторов.....	10
2.2	Компоновка и взаимная увязка основных сооружений элеватора.....	11
2.3	Рабочее здание элеватора .....	14
2.4	Силосный корпус элеватора.....	26
3	Разработка технологической схемы элеватора (схемы движения зерна и отходов).....	32
	Список использованных источников .....	35

# **1 Производственные схемы хлебоприемных предприятий**

Производственной схемой предприятия называется порядок размещения технологического оборудования. Технологическое оборудование хлебоприемных предприятий размещается так, чтобы обеспечить непрерывное выполнение операций с зерном и их целесообразную очередность, свести к минимуму транспортные операции и погрузо-разгрузочные работы с зерном, исключить возможность смешивания разнородных партий зерна.

В зависимости от степени детализации, представленная графически производственная схема предприятия может быть принципиальной или рабочей.

## **1.1 Принципиальная схема предприятия**

Для выполнения основных операций с зерном все зернохранилища оснащены специальными устройствами. В складах эти операции выполняются в отдельных звеньях. В элеваторах, наоборот, сосредоточены в одном-двух звеньях, при этом максимально используется сыпучесть зерна, так называемый гравитационный транспорт.

Элеватор компактнее складов со стационарной механизацией благодаря большей высоте сооружения. В данном случае вместимость зернохранилища на  $1 \text{ м}^2$  площади возрастает (но вместимость, естественно, удорожается). В типовых зерновых складах на 1 т вместимости приходится  $2,5-3,0 \text{ м}^3$  помещения, а в элеваторах -  $1,5-1,7 \text{ м}^3$ . Давление зерна на стенки в элеваторах увеличивается. Это предъявляет определенное требование к прочностному расчету силосных конструкций.

Важная отличительная особенность элеватора от других промышленных сооружений - тесная взаимопроникающая связь между его строительными конструкциями и транспортным и технологическим оборудованием. Комплект транспортного оборудования прямо зависит от величины, числа и конструкции

вместимостей, их строительного материала и схемы расположения на площадке. Поэтому над проектом элеватора работает коллектив инженеров разных специальностей - строителей, механиков, технологов, электриков, экономистов. Только это условие позволяет создать элеватор, полностью отвечающий своему назначению.

Опыт постепенного развития элеваторов разного назначения показывает, что под этим термином в широком смысле следует понимать комплекс зданий и сооружений, каждое из которых выполняет определенные функции. Для каждого типа элеватора устройство, этих зданий и сооружений, а также их оборудование могут изменяться в зависимости от назначения и условий работы элеватора.

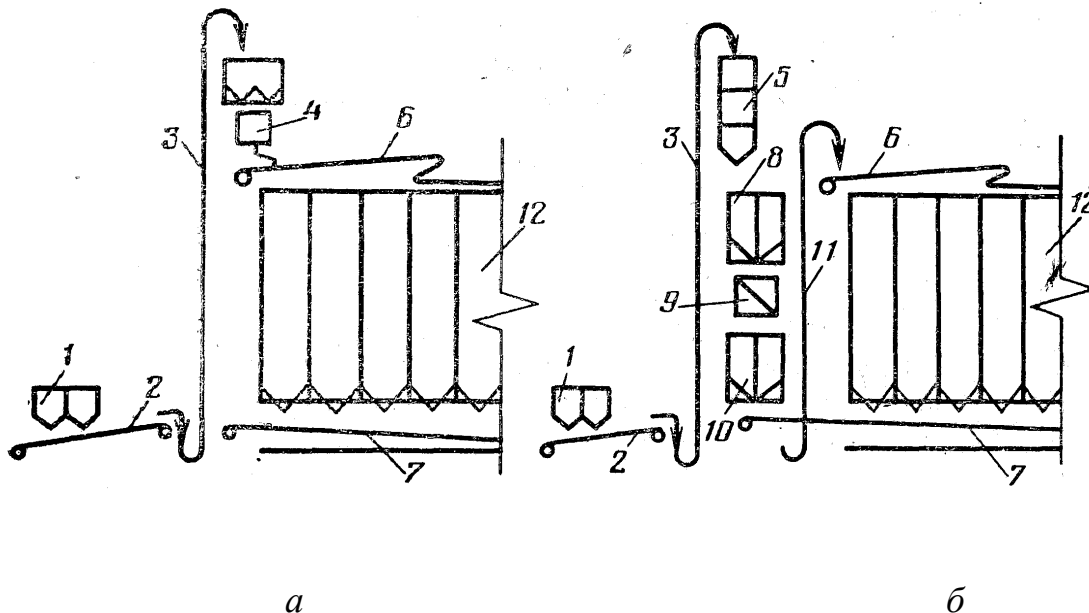
Современный элеватор создан на основе почти столетнего опыта проектирования, строительства и эксплуатации. В настоящее время в практике развития элеваторной сети созданы совершенные зернохранилища в зависимости от их назначения, характера: работы, оборудования и строительной конструкции.

В целом элеватор как полностью механизированное зернохранилище, предназначенное для выполнения всех погрузочно-разгрузочных работ, полной технологической обработки и хранения зерна, можно рассматривать как комплексное объединение следующих основных устройств и сооружений:

- рабочее здание с технологическим и транспортным оборудованием;
- силосный корпус с транспортным и другим оборудованием;
- устройства для приемки зерна из автомобилей, вагонов и судов;
- устройства для отпуска зерна на различные виды транспорта и зерноперерабатывающие предприятия;
- цех отходов;
- системы аспирации и удаления отходов.

Элеватор будет работать как единый производственный комплекс только в том случае, если все указанные устройства и сооружения будут гармонично связаны и дополнять друг друга при выполнении технологических и транс-

портных операций. Для каждой операции характерна определенная последовательность перемещения зерна через силосы, бункера и оборудование, которая во многом зависит от принципиальной схемы элеватора (рисунок 1.1).



*а* - одноступенчатый подъем зерна; *б* - многоступенчатый подъем зерна;  
 1 - приемный бункер; 2 - приемный конвейер; 3 - нории (основная); 4 - ковшовые весы; 5 - автоматические весы; 6, 7 - над-и подсилосный конвейеры;  
 8 - надсепараторный бункер; 9 - сепаратор; 10 - подсепараторный бункер;  
 11 - дополнительная нория; 12 - силосы.

Рисунок 1.1 - Принципиальная схема элеватора

## 1.2 Рабочая схема предприятия

Рабочую схему элеватора строят на основе принципиальной. Она обеспечивает связь всех силосов, бункеров, оборудования и устройств. Так как операции, связанные с перемещением зерна на элеваторе, всегда проходят с использованием норий, то число одновременных перемещений не может превы-

шать число норий. Для каждой операции характерна определенная последовательность перемещения зерна через вместимости и оборудование, что изображается на рабочей схеме, а сам путь зерна называется маршрутом перемещения.

Технологическую схему работы элеватора строят по принципу последовательной обработки зерна в потоке от момента его приемки и до загрузки в силосы на хранение. Если производительность технологических машин ниже производительности транспортного оборудования, то устанавливают оперативные бункеры для зерна до и после его обработки. Благодаря этому обеспечивается непрерывность потока обработки зерна, а также при всех остальных операциях. Оперативные бункера обязательны также и в случае изменения по времени коэффициента использования устройств (например, при приемке зерна с водного транспорта).

Технологическая схема (схема движения зерна) должна включать на всех этапах, кроме самой операции, количественный и качественный учет. Для этого включают в схему весы и устраивают точки отбора проб зерна. Схему движения зерна изображают так, чтобы работники могли быстро и безошибочно составлять по ней необходимые маршруты перемещения зерна. Движение зерна всегда обозначают жирными линиями, движение отходов, пыли и воздуха в воздуховодах - пунктирными или тонкими линиями. Точка на схеме означает начало движения зерна, а стрелка - его конец.

Одноименные машины на элеваторе нумеруют или присваивают им какие-либо другие обозначения. Обычно порядковую нумерацию используют для обозначения приемных бункеров, конвейеров, норий, весов, сепараторов, зерносушилок, над- и подсепараторных (подсушильных) бункеров. Если же одноименного оборудования очень много и оно близко расположено друг к другу, целесообразнее применять кодовую нумерацию (рисунок 1.2). В ней число сотен означает ряд силосов, а две последние цифры - порядковый номер силоса в этом ряду. Кроме того, все четные сотни в номере относятся к правому, а нечетные - к левому силосным корпусам. Можно использовать и другие обозна-

чения. В частности, после сотен записывают цифры, которые указывают рядность силосного корпуса и номер силоса (например, 211 - четный силосный корпус, первый силос).

Степень гибкости схемы движения зерна должна позволять выполнять одновременно все виды операций, предусмотренные заданием по перемещению зерна между любыми возможными точками схемы, но без излишнего усложнения. Для удобства пользования схему движения зерна обычно вычерчивают вместе с таблицами ходов и вместимостей силосов и бункеров.

Таблица ходов (условно сокращенная схема движения зерна) - является вспомогательной и позволяет быстро и правильно определить норию, при помощи которой может быть выполнена заданная операция. Таблица ходов состоит из двух частей: в левой указаны силосы и оборудование, с которых нории принимают зерно, а в правой - в которые нории подают зерно. Возможность выполнения норией той или иной операции показывают условным обозначением (X или •) в клетке пересечения наименования операции и номера соответствующей нории.

Число заполненных клеток принятыми условными обозначениями характеризует наличие возможных маршрутов движения зерна и гибкость принятой схемы. В таблице силосов и бункеров приведены данные о вместимости отдельных хранилищ, позволяющих учитывать возможность размещения различных по качеству и массе партий зерна.



Таблица кодов

Нории подают		Нории принимают											
Нория	Конвейеры N	Оператор			Триер			Уплотнитель			Сепаратор		
	8 9 10 11	1 2 3	4 5 6	7	1 2 3	4 5 6	7	1 2 3	4 5 6	7	1 2 3	4 5 6	7
№1	X X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
№2	X X X X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
№3	X X X X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Таблица силосов

Номер силоса	Основной корпус		Рабочая башня	
	Основные силосы	Силосы-звездочки	Оперативный бункер	
	N111-116	N121-125		
	N131-136	N141-145		
	N151-156	N221-225	N1-9	N11-16
	N211-216	N241-245		
	N231-236			
	N251-256			
Всего силосов	36	20	20	20
Вместимость одного силоса	600	150		
Общая вместимость	21600	3000		

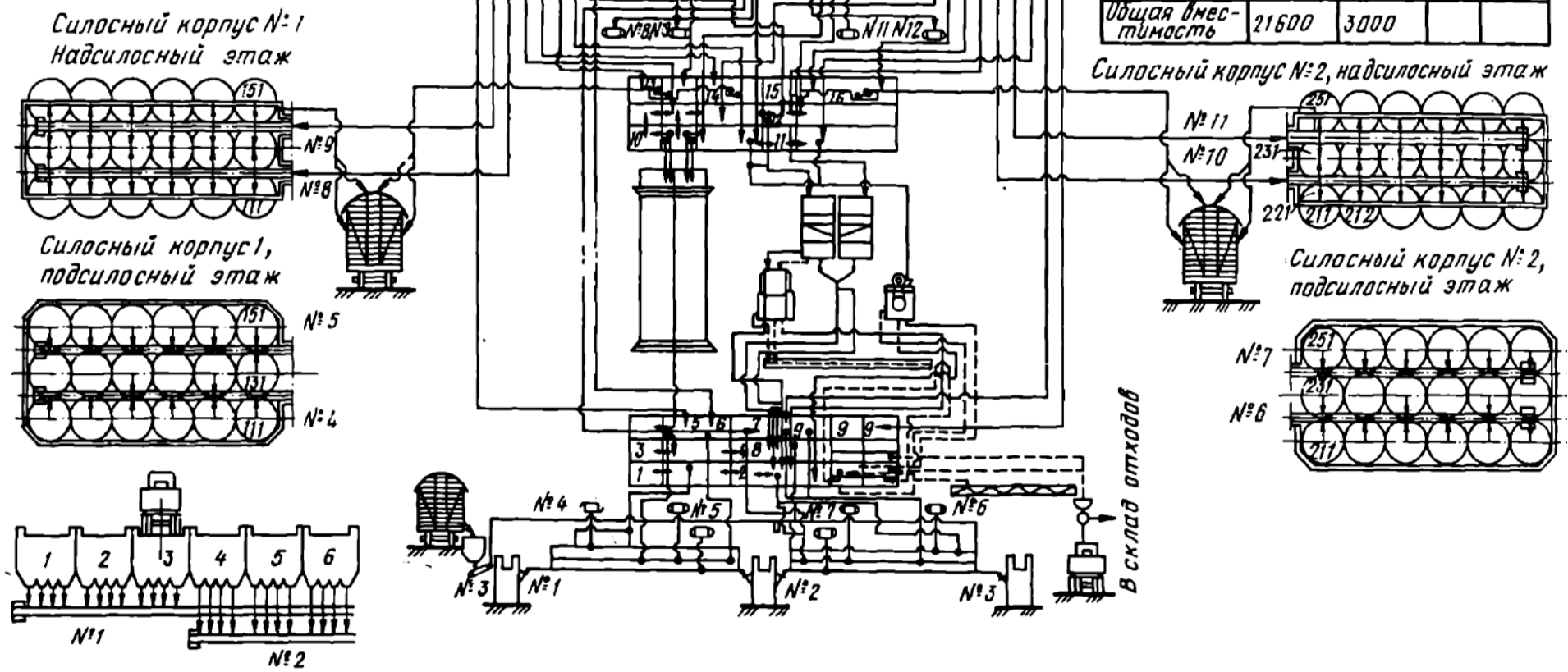


Рисунок 1.2 - Рабочая схема элеватора

## **2 Схемы и конструкции элеваторов**

### **2.1 Общая характеристика элеваторов**

Наиболее совершенный тип зернохранилища, элеватор обеспечивает полную механизацию и автоматизацию производственного процесса, создает наилучшие условия для повышения качества и сохранности зерна.

Элеваторы характеризуются следующими особенностями: хранилищами зерна служат силосы; для подъема зерна в силосы служат стационарные устройства; элеватор представляет собой самостоятельную производственную единицу.

В зависимости от способа подачи зерна из силосов к нориям и обратно, элеваторы подразделяют на самотечные (старого типа) и транспортерные: здания элеваторов могут быть одно - и двухкрылыми, одно - двухбашенными и безбашенными.

Стоимость элеваторов выше стоимости зерновых складов соответствующей емкости, но эксплуатация их дешевле, и, что особенно важно, меньше потребность в рабочей силе.

Современный зерновой элеватор является главной составной частью (производственным центром) хлебоприемного предприятия, к которому при помощи стационарных транспортеров привязывают зерновые склады. Элеватор осуществляет все технологические операции по обработке зерна и основной объем его приема и отпуска.

Элеватор включает:

- 1) зернохранилище - силосный корпус для хранения зерна: рабочую башню (рабочее здание) с нориями, оперативными емкостями, весами, распределительными устройствами и зерноочистительными машинами;
- 2) зерносушильный цех;
- 3) сооружения для приема и отпуска зерна на различные виды транспор-

та (автомобильный, железнодорожный, водный), помещения для сортировки и хранения отходов.

Кроме этого, элеватор оборудован устройствами для наблюдения за хранением зерна, вентиляционными и энергетическими установками.

## **2.2 Компоновка и взаимная увязка основных сооружений элеватора**

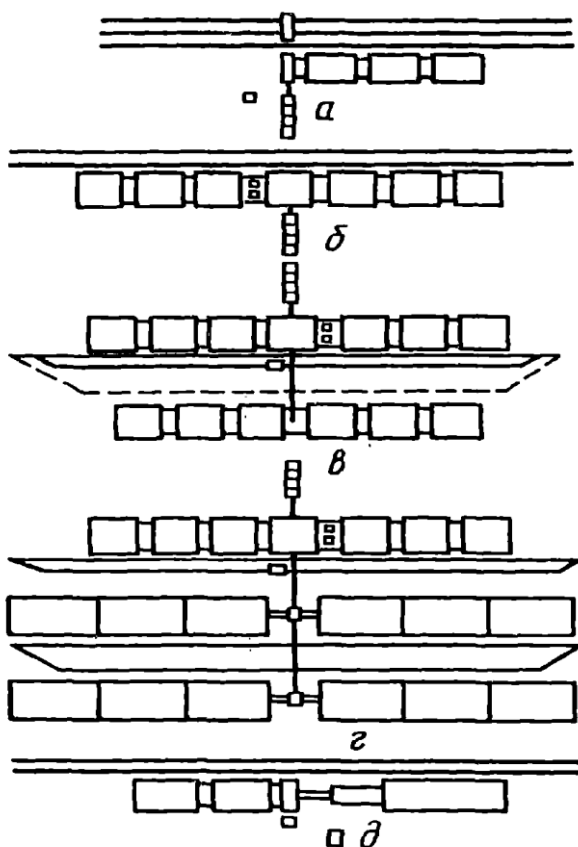
Компоновка элеваторного комплекса определяется многими факторами. Среди них можно отметить тип элеватора, его вместимость, характерные операции и их объемы. На основе многолетнего опыта проектирования, строительства и эксплуатации элеваторов разработаны типовые схемы их компоновки. Рабочее здание с силосными корпусами увязывают так, чтобы были обеспечены гибкая технологическая схема, минимальная протяженность надсилосных и подсилосных конвейеров, а также выполнялись операции в заданном объеме. Гибкость технологической схемы достигается подачей зерна с каждого подсилосного конвейера минимум в две норы и на каждый надсилосный конвейер - минимум из двух распределительных устройств.

Наиболее проста схема однокрылового элеватора (рисунок 2.1*а*). При таком расположении рабочего здания и силосных корпусов требуется наименьшее количество конвейеров. Недостаток ее в том, что при расширении силосного корпуса необходимо устанавливать очень длинные конвейеры (150 м и более), соответственно увеличивается время передвижения разгрузочных тележек.

Двукрылая схема элеватора (рисунок 2.1*б*) исключает указанные недостатки и позволяет связать с рабочим зданием значительно больше силосов. Кроме того, в двукрылой схеме лучше используется весь комплекс транспортного и технологического оборудования. К недостаткам двукрылой схемы относятся сложность схемы движения зерна, а также ухудшение естественной освещенности производственных помещений.

При необходимости иметь большую силосную вместимость может быть

применена схема, показанная на рисунке 2.1в, где взаимная компоновка сооружений обеспечивает высокий коэффициент застройки территории. Подобный принцип размещения сооружений по нескольким параллельным линиям используют при взаимной увязке элеватора и складов для зерна (рисунок 2.1г).



*а* - однокрылого элеватора; *б* - двухкрылого элеватора; *в* - элеватора по двухлинейной схеме; *г* - элеватора с двумя линиями складов для зерна; *д* - мукомольный элеватор.

Рисунок 2.1 – Схема компоновки сооружений элеватора

У мукомольного элеватора с одной стороны рабочего здания расположены силосные корпуса, а с другой - мукомольный завод со складом готовой продукции (рисунок 2.1д). В этом случае создается удобная прямая транспортная связь элеватора с мукомольным заводом и приемными устройствами.

Портовые и базисно-перевалочные элеваторы komponуют по однокры-лой схеме, что обеспечивает необходимую связь рабочего здания с силосными корпусами и приемно-отпускными устройствами. Приемно-отпускные устрой-ства увязывают с рабочим зданием так, чтобы надземные и подземные галереи имели минимальную протяженность и были обеспечены удобные подъезды и подходы. Для автомобильного и железнодорожного транспорта приемные и от-пускные устройства располагают с разных сторон элеватора, а для водного транспорта - в зависимости от размещения элеватора относительно водного причала. Приемные устройства с автомобильного и железнодорожного транс-порта соединяют с рабочим зданием конвейерами, установленными в подзем-ных галереях. В последнее время на современных элеваторах приемные устрой-ства с автомобильного и железнодорожного транспорта соединяют с рабочим зданием надземными галереями. Железнодорожные пути на предприятиях, свя-занных с водным транспортом, проходят, как правило, между элеватором и причалом. При этом транспортерные галереи обычно располагают выше габарита приближения строений к железнодорожным путям.

Увязка приемно-отпускных устройств может иметь различные исполне-ния, и в каждом конкретном случае ее решают с учетом местных условий так, чтобы приемно-отпускные устройства обеспечивали выполнение необходимых операций в полном объеме, в установленные сроки, без простоев и требовали минимальных капиталовложений и эксплуатационных затрат.

## 2.3 Рабочее здание элеватора

### 2.3.1 Назначение и конструкции рабочего здания

Рабочее здание элеватора служит производственным центром, с которым связаны все остальные его цехи и устройства. Это наиболее сложный и трудоемкий при строительстве объект. Особенность рабочего здания в том, что в нем производственные помещения чередуются с бункерами и силосами. В нем сосредоточено почти все транспортное и технологическое оборудование (нории, весы, зерноочистительные машины, зерносушилки и др.).

Все помещения рабочего здания не отапливают, кроме диспетчерской и пульта управления. Пол первого этажа заглубляют по отношению к планировочным отметкам поверхности земли на 800-2500 мм, что вызвано необходимостью увязки приемных устройств с автомобильного и железнодорожного транспорта, а также размещения башмаков приемных норий. Рабочее здание проектируют на сплошных фундаментных плитах со средним давлением в основании сооружений около  $3 \cdot 10^5$  Па. По стоимости рабочее здание в общем комплексе элеватора составляет 30 %.

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 на автомобильный, железнодорожный, водный транспорт или на предприятие.

Зерно в рабочем здании элеватора перемещается по одноступенчатой и многоступенчатой схемам. Одноступенчатая схема характеризуется тем, что в

рабочем здании весы расположены выше надсилосного конвейера. В связи с этим зерно, поднятое норией после взвешивания может быть направлено без вторичного подъема в силосный корпус, на очистку, сушку и т.д. Подобная схема отличается простотой, но связана с увеличением высоты рабочего здания (60 м и более).

Многоступенчатая схема позволяет снизить высоту рабочего здания. В этом случае в рабочем здании весы размещают ниже надсилосного конвейера и зерно для загрузки в силосы или направления в сепараторы, сушилки после взвешивания приходится вторично поднимать норией. Такую схему используют в основном в сборных рабочих зданиях пониженной высоты, что обуславливается возможностью их монтажа башенными кранами. Как недостаток многоступенчатой схемы следует отметить, что она вызывает увеличение общего числа норий, размеров рабочего здания и усложняет общую коммуникацию. Это все влечет за собой повышенный расход электроэнергии и значительные капиталовложения и эксплуатационные расходы. В нашей стране почти все монолитные железобетонные элеваторы построены по одноступенчатой схеме. В настоящее время в связи с сооружением рабочих зданий из сборного железобетона все чаще стали применять двухступенчатую.

Объемно-планировочные решения рабочих зданий определяются технологическим процессом обработки зерна на элеваторе (приемка, очистка, сушка, взвешивание, хранение и отгрузка). Существуют два объемно-планировочных решения:

- 1) рабочее здание, отдельно стоящее, которое строят быстрее и с меньшими затратами труда, что объясняется меньшим строительным объемом, а следовательно, меньшим расходом бетона;

- 2) рабочее здание, сблокированное с силосами, что делает его более устойчивым против воздействия горизонтальных сейсмических сил снижает напряжения в основании фундаментной плиты; строительство такого здания требует значительного расхода бетона и осуществляют его в более продолжи-

тельный срок.

Современные рабочие здания элеваторов бывают железобетонные монолитные (выполненные в скользящей опалубке), железобетонные сборные и металлические. В настоящее время рабочее здание строят монолитным и сборным, причем удельный вес последних более 80 %.

В монолитных рабочих зданиях (рисунок 2.2) при помощи скользящей опалубки возводят стены, колонны, балки. Перекрытия из-за большого количества технологических отверстий обычно выполняют из монолитного железобетона при помощи инвентарной опалубки, подвешенной к ранее возведенным балкам и стенам. Такая опалубка комплектно поступает на стройки с заводов, что позволяет многократно использовать ее.

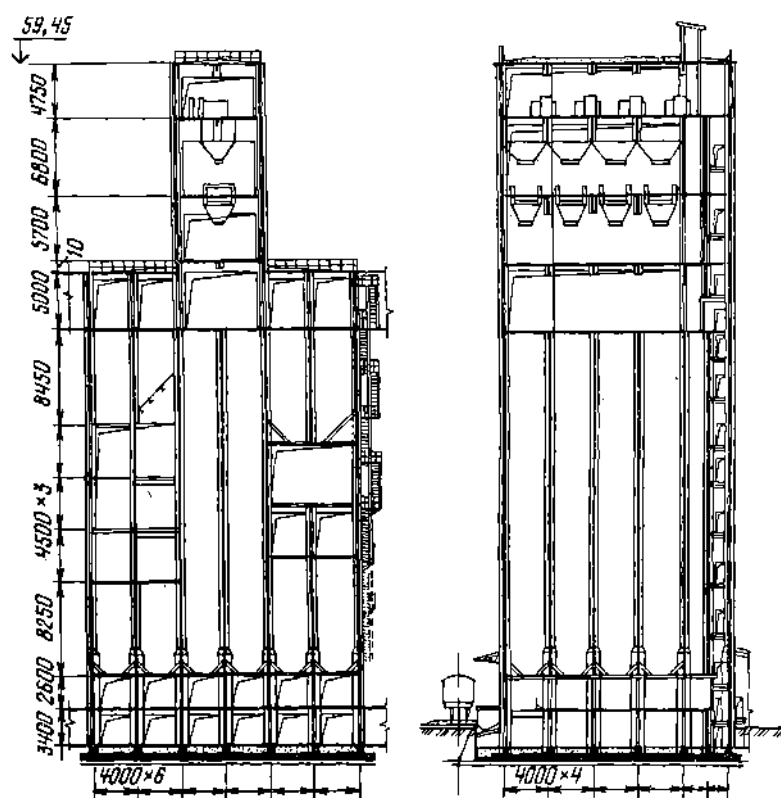


Рисунок 2.2 - Монолитное рабочее здание сблокированного типа

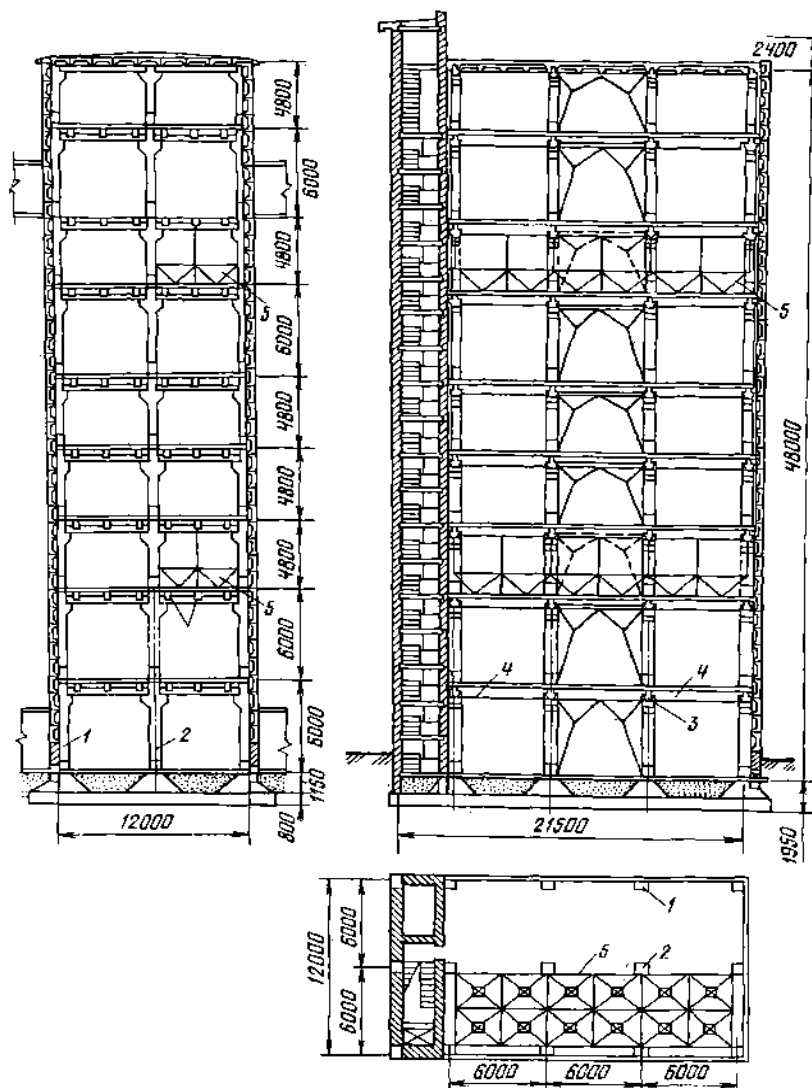


Скользкая опалубка, представляя собой прогрессивный по сравнению со строительством в постоянной опалубке способ производства работ, позволяет возводить элеваторы в весьма короткие сроки, резко сократить сроки строительства, трудоемкость работ и расход материалов.

Одно из основных преимуществ скользкой опалубки - высокий темп бетонирования: скорость ее подъема до 3 м/сут, что определяется прежде всего непрерывностью движения, необходимой для обеспечения хорошего качества бетона. При строительстве требуется наличие большого количества высококвалифицированных рабочих, строительство зданий и сооружений производится в короткие сроки при положительной температуре воздуха.

Сборные рабочие здания, как и монолитные, подразделяют на отдельно стоящие и сблокированные с силосными корпусами. Выбор той или иной конструктивной схемы рабочего здания зависит от типа элеватора, условий изготовления сборных конструкций и других технико-экономических показателей. Каркас отдельно стоящего рабочего здания (рисунок 2.3) выполняют в виде рамной системы в поперечном направлении и связевой в продольном. Такое решение создает благоприятные условия изготовления и монтажа элементов каркаса. Наружные стены монтируют при помощи навесных железобетонных панелей. Общая пространственная жесткость здания обеспечивается жесткими узлами каркаса, системой вертикальных связей и перекрытиями.

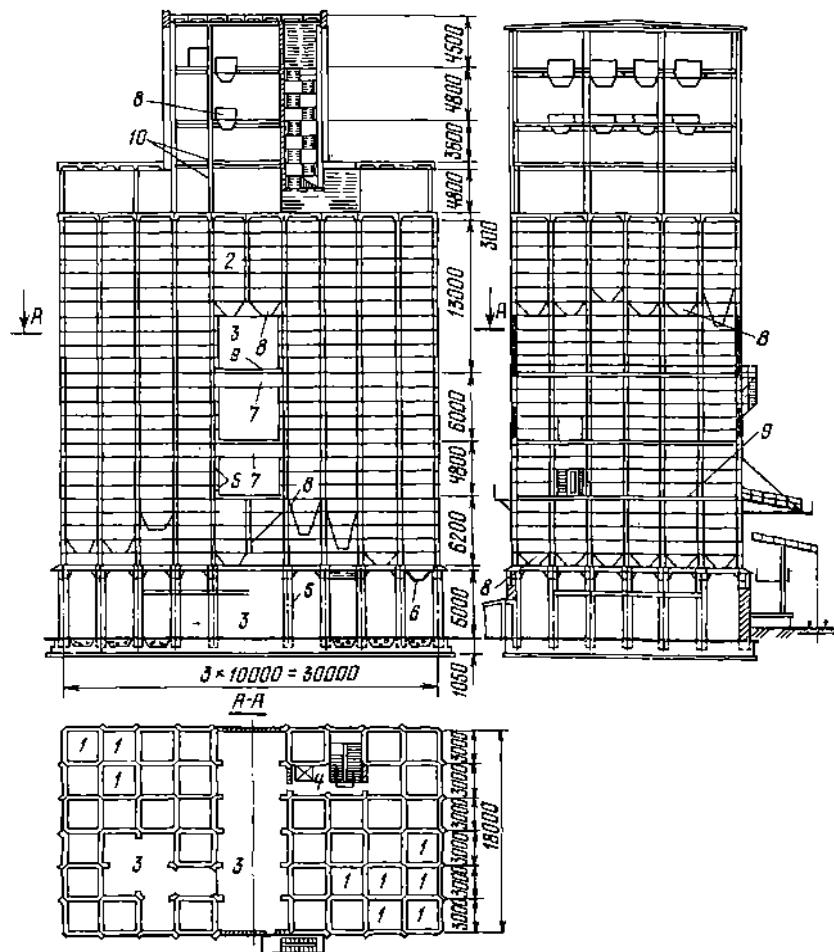
Сблокированное рабочее здание проектируют бескаркасным. Конструктивное решение здания основывается на сочетании силосов, бункеров и перекрытий производственных помещений, что позволяет простыми средствами обеспечить пространственную жесткость здания (рисунок 2.4). Из-за блокировки размеры здания в плане значительно увеличиваются, что повышает устойчивость и уменьшает чувствительность здания к неравномерным осадкам.



1, 2 - колонны; 3 - ригели; 4 - балки; 5 - стальные бункера.

Рисунок 2.3 - Сборное рабочее здание каркасного типа

Каркасную схему, как правило, применяют в элеваторах большой вместимости (100-150 тыс. т), где требуется установка крупногабаритного оборудования в рабочем здании, а силосы требуются большой вместимости. Для элеваторов малой и средней вместимости (до 50 тыс. т) предпочтительна схема заблокированного рабочего здания. Рабочее здание и силосные корпуса в этом случае возводят, как правило, с применением одних и тех же элементов.



1 - силосы; 2 - бункера; 3 - производственные помещения; 4 - лифт;  
 5 - подсилосные колонны; 6 - железобетонные сборные воронки; 7 - ригели;  
 8 - стальные воронки; 9 - сборно-моноклитные перекрытия; 10 - стальной кар-  
 кас надстройки.

Рисунок 2.4 - Сборное рабочее здание блокированного типа

Сборные сооружения дороже моноклитных, что вызвано высокой стои-  
 мостью сборного железобетона, но это удорожание перекрывается экономиче-  
 ской эффективностью, достигаемой в результате ускорения строительства,  
 снижения его трудоемкости, затрат на временные сооружения.

### 2.3.2 Размещение оборудования в рабочем здании

**Нория.** Основная транспортная машина, которая определяет тип и мощность рабочего здания элеватора. На современных элеваторах нории в рабочем здании обеспечивают выполнение различных операций, что позволяет рассчитывать их по суммарному суточному объему работ. Элеваторы с взаимозаменяемыми нориями проще в эксплуатации, необходимо меньше обслуживающего персонала.

В настоящее время на элеваторах устанавливают нории производительностью 100, 175, 350 т/ч. Нории производительностью 100, 175 т/ч, как правило, располагают вдоль рабочего здания с поворотом потока зерна на угол  $90^\circ$ , а производительностью 350, 500 т/ч - поперек рабочего здания в специальных шахтах.

**Весы.** Устанавливают в верхней части рабочего здания (при одноступенчатой схеме элеватора), в центральной или нижней (при многоступенчатой схеме).

На элеваторах монтируют как ковшовые, так и автоматические весы. Тем и другим свойственны преимущества и недостатки. Ковшовые весы дают более точные показания при взвешивании зерна, коэффициент использования норий в этом случае будет выше. Как недостаток ковшовых весов следует отметить то, что они сложны в эксплуатации, требуют большой площади и высоты помещения.

Автоматические весы удобны и просты в эксплуатации, занимают небольшой объем помещения и практически почти полностью исключают обслуживающий персонал. К недостаткам следует отнести то, что они снижают коэффициент использования норий, особенно при перемещении небольших партий зерна, и ненадежны в работе.

Для непрерывной и устойчивой работы весов предусматривают над- и

подвесовые бункера. В соответствии с утвержденными нормами вместимость бункеров рекомендуется принимать в зависимости от производительности транспортных машин и механизмов, обслуживающих весы (таблица 2.1).

При наличии весопечатающего механизма и автоматического управления задвижками над- и подковшовыми весами вместимость надними можно принимать равной вместимости весового ковша. Ковшовые весы устанавливаются, как правило, без подвесового бункера, так как он увеличивает высоту рабочего здания на 5-6 м. Его отсутствие компенсируют установкой транспортного оборудования, принимающего зерно после весов, большей производительности, чем основные норы.

Таблица 2.1 - Вместимость надвесовых и подвесовых бункеров

Весы	Производительность (не менее) транспортных механизмов, обслуживающих весы, т/ч	Вместимость бункеров (не менее), м <sup>3</sup>	
		над весами	под весами
Ковшовые:			
Э-70	350	90	
341В-20А	100 и 175	30	
120К-10	50 и 100	15	
121К-5	50	7	
Автоматические:			
ДН-4000	350	40	4
ДН-2000	175	20	2
ДН-1000-2	100	12	1
ДН-500	50	6	0,5

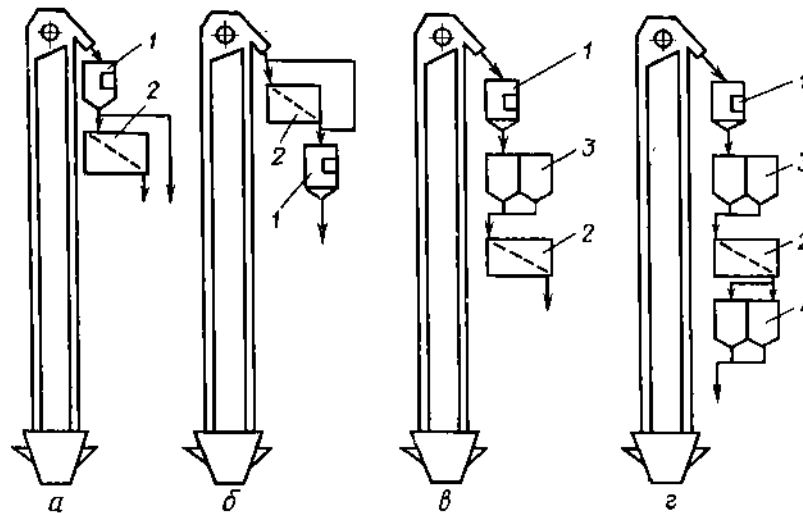
**Зерноочистительное оборудование.** Размещение этого оборудования во многом зависит от производительности транспортного оборудования. Если производительности зерноочистительного и транспортного оборудования равнозначны, то можно обойтись без буферной вместимости, и то только тогда, когда производительность норий не более 100 т/ч.

Зерноочистительное оборудование на элеваторах можно размещать по одной из следующих четырех схем. В первых двух (рисунок 2.5а,б) предусмотрена жесткая связь между транспортным и технологическим оборудованием. При подобных схемах требуется обязательное наличие обходных самотечных труб, так как производительность зерноочистительного оборудования в значительной степени зависит от качественного состояния зерна. Непосредственная связь транспортного и технологического оборудования находила свое отражение при строительстве сушильно-очистительных башен и отдельных хлебоприемных элеваторов (в основном глубинных).

Третья схема (рисунок 2.5в) нашла свое применение на элеваторах, имеющих различные производительности норий на приемке и уборке зерна из под сепаратора.

На современных элеваторах с неспециализированными нориями над и под зерноочистительными машинами (рисунок 2.5г) предусматривают бункера. Зерноочистительные машины располагают в средней части рабочего здания так, чтобы над сепараторами были бункера. Контрольные сепараторы и триеры, как правило, устанавливают на одном этаже после основных зерноочистительных машин. Отходы контролируют непосредственно в рабочем здании элеватора. Вариант размещения контрольных сепараторов в отдельном здании с последующим возвращением зерна в рабочее здание элеватора не получил широкого распространения.

**Зерносушилки.** В современные элеваторы зерносушилка входит в качестве самостоятельного производственного участка. Ее расположение определяют в зависимости от местных условий, производительности основного оборудования, объема и продолжительности сушки и нормальной работы зерносушилки и элеватора, предусматривают специальные бункера для размещения сырого и просушенного зерна. Зерносушилки размещают по одной из шести схем.

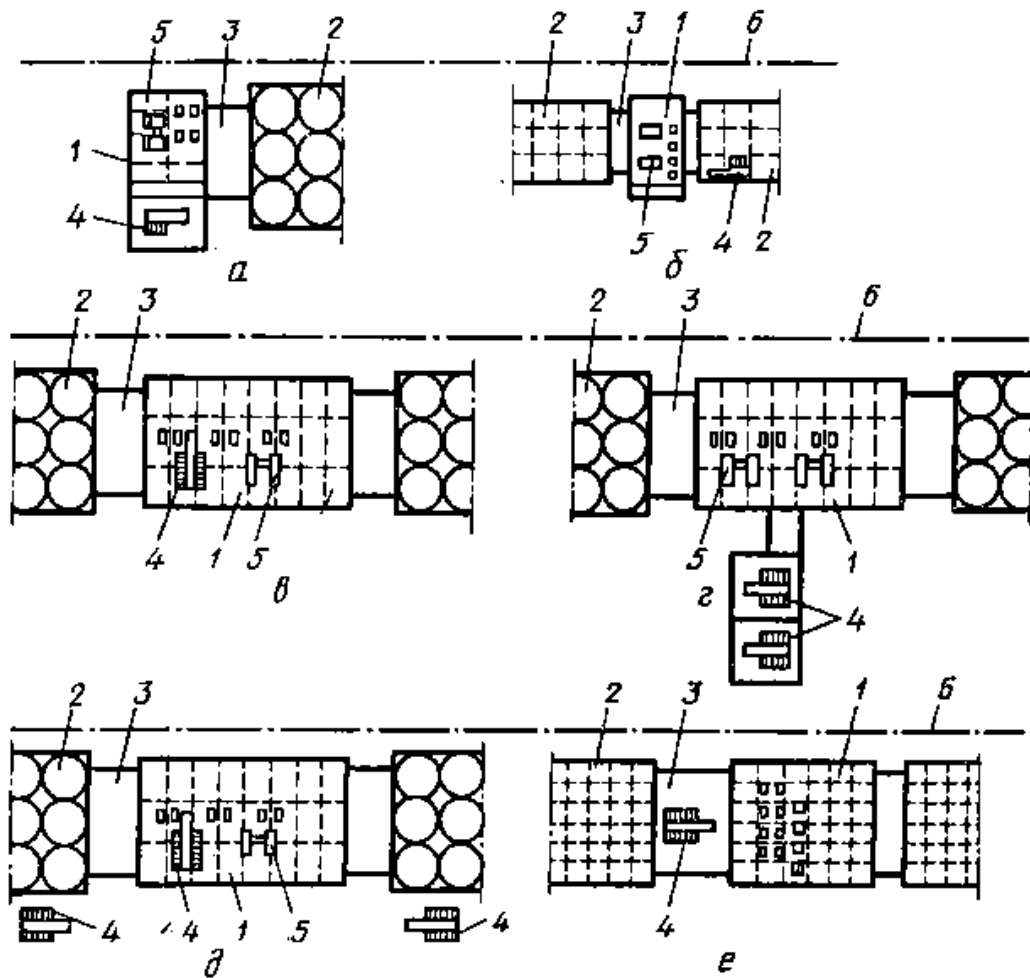


1 - автоматические весы; 2 - сепаратор; 3 - надсепараторные бункера;  
4 - подсепараторные бункера.

Рисунок 2.5 - Размещение зерноочистительного оборудования в рабочем здании

Зерносушилку на одной фундаментной плите с рабочим зданием через лестничную клетку (рисунок 2.6а) устанавливают на мукомольных и базисных элеваторах. Подобная схема удобна тем, что к рабочему зданию элеватора можно пристроить зерносушилку любой производительности. Передачу зерна в сушилку и уборку просушенного осуществляют при помощи верхнего и нижнего конвейеров.

Вторую схему (рисунок 2.6б) применяют на хлебоприемных линейных элеваторах. Широкого распространения она не нашла, так как при сушке использовали надсилосный и подсилосный конвейеры, а главное, нарушался тепловой режим силосного корпуса.



*а* - на одной фундаментной плите с рабочим зданием (через лестничную клетку); *б* - в силосном корпусе; *в* - в рабочем здании; *г* - в отдельном здании; *д* - в рабочем здании и около силосного корпуса (открытого типа); *е* - между рабочим зданием и силосным корпусом; 1 - рабочее здание; 2 - силосный корпус; 3 - соединительная галерея; 4 - зерносушилка; 5 - сепаратор; 6 - железнодорожный путь.

Рисунок 2.6 - Размещение зерносушилки в элеваторе

Третья схема (рисунок 2.6*в*) нашла достаточно широкое распространение на современных мукомольных элеваторах единой конструкции, на хлебоприемных линейных элеваторах. Несмотря на компактность размещения су-



шилки, ее хорошую связь с технологическим и транспортным оборудованием элеватора, подобная схема применима в том случае, если не требуется большая зерносушильная мощность.

В районах с большим объемом поступления сырого и влажного зерна наиболее применима четвертая схема (рисунок 2.6г), предусматривающая установку сушилок в отдельном цехе, связь с которым осуществляют через верхний и нижний конвейеры.

На многих элеваторах построены зерносушилки открытого типа (рисунок 2.6д). Их обычно устанавливали около силосного корпуса. При этом чаще всего рядом расположенные силосы выполняют роль надсушильной и подсушильной вместимости. Связь их осуществляли при помощи дополнительно установленных норий и конвейеров. При установке зерносушилок открытого типа значительно сокращаются капиталовложения, но при этом усложняется их эксплуатация.

В последних проектах хлебоприемных элеваторов применяют зерносушилки открытого типа (рисунок 2.6е), расположенные между рабочим зданием и силосным корпусом. Данное решение в определенной степени устраняет недостатки пятой схемы и упрощает прокладку инженерных коммуникаций вдоль элеватора.

В отдельных случаях возможны и другие варианты размещения зерносушилок, которые обуславливаются специфическими особенностями данного элеваторного комплекса.

## 2.4 Силосный корпус элеватора

Силосные корпуса - это основные составные части элеватора, как по занимаемому объему, так и по значению в компоновке комплекса в целом. Основной объем работ при строительстве элеватора приходится на долю силосных корпусов. Чем больше его вместимость, тем большую долю в объеме элеватора занимают силосные корпуса.

Главная задача силосного корпуса - это сохранить зерно без потерь и снижения качества. С этой точки зрения он должен удовлетворять ряду требований: защищать зерно от атмосферных осадков, быстрых изменений наружной температуры; не допускать конденсации паров воды на внутренних поверхностях, проникновения вредителей, задержки зерна при опорожнении силоса и быть безопасным в пожарном отношении; быть оптимальным по технико-экономическим показателям.

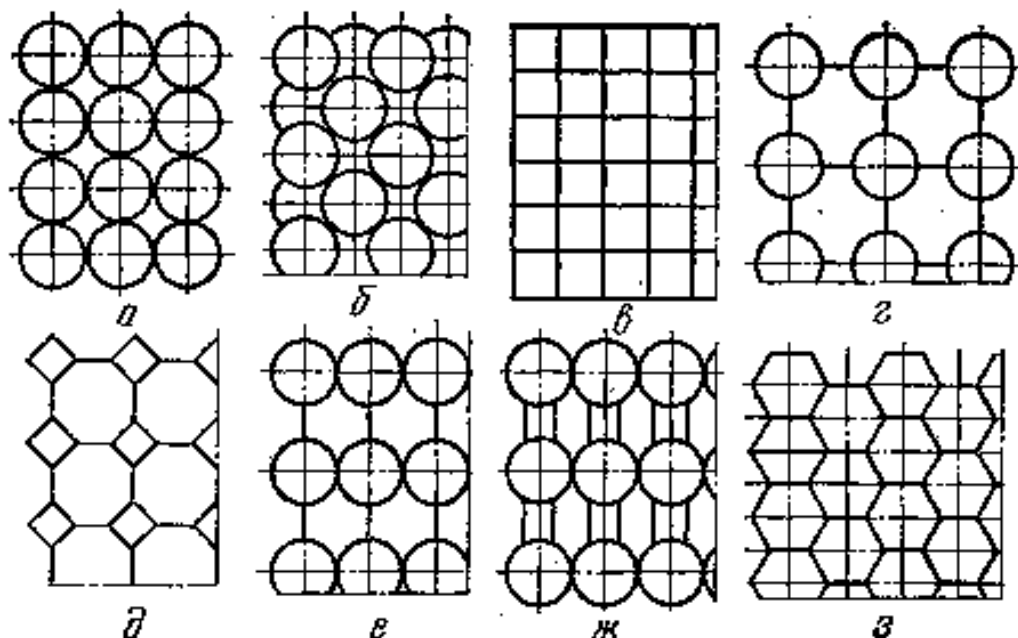
Материалом для возведения современных силосных корпусов служит монолитный и сборный железобетон, сталь. Из всех строительных материалов наибольшее распространение получил железобетон (монолитный и сборный).

Силосный корпус состоит из трех основных элементов:

- 1) подсилосного, или цокольного, этажа, включающего днище и служащего для размещения нижних конвейеров, предназначенных для разгрузки силосов, и самотечных труб;
- 2) силосной части, включающей силосы или ячейки для хранения зерна;
- 3) надсилосной галереи, в которой располагают надсилосные конвейеры, служащие для заполнения силосов.

В настоящее время строят силосы различной формы в плане: круглые, квадратные, прямоугольные и многогранные: шести-, восьми-, двенадцатигранные (рисунок 2.7). В практике строительства элеваторов наибольшее распространение получили силосы круглого сечения. Диаметры силосов были унифицированы и приняты равными 6 и 7 м, а на основании проведенного анализа -

только 6 м. Это объясняется тем, что в силосах с диаметром больше 6 м приходится значительно увеличивать количество арматуры, так как давление возрастает прямо пропорционально гидравлическому радиусу.



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

Рисунок 2.7 - Схемы расположения силосов

При диаметре силоса меньше 6 м получается перерасход бетона. На отдельных предприятиях используют монолитные силосы больших диаметров.

Квадратные силосы не строят больше чем размером 4×4 м, в противном случае получается перерасход металла и бетона, так как с увеличением величины пролета изгибающий момент растет в квадратичной зависимости. Другие формы силосов - шестигранные, восьмигранные и т.д. - не получили распространения ввиду меньшей экономической целесообразности и более сложной конструкции.

Расположение силосов круглого сечения может быть рядовое и шахматное. Наличие наружных звездочек при шахматном расположении силосов несколько повышает коэффициент использования объема силосного корпуса, но дугообразные стены усложняют конструкцию и увеличивают удельный расход стали.

Высота железобетонного силосного корпуса определяется допустимой нагрузкой на грунт под подошвой фундаментной плиты. Увеличение массы позволяет существенно снизить удельную стоимость строительства, так как при этом стоимость подсилосного этажа изменяется незначительно, а стоимость надсилосной галереи и оборудования остается неизменной. Исходя из среднего давления на грунт под подошвой фундаментной плиты в  $3 \cdot 10^5$  Па, для типового силосного корпуса принята высота 30 м. В отдельных случаях она бывает больше.

**Монолитные силосные корпуса.** Стены силосов в монолитном железобетоне возводят при помощи скользящей опалубки. При этом толщину стен принимают не менее 150 мм. Строительство монолитных силосов при помощи скользящей опалубки осуществляют так же, как монолитные рабочие здания.

Кроме стен силосов, на долю которых приходится до 70 % всего объема железобетона, в силосном корпусе значительную роль играет подсилосный этаж, воспринимающий весьма значительные нагрузки от массы зерна и вышележащих конструкций.

В настоящее время подсилосный этаж строят по двум вариантам. В первом подсилосное помещение может быть со стенами, опирающимися непосредственно на фундамент без промежуточной поддерживающей конструкции; второй вариант включает промежуточную конструкцию с колоннами, на которые опираются стены силосов и днища.

Преимущество подсилосного помещения с силосами, возводимыми непосредственно на фундаменте корпуса, их простота выполнения и сокраще-

ние сроков строительства. Скользящую опалубку устанавливают непосредственно на фундаментной плите и с ее помощью возводят стены не только силосов, но и подсилосного этажа (с оставлением в них необходимых проемов). Силосный корпус в целом получает значительную пространственную жесткость, что позволяет применять эту конструкцию в сейсмических районах.

Наиболее просто конструкция подсилосного этажа подобного типа решается для корпусов с квадратными силосами. В этом случае опорными частями, поддерживающими силосы, служат узлы пересечения стен, усиленные пилястрами необходимого сечения. Для корпусов с круглыми силосами при подсилосных этажах с монолитными колоннами последние располагают под местами соединения стен силосов, обычно по одной колонне на каждое соединение. Под наружными стенами колонны устанавливают на тех же осях, что и для внутренних силосов.

В местах опирания на фундаментную плиту колонны снабжены подколонниками, обычно квадратными. Колонны имеют капители вытянутой формы по направлению стыков смежных силосов. Капители необходимы для увеличения площади колонн при передаче вертикальных давлений в местах опирания стен. По капителям устанавливают монолитную безбалочную плиту, в которой предусматривают отверстия для стальных воронок, образующих днища круглых силосов.

Подсилосный этаж в сборном варианте для корпуса с круглыми силосами выполняют по аналогичной схеме. Монолитные подколонники стаканного типа составляют одно целое с фундаментной плитой. Колонна в верхней части имеет две консоли, на которые опирается сборная капитель со сквозным гнездом. В гнездо входит расположенный выше консолей оголовок колонны.

Пол подсилосного этажа делают асфальтобетонным по бетонной подготовке, укладываемой на грунтовую подсыпку, высота которой вместе с полом обычно равна высоте подколонников. Наружные стены подсилосного этажа обычно строят из местных материалов с оконными проемами. Надсилосные га-

лереи включают перекрытие силосов, являющееся полом галереи, стены и крышу с поддерживающей конструкцией. Надсилосные галереи выполняют рамной конструкции, опоры которой устанавливают над точками касания силосов. Перекрытие надсилосной галереи проектируют как в монолитном, так и в сборном исполнении. Ограждающие конструкции надсилосной галереи (стены и крыша) обычно изготавливают в сборном железобетоне или с асбестоцементным заполнением по стальному каркасу.

**Сборные силосные корпуса.** Производство работ при помощи скользящей опалубки, как было отмечено выше, сопряжено с рядом особенностей, которые не позволяют вести строительство элеваторов круглый год и в больших масштабах. При использовании сборных железобетонных элементов существенно повышается качество изделий, так как их изготавливают в заводских условиях на механизированных поточных линиях, а также сокращаются трудоемкость, число рабочих, и строительство ведут круглый год.

В практике отечественного элеваторостроения нашли применение два основных решения сборных силосных корпусов:

- 1) со стенами, собираемыми из объемных блоков полной заводской готовности;
- 2) со стенами из укрупненных объемных блоков, собираемых на строительной площадке из плит для квадратных силосов или из сегментов - для круглых.

При первом решении блоки соединяют на болтах, для монтажа стен требуются минимальные затраты. К недостаткам относят ограниченный размер объемных блоков, неполную загрузку подвижного состава при перевозке блоков и более сложное изготовление блоков по сравнению с линейными элементами. По второму решению - изготовление панелей или сегментов (как гладких, так и ребристых) несложно, перевозка элементов удобна, при хранении в штабелях они занимают мало места. Однако увеличивается трудоемкость работ по

монтажу силосов из-за укрупнительной сборки и в большем объеме добавляются сварочные работы.

Как показывают технико-экономические данные, оптимальные размеры силосов определяются многими факторами: их технологическим назначением, наименьшими затратами материалов и стоимостью, использованием территории, удобствами изготовления, транспортирования, монтажа и др.

Однако сборные железобетонные силосы имеют главный недостаток - пропускают воду на стыках.

**Стальные силосы.** В последние годы в практике строительства зернохранилищ применяли стальные силосы, получившие распространение в основном за рубежом. Экспериментальное строительство и эксплуатация металлических зернохранилищ показали, что они во многих районах нашей страны обеспечивают сохранность зерна и имеют ряд преимуществ перед железобетонными силосами. Срок строительства металлических зернохранилищ в 6-9 раз меньше, удельный расход металла на 1 т вместимости не превышает удельного расхода в железобетонных силосных корпусах, стоимость 1 т вместимости примерно в два раза ниже. Кроме того, металлические зернохранилища требуют меньшего по численности обслуживающего персонала, а также расходов на их эксплуатацию и ремонт.

Для контроля за температурой хранящегося зерна в силосах предусмотрены термоподвески, в днищах устроены каналы с аэрожелобами открытого типа, между ними смонтированы рассекатели.

Опыт строительства и эксплуатации металлических зернохранилищ показывает необходимость проведения следующих мероприятий:

- совершенствование устройств выгрузки зерна из силосов обуславливает необходимость создания металлических силосов с коническим днищем. Создание такого силоса позволило бы выгружать зерно самотеком, как в железобетонных силосах;

- оборудовать силосы устройствами для выравнивания поверхности насыпи с целью обеспечения равномерного прохождения воздуха при вентилировании зерна;

- предусмотреть возможность переключения активного вентилирования с нагнетания на отсос, что позволит предотвратить образование конденсата на внутренней поверхности кровли и стенок силоса при значительной разнице температуры зерна и окружающего воздуха, а также при обнаружении очагов самосогревания;

- необходим поиск средств для антикоррозийной защиты стальных силосов.

### **3 Разработка технологической схемы элеватора (схемы движения зерна и отходов)**

Прежде, чем приступить к размещению машин и механизмов по соответствующим этажам рабочего здания, нужно запроектировать схему движения зерна и отходов.

Лист чертежа разделяют на три части. В средней части вычерчивают (с учетом последовательности технологического процесса) оборудование рабочей башни в следующем порядке (сверху вниз):

- головки норий;
- надвесовые бункера;
- весы;
- подвесовые бункера;
- поворотные трубы (около этих труб в кружках дают все направления зернопровода; в кружках указывают номер бункера или номер транспорта, куда направляется зерно);
- надсилосные и отпускные транспортеры;
- надсепараторные бункера;



- сепараторы, сушилки;
- триеры, контрольные сепараторы, шнеки или транспортеры для отходов; под сепараторные бункера и бункера для отходов;
- подсилосные и приемные транспортеры;
- башмаки норий.

В левой и правой частях схемы (если элеватор двукрылый) вычерчивают надсилосные и подсилосные этажи с указанием сетки силосов.

Сетка силосов и сетка бункеров рабочей башни должны соответствовать точному их количеству, расположению и форме.

На надсилосном и подсилосном этажах указывают транспортеры и стрелками - направление зерна с них в соответствующие силосы или из силосов на них.

Прием и отпуск зерна изображают отдельно с указанием вида транспорта, количества точек разгрузки и погрузки, средств механизации, количества бункеров.

Зерносушилки, представляющие собой отдельные сооружения, изображают отдельно и привязывают к рабочей башне или силосным корпусам.

Все силосы и бункера должны быть пронумерованы. Нумерация силосов в левой части чертежа должна отличаться от правой. Обычно силосы нумеруют трехзначным числом, в котором первая цифра означает номер силосного корпуса, вторая - номер ряда третья - номер силоса в ряду. Бункера начинают нумеровать с единицы.

Все оборудование на схеме должно быть изображено с указанием марок и пронумеровано (нумерация одноименного оборудования начинается с единицы).

Направление движения зерна на схеме принято обозначать сплошными линиями, отходов, пыли - пунктирными. Начало линий движения зерна обозначают точкой, конец - стрелкой. Но линиям движения зерна и отходов указывают задвижки, клапаны и т.д. условными обозначениями.

Для удобства пользования схему движения зерна обычно вычерчивают вместе с таблицами ходов и силосов. В таблице силосов и бункеров приводят данные о емкости отдельных хранилищ, рассчитанных на зерне с  $\gamma = 0,75 \text{ т/м}^3$ .

Рабочая схема элеватора должна быть гибкой, но без излишнего усложнения. Для этого предусматривают, чтобы каждую операцию выполняли минимум две нории. Например, с каждого подсилосного транспортера необходимо подавать зерно минимум на две нории, на каждый надсилосный транспортер - минимум из двух распределительных труб. Если элеватор заготовительный желательно, чтобы в приеме зерна с автотранспорта могли участвовать все нории.

После окончания размещения оборудования и проектирования зернопровода схему движения зерна уточняют.

## Список использованных источников

1. Платонов, П.Н. Элеваторы и склады / П.Н. Платонов, С.П. Пунков, В.Б. Фасман. 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Агропромиздат, 1987. - 319 с.

2. Пунков, С.П. Хранение зерна, элеваторно-складское хозяйство и зерносушение / С.П. Пунков, А.И. Стародубцева. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Агропромиздат, 1990. - 367 с.

3. Гячев, Л.В. Основы теории бункеров и силосов: учебное пособие / Л.В. Гячев. - Барнаул: АлГТУ, 1986. – 84 с.

4. Общий технологический регламент для элеваторов и хлебоприемных предприятий / Л.И. Мачихина и др. - Москва: Изд-во Россельхозакадемии, 2006. – 78 с.

5. Мачихина, Л.И. Научные основы продовольственной безопасности зерна (хранение и переработка) / Л.И. Мачихина, Л.В. Алексеева, Л.С. Львова. – Москва: ДеЛипринт, 2007. – 382 с.

6. Атаназевич, В.И. Сушка зерна / В.И. Атаназевич. – Москва: ДеЛипринт, 2007. – 480 с.

7. Малин, Н.И. Технология хранения зерна / Н.И. Малин. – Москва: КолосС, 2005. – 280 с.