

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

Е.В. Волошин

# ЭЛЕВАТОРЫ И СКЛАДЫ. РАСЧЕТ ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Учебное пособие

Рекомендовано ученым 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  
2019

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. Расчет основного технологического оборудования [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Волошин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019 – 98 с.  
ISBN 978-5-7410-2421-8

Учебное пособие предназначено для преподавания и лучшего усвоения дисциплины «Элеваторы и склады» очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья по общему профилю подготовки. Может быть полезно обучающимся при организации самостоятельной работы, преподавателям и практикующим работникам.

УДК 664.72 (075.8)

ББК 36.821 я 73

ISBN 978-5-7410-2421-8

© Волошин Е.В., 2019

© ОГУ, 2019

## Содержание

Введение .....	5
1 Техничко-экономическое обоснование строительства или реконструкции хлебоприемного предприятия .....	7
1.1 Заготовительные зернохранилища .....	7
1.2 Производственные, портовые и перевалочные зернохранилища .....	8
2 Производственные схемы хлебоприемных предприятий .....	9
2.1 Принципиальная схема предприятия .....	10
2.2 Рабочая схема предприятия .....	12
2.3 Выбор принципиальной схемы элеватора .....	14
3 Определение годового грузооборота и объема работы элеватора в наиболее напряженные сутки .....	15
3.1 Определение годового грузооборота .....	15
3.2 Прием зерна с автомобильного транспорта в наиболее напряженные сутки .....	17
3.3 Максимальный суточный прием (отпуск) зерна с железнодорожного транспорта.....	18
3.4 Максимальный суточный прием (отпуск) зерна с водного транспорта .....	19
3.5 Определение объема очистки и сушки зерна в наиболее напряженные сутки .....	21
4 Приемные устройства элеваторов .....	25
4.1 Приемные устройства с автомобильного транспорта .....	25
4.2 Приемные устройства с железнодорожного транспорта .....	27
4.3 Приемные устройства с водного транспорта .....	29
4.4 Внешние процессы приемки зерна.....	33
5 Отпускные устройства элеваторов .....	38
5.1 Устройства для отпуски зерна на автомобильный и железнодорожный транспорт.....	38

5.2 Отпускные устройства на водный транспорт.....	40
5.3 Отпуск зерна на предприятие .....	42
5.4 Внешние процессы отпуска зерна .....	43
6 Расчет оборудования для приема и отпуска зерна .....	45
6.1 Прием с автомобильного транспорта.....	45
6.2 Прием и отпуск зерна на железнодорожный транспорт .....	51
6.3 Прием и отпуск зерна на водный транспорт .....	54
6.4 Передача зерна на переработку .....	56
7 Расчет и выбор основного технологического и транспортного оборудования.....	57
7.1 Расчет зерноочистительного оборудования.....	57
7.2 Расчет зерносушилок .....	61
7.3 Расчет и работа норий.....	64
7.4 Выбор количества и производительности (грузоподъемности) элеваторных весов.....	68
7.5 Выбор производительности и количества транспортеров.....	71
7.6 Выбор самотечного оборудования .....	72
7.7 Обработка отходов .....	73
8 Разработка технологической схемы элеватора (схемы движения зерна и отходов).....	75
9 Объемно-планировочные решения .....	77
9.1 Определение габаритных размеров рабочего здания элеватора .....	77
9.2 Определение высот этажей рабочего здания и силосного корпуса .....	80
9.3 Расчет емкости силосов и бункеров и определение габаритных размеров силосных корпусов.....	88
9.4 Увязка основных сооружений элеватора.....	93
Список использованных источников .....	98

## Введение

На элеваторно-складскую промышленность, которая является технической базой системы государственного централизованного хлебооборота, возложены следующие основные обязанности:

1) принимать зерно в зависимости от района выращивания в течение 20-30 дней;

2) обрабатывать зерно (очищать, сушить, вентилировать и др.); на послеуборочную обработку зерна приходится более 30 % всех трудовых затрат при возделывании зерновых;

3) длительно хранить зерно (в зависимости от качества и его назначения);

4) принимать от семеноводческих хозяйств сортовое семенное зерно, семена трав, гибридные и сортовые семена кукурузы, обрабатывать их, хранить, снабжать ими хозяйства;

5) транспортировать зерно в районы потребления и экспорта;

6) обеспечивать зерном необходимого качества перерабатывающие предприятия (мукомольные, крупяные и др.);

7) снабжать (обеспечивать) население страны продуктами переработки зерна;

8) хранить государственные запасы на случай неурожая, стихийных бедствий и др.

Для решения этих задач элеваторно-складская промышленность располагает необходимой технической базой, которую в зависимости от целевого назначения, можно условно разделить на три звена.

**Первое звено - заготовительное.** Его основные задачи: принимать зерно от хлебосдатчиков, первично очищать, сушить, формировать крупные

партии и хранить до отпуска на железнодорожный транспорт, водный или автомобильный.

К первому звену относят линейные (пристанционные, пристанские) и глубинные хлебоприемные предприятия, имеющие элеваторы и склады. Такие предприятия расположены в районе производства зерна, и их работа носит сезонный характер, так как основная масса зерна поступает в течение 20-30 суток, а отгружают зерно в течение всего года.

**Второе звено - промежуточное.** В нем осуществляют длительное промежуточное хранение зерновых запасов или передают его с одного вида транспорта на другой. Для обеспечения сохранности здесь также зерно очищают, сушат и проводят другие технологические операции. Ко второму звену относят базисные, фондовые и перевалочные предприятия.

В некоторых случаях на предприятия этого звена зерно поступает непосредственно от хлебопашечиков.

**Третье звено - конечное.** Здесь зерно отпускают потребителям через производственные и портовые элеваторы (на экспорт).

# **1 Техничко-экономическое обоснование строительства или реконструкции хлебоприемного предприятия**

Этот раздел содержит экономическое обоснование целесообразности нового строительства или реконструкции ХПП в данном районе.

Рассчитывается необходимая емкость нового или реконструируемого ХПП, с учетом перспектив развития зернового производства в данном районе, объема ввозимого зерна и его качества.

## **1.1 Заготовительные зернохранилища**

Общую потребную емкость зернохранилищ 1-го звена определяют из расчета:

- 1) общего количества зерна, в зачетном весе поступающего за весь период заготовок;
- 2) переходящего остатка на начало новых заготовок в размере 5 % годового поступления;
- 3) отгрузки в течение периода заготовок в размере 10 % годового поступления;
- 4) коэффициента  $\mu$  на размещение зерна различных культур и разнокачественных партий этих культур. Ориентировочно можно принять следующие значения коэффициента  $\mu$ :

- для пшеницы и кукурузы в зерне	1,1;
- ржи и гороха	1,2;
- ячменя и проса	1,3;
- риса - зерна и гречихи	1,5;
- овса	1,7;
- подсолнечника	1,9.

Общую потребную емкость хранилища –  $E$ , определяют по следующим формулам:

- если известно количество поступающего зерна по культурам:

$$E = A_{\text{п}} \text{Ц} (P_1 \mu_1 + P_2 \mu_2 + \dots + P_n \mu_n), \text{ т} \quad (1)$$

где  $A_{\text{п}}$  – коэффициент переходящего остатка на начало заготовок,  $A_{\text{п}} = 1,05$ ;

$\text{Ц}$  – коэффициент, учитывающий отгрузку зерна в течение периода заготовок,  $\text{Ц} = 0,9$ ;

$P_1; P_2; P_n$  – количество зерна различных культур в тоннах, поступающего в период заготовок.

- если известно общее количество поступающего зерна в тоннах, а поступающего по культурам в процентах и годовому поступлению:

$$E = 0,01 P A_{\text{п}} \text{Ц} (P_1 \mu_1 + P_2 \mu_2 + \dots + P_n \mu_n), \text{ т} \quad (2)$$

где  $P$  – общее количество заготавливаемого зерна в тоннах;

$P_1; P_2; P_n$  – количество зерна различных культур в процентах к общему поступлению.

## **1.2 Производственные, портовые и перевалочные зернохранилища**

Емкость производственных зернохранилищ занести от производительности мельницы и необходимого запаса зерна, который в свою очередь, зависит от расположения предприятия относительно районов производства зерна и способов доставки его на предприятие.

В общем случае емкость производственных зернохранилищ определяется соотношением:

$$E = q_3 T_3, \text{ т} \quad (3)$$

где  $q_3$  – производственная мощность предприятия в зерне, т/сут;

$T_3$  – количество дней, в течение которых работа предприятия обеспечивается за счет запасов зерна в хранилище.

Необходимо иметь запас зерна в хранилище на 6 – 9 месяцев работы предприятия. При выполнении дипломного проекта эти цифры корректируются, исходя из местных условий.

Емкость портовых и перевалочных элеваторов при проектировании и реконструкции определяют на основе технико-экономических изысканий, руководствуясь данными поступления зерна за последние несколько лет, перспективой на последующие годы.

## **2 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.

## 2.1 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  $1 \text{ т}$  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:

- 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 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 транспортных операций. Для каждой операции характерна определенная последовательность перемещения зерна через силосы, бункера и оборудование, которая во многом зависит от принципиальной схемы элеватора.

## 2.2 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 превышать 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 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 обозначения. 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.

## 2.3 Выбор принципиальной схемы элеватора

Проектирование элеватора начинают с выбора принципиальной схемы. Принципиальные схемы различаются местом расположения весов, наличием или отсутствием весов и оперативных емкостей.

Нории отечественных элеваторов универсальные, в отличие от элеваторов многих зарубежных стран.

В настоящее время все элеваторы строятся с установкой весового оборудования. У подавляющего большинства элеваторов в принципиальные схемы включены весы, расположенные выше надсилосных транспортеров. В зависимости от типа весов устанавливаются надвесовые и подвесовые емкости. Оперативные емкости устанавливаются над и под сепараторами, над и под сушилками.

Такая схема, называется «одноступенчатой». Рабочие башни элеваторов с одноступенчатой схемой выше силосного корпуса на 15-20 м.

В низких рабочих башнях (до 9 м) из сборного железобетона, применяется двухступенчатая принципиальная схема, ее особенность заключается в том, что весы устанавливаются ниже надсилосных транспортеров, а количество основных норий, в связи с этим удваивается.

В соответствии с принятой принципиальной схемой намечают расположение основного оборудования по этажам рабочего здания.

### 3 Определение годового грузооборота и объема работы элеватора в наиболее напряженные сутки

#### 3.1 Определение годового грузооборота

Годовой грузооборот определяется по формуле:

$$Q = E \cdot K_0, \text{ т} \quad (4)$$

где  $E$  – емкость хранилища;

$K_0$  – коэффициент оборота емкости.

Коэффициент оборота элеваторов различных типов колеблется в широких пределах: 0,8 – 1,5 для заготовительных; 3 – 6 для базисно – перевалочных; 2 – 8 для производственных; 6 – 10 для портовых:

Для производственных элеваторов грузооборот определяется по формуле:

$$Q = q_c \cdot T, \text{ т} \quad (5)$$

где  $q_c$  – суточная производительность мельницы;

$T$  – рабочий период предприятия, сут.

Если производственный элеватор ведет перевалку, то его грузооборот определяется следующим образом:

$$Q = q_c \cdot T + Q_{\text{пер}}, \text{ т} \quad (6)$$

где  $Q_{\text{пер}}$  – объём перевалки.

Емкость производственного элеватора определяется по формуле:

$$E = \frac{Q}{K_0}, \text{ т} \quad (7)$$

Или на основании технико-экономических изысканий при дипломном проектировании.

Основной объем операций на элеваторах выполняется в наиболее напряженный период – период заготовок. Продолжительность расчетного периода заготовок  $P_p$  принимается в зависимости от климатических условий: для восточной зоны  $P_p = 30$  сут.; для центральной зоны – 20 сут.; для южной – 15 сут.

Для кукурузы в початках и подсолнечника  $P_p = 25$  сут.; для риса – зерна – 20 сут.

В течение расчетного периода заготовок следует учитывать поступление 80 % планируемого объема заготовок зерна.

Годовой объем приема и отпуска зерна по видам транспортом определяют в соответствии с заданием на проектирование по формуле:

$$A = \frac{Q \cdot n}{100}, \text{ т} \quad (8)$$

где  $Q$  – грузооборот элеватора, т/год;

$n$  – доля приема с определенного вида транспорта, %.

Производительность и количество необходимого технологического и транспортного оборудования зернохранилищ определяют по максимальному суточному поступлению зерна в период заготовок. За расчетные сутки принимаются наиболее напряженные по основанию операций и их объему. Кроме этого необходимо учитывать неравномерность поступления зерна в течение суток.

Для расчета количества и производительности оборудования для приема зерна с различных видов транспорта необходимо определять часовое поступление зерна с учетом часовой неравномерности.

### **3.2 Прием зерна с автомобильного транспорта в наиболее напряженные сутки**

Прием зерна с автомобильного транспорта в наиболее напряженные сутки определяется по формуле:

$$a_{\text{сут}} = \frac{0,8 \cdot A_{\text{ат}} \cdot K_c}{P_p}, \text{ т/сут} \quad (9)$$

где  $A_{\text{ат}}$  – количество зерна, поступающего от хлебосдатчиков автомобильным транспортом за весь период заготовок, т;

0,8 – коэффициент, учитывающий поступление зерна в период заготовок;

$P_p$  – продолжительность расчетного периода заготовок, с;

$K_c$  – коэффициент суточной неравномерности поступления зерна (таблица 3).

Таблица 3 - Значение коэффициентов суточной и часовой неравномерности при приеме зерна с автотранспорта

Районы или зоны	Коэффициенты суточной неравномерности $K_c$	Коэффициент часовой неравномерности $K_{\text{ч}}$
Для колосовых культур:		
Восточная	1,6	1,6
Центральная	1,4	1,6
Южная	1,3	1,6
Независимо от района для хлебоприемных предприятий с годовым приемом до 20 тыс. т.	1,8	1,6
Для позднеспелых культур (кукуруза в початках, подсолнечник, рис – зерно)	1,6	1,6

### 3.3 Максимальный суточный прием (отпуск) зерна с железнодорожного транспорта

Максимальный суточный прием (отпуск) зерна с железнодорожного транспорта определяется по формуле:

$$B_{\text{сут}} = \frac{A_{\text{жд}} \cdot K_m \cdot K_c}{30M}, \text{ т/сут} \quad (10)$$

где  $B_{\text{сут}}$  – расчетный суточный объем погрузки (разгрузки), т;

$A_{\text{жд}}$  – годовое количество зерна, поступающего по железной дороге (согласно заданию), т;

$K_M$  – коэффициент месячной неравномерности – 2;

$K_C$  – коэффициент суточной неравномерности – 2,5;

$M$  – расчетное число месяцев в году по погрузочно-разгрузочным работам – 11 мес.

### **3.4 Максимальный суточный прием (отпуск) зерна с водного транспорта**

Максимальный суточный прием (отпуск) зерна с водного транспорта определяется по формуле:

$$P_{\text{сут}} = \frac{A_{\text{вт}} \cdot K_M \cdot K_C}{30M}, \text{ т/сут} \quad (11)$$

где  $A_{\text{вт}}$  – годовой объем приема (отпуска) зерна с водного транспорта, т;

$K_M$  – коэффициент месячной неравномерности – 1,5;

$K_C$  – коэффициент суточной неравномерности – 2;

$M$  – число месяцев навигации в году, принимают: для восточной зоны – 6, центральной – 8, южной – 10.

В наиболее напряженные сутки работы элеватора включают максимальный суточный объем очистки и сушки зерна.

Объем очистки на перевалочных, производственных, базисных элеваторах принимают равными 50 % от максимального суточного приема зерна.

На портовых элеваторах предусматривают очистку всего зерна, подлежащего погрузке в суда.

Величину засоренности и влажности колосовых культур принимают по таблице 4.

Таблица 4 – Значения засоренности и влажности колосовых культур

Показатель качества зерна	Количество поступающего зерна, %		
	Районы сырым и влажным зерном	Районы с зерном средней влажности	Районы с сухим зерном
Сухое и средней сухости влажностью до 15 % включительно	10	40	60
Влажностью от 15 % до 17 %	10	30	20
Влажностью от 17 % до 22 %	35	30	20
Влажностью от 22 % до 26 %	30	-	-
Влажностью от 26 % до 30 % включительно	15	-	-
Засоренностью до 1 %	-	20	50
Засоренностью от 1 % до 3 %	-	60	45
Засоренностью от 3 % до 5 %	40	10	5
Засоренностью свыше 5 %	60	10	-
Примечание - в таблице отражено максимальное суточное поступление			

На заготовительных элеваторах необходимо предусматривать очистку и сушку максимального суточного поступления зерна.

### 3.5 Определение объема очистки и сушки зерна в наиболее напряженные сутки

При определении объема очистки и сушки зерна в наиболее напряженные сутки необходимо учитывать число одновременно поступающих партий. Число возможных партий устанавливается заданием или принимается самостоятельно, учитывая данные таблицы 4 по следующей (примерной) схеме:

Максимальное суточное  
поступление зерна

по влажности

сухое и сред-  
ней сухости

влажное и  
сырое от 15  
до 22%

сырое свыше  
22%

по засоренности

до 1 %	1-3 %	3-5 %	до 1 %	1-3 %	3-5 %	свыше 5%	1-3 %	3-5 %	свыше 5%
--------	-------	-------	--------	-------	-------	----------	-------	-------	----------

Масса зерна каждой партии  $P_i$  определяется процентным соотношением партий по влажности и засоренности в зависимости от района произрастания. Правильность разбивки зерна по партиям проверяет следующим образом:

$$\sum_{i=0}^9 P_i = A_{\max \text{сут}} \quad (12)$$

Для определения объема обработки результаты разбивки зерна на партии целесообразно оформить в виде таблицы 5, где вместо знака «+», говорящего о том, что данную партию зерна надо подвергнуть обработке, ставят величину соответствующей партии зерна в тоннах.

Таблица 5 - Необходимость в очистке и сушке зерна в зависимости от показателей его качества

№ партии	Влажность %	Засоренность %	Предварительная очистка	1-я очистка	сушка	2-я очистка
P <sub>0</sub>	до 15	до 1	-	-	-	-
P <sub>1</sub>	до 15	1-3	-	-	-	+
P <sub>2</sub>	до 15	3-5	-	+	-	+
P <sub>3</sub>	от 15 до 20	до 1	-	-	+	-
P <sub>4</sub>	от 15 до 20	1-3	-	-	+	+
P <sub>5</sub>	от 15 до 20	3-5	-	+	+	+
P <sub>6</sub>	от 15 до 20	свыше 5	+	+	+	+
P <sub>7</sub>	свыше 22	1-3	-	-	+	+
P <sub>8</sub>	свыше 22	3-5	-	+	+	+
P <sub>9</sub>	свыше 22	свыше 5	+	+	+	+

Объем предварительной обработки P<sub>пр</sub> составит:

$$P_{\text{пр}} = P_6 + P_9, \text{ т}$$

Принимаем; что при предварительной очистке выделяется 1,5 % отходов от массы очищаемого зерна, следовательно, их количество составит:

$$P_{\text{сop}}^{\text{np}} = \frac{P_{\text{np}} \cdot 1,5}{100}, \text{ T}$$

На первую очистку пойдет зерно, подлежащее этой очистке, минус количество отходов, выделенных при предварительной очистке.

$$P_{1\text{оч}} = P_2 + P_5 + P_8 + P_6 + P_9 - P_{\text{сop}}^{\text{np}}, \text{ T}$$

Количество отходов, выделенных на 1-й очистке, составляет 1,5 % от массы зерна, подлежащего очистке, т.е.:

$$P_{\text{сop}}^{1\text{оч}} = \frac{P_{1\text{оч}} \cdot 1,5}{100}, \text{ T}$$

После 1-ой очистки зерно с влажностью выше 15 % необходимо направить на сушку. Объем сушки определяется так:

$$P_{\text{суш}} = P_3 + P_4 + P_7 + \left( P_{1\text{оч}} - P_{\text{сop}}^{1\text{оч}} - P_2 + \frac{P_2 \cdot 1,5}{100} \right), \text{ T}$$

Для определения объема второй очистки необходимо рассчитать убыль влаги каждого потока в результате сушки и уменьшение массы зерна в результате удаления сора при очистке.

Объем вторичной очистки можно определить по формуле:

$$P_{2\text{оч}} = P_1 + P_2 - \frac{P_2 \cdot 1,5}{100} + \sum_{j=4}^9 \left( P_i - \frac{\mu \cdot 1,5 \cdot P_j}{100} \right) \frac{100 - W_{\text{н}}}{100 - W_{\text{к}}}, \text{ Т}$$

где  $j$  – номера потоков, подлежащих сушке;

$\mu$  – количество очисток данного потока до сушки включая предварительную и первую;

$W_{\text{н}}$  – исходная влажность потока, %;

$W_{\text{к}}$  – влажность потока после сушки, принимать 14 %.

Во время второй очистки выделяется 2,5 % отходов от массы зерна.

Максимальный суточный объем очистки определяют по формуле:

$$P_{\text{максут.оч.}} = P_{1\text{оч}} + P_{2\text{оч}}, \text{ Т} \quad (13)$$

Предварительная очистка включается в максимальный суточный объем очистки только в том случае, если она осуществляется на машинах, обслуживающих основными норями элеватора, т.е. в рабочем здании элеватора.

## **4 Приемные устройства элеваторов**

### **4.1 Приемные устройства с автомобильного транспорта**

Объем погрузочно-разгрузочных работ на хлебоприемных предприятиях исчисляется сотнями миллионов тонн. Из них на работы, связанные с погрузкой и разгрузкой автомобилей и железнодорожных вагонов, приходится более 60 %. Все это предъявляет большие требования к приемным устройствам элеваторов.

Приемка зерна с автомобильного транспорта является основной операцией на хлебоприемных предприятиях в период, заготовок зерна.

От правильной организации данной операции зависит, смогут ли предприятия в установленные сроки принять, разместить и обработать все поступающее зерно различного качества и целевого назначения при минимальных затратах и простоях автомобильного транспорта.

Успешное выполнение приемки зерна с автомобильного транспорта зависит от состава, количества и производительности оборудования устройств, соответствующих характеру поступления автомобильного транспорта: его типу и грузоподъемности, числу и объемам доставляемых партий зерна различных культур и их качества.

Современное приемное устройство с автомобильного транспорта, представляющее собой полностью механизированный цех. Первые приемные устройства выполняли в виде небольших бункеров, расположенных вдоль элеватора. Они вполне справлялись с погрузочно-разгрузочными работами в тот период, когда зерно от хлебосдатчиков принимали небольшими партиями. С течением времени приемное устройство с автомобильного транспорта изменяли в связи с увеличением объема заготовок зерна и сокращением сроков его приемки.

Развитие средств механизации, автоматизации и дистанционного

управления в последние годы способствовало совершенствованию приемных устройств, дальнейшему повышению их пропускной способности. С ростом разновидностей и грузоподъемности автомобильного транспорта, поступающего на хлебоприемные предприятия, стали широко внедрять автомобилеразгрузчики различной грузоподъемности.

С началом серийного выпуска универсальных автомобилеразгрузчиков АВС-50М-1 и У15-УРАГ технически решена проблема выгрузки зерна из всех видов автомобилей и автопоездов. Широкое распространение получил автомобилеразгрузчик У15-УРАГ. Он предназначен для разгрузки зерна через открытый задний борт из одиночных автомобилей и седельных тягачей с полуприцепами и разгрузки через боковой борт одиночных автомобилей и прицепов общей массой до 20 т без расцепки прицепов от автомобилей.

Современное приемное устройство должно включать в себя универсальный автомобилеразгрузчик, приемный бункер, работающий по принципу самотека, специализированные на приемке транспортные механизмы (конвейер, нория) и накопительные бункера для формирования поступающих партий зерна.

Наличие накопительных бункеров в приемном устройстве делает его универсальным в технологическом отношении, т.е. позволяет принимать и формировать несколько партий зерна и повышает использование основных норий, другого транспортного и технологического оборудования элеватора.

Накопительные бункера необходимо предусматривать непосредственно при приемном устройстве с автомобильного транспорта. На элеваторах, имеющих значительные размеры рабочего здания, можно предусмотреть накопительные бункера в здании, тем самым не создавать для них на территории предприятия отдельного сооружения.

## 4.2 Приемные устройства с железнодорожного транспорта

Перевозки зерна на железнодорожном транспорте занимают довольно значительное место в общем объеме перевозок. В настоящее время в стране этим транспортом ежегодно перевозят около 100 млн т. зерна. Уровень механизации этих работ составляет 96 %, из них на долю стационарной механизации приходится более 70 %.

Современное приемное устройство с железнодорожного транспорта выполняют в виде отдельного сооружения, расположенного на некотором расстоянии от элеватора. Простейшее приемное устройство (аналогичное приемному устройству с автомобильного транспорта) - бункер, в который зерно выгружают из вагона. Затем зерно передают в основную норию при помощи специального конвейера.

Вагоны можно разгружать при помощи: стационарных или передвижных механических лопат; инерционных вагоноразгрузчиков; пневматических всасывающих установок.

Применение пневматических установок увеличивает расход электроэнергии, но при этом значительно облегчается труд и достигаются нормальные санитарные условия для рабочих. Наиболее распространен способ разгрузки вагонов при помощи стационарной механической лопаты, производительность которой 100-120 т/ч.

Сооружение приемных устройств с железнодорожного транспорта обходится очень дорого, а при высоком уровне грунтовых вод приходится устраивать очень сложную и дорогостоящую гидроизоляцию. Поэтому широкое применение находит приемное устройство с бункерами мелкого заложения. Отличительная особенность этого типа приемного устройства следующая: небольшая глубина заложения бункеров; необходимость одновременной разгрузки вагона и работы приемного конвейера из-за малой вместимости бункера (6-10 т), сравнительно короткое расстояние приемного устрой-

ства от рабочего здания элеватора (из-за незначительного заглубления 3 м); стоимость такого устройства значительно ниже, чем при бункерах глубокого заложения.

Приемное устройство с бункерами мелкого заложения при использовании механических лопат приемлемо для элеваторов с норями производительностью 100 т/ч. Для норий производительностью 175 т/ч эти бункера не обеспечивают их полную загрузку, поэтому необходимо приемное устройство с бункерами полного заложения поперечного и продольного типов.

В приемном устройстве поперечного типа конвейеры расположены перпендикулярно железнодорожным путям, а в продольном - параллельно. Приемное устройство поперечного типа полного профиля дает наиболее короткую линию передачи зерна, требует наименьшего числа электродвигателей и обеспечивает лучшую эксплуатационную работу.

Как недостаток следует отметить, что большое заглубление приемных бункеров (6,5-7,5 м) требует значительных капитальных затрат и сложных гидроизоляционных работ. Длина железнодорожных путей получается значительной.

При продольном типе приемного устройства значительно сокращается длина железнодорожных путей; заглубление бункеров составляет 4,0-5,5 м, что позволяет легко увязывать это устройство с рабочим зданием элеватора, выбирая необходимую глубину заложения фундаментной плиты последнего. Однако в этом случае характерны значительно большая длина передачи зерна, большее число электродвигателей и более сложное обслуживание конвейеров.

Сложность строительных работ и значительные капитальные вложения, связанные с сооружением приемных устройств, обуславливают необходимость технических решений, способствующих повышению уровня механизации погрузочно-разгрузочных работ при приемке зерна с железнодорожного транспорта.

В настоящее время ведутся работы по дальнейшему совершенствованию существующих и поиску новых типов приемных устройств, а также способов разгрузки железнодорожных вагонов. Одна из причин в том, что для перевозки зерна начали внедрять вагоны-зерновозы (хопперы). Перспективный тип вагона с раздвижными крышами и саморазгружающийся вагон-зерновоз. Вагон-зерновоз грузоподъемностью 70-100 т разгружают без рабочих в течение 3-4 мин. Для разгрузки зерновозов на элеваторах предусматривается создание дополнительных и реконструкция существующих приемных устройств.

### **4.3 Приемные устройства с водного транспорта**

Объем погрузочно-разгрузочных работ с зерном на водном транспорте составляет около 10-12 % от общего объема работ с зерном.

Приемные устройства с водного транспорта (барж, судов) в силу ряда специфических условий в каждом отдельном случае сооружают применительно к местным условиям. К ним относят; разнообразие подвижного состава водного транспорта как по водоизмещению, так и по конструкции (расположение люков и число трюмов); непостоянство горизонта воды у причала и рельефа берега; расположение элеватора относительно причала.

Для выгрузки зерна из барж применяют два способа: механический и пневматический. Механический способ выгрузки зерна осуществляют при помощи грейферных кранов, выгружающих зерно из трюмов. Выгрузку зерна из барж при помощи грейферных кранов применяют на предприятиях с приемной способностью до 100 т/ч. Грейфер портального крана забирает зерно из баржи и подает его в бункер, из него по самотечным трубам в вагон, на конвейер или в зернохранилище.

Пневматический способ приемки зерна осуществляют стационарными, передвижными и плавучими установками. Этот способ - наиболее производителен и требует минимальной затраты рабочей силы, хотя пневматические установки потребляют большее количество электроэнергии, чем отпускные нории или грейферные краны (в 3-5 раз). Принято считать, что при пневматическом способе выгрузки зерна расходуется 2,5-4,0 кВт·ч на 1 т принятого зерна.

Важное достоинство пневматического приема в том, что всю работу проводят в хороших санитарно-гигиенических условиях (отсутствие пыли), а зерно можно забирать из самых удаленных уголков трюма. Поэтому в настоящее время при строительстве элеваторов в речных и морских портах предпочтение отдают пневматическим приемным устройствам.

Процесс выгрузки зерна пневматическим транспортом принято делить на три этапа:

1) начало разгрузки, когда после погружения сопла в зерновую массу наблюдается самостоятельный приток зерна к всасывающим отверстиям сопла; в этот период пневматическая установка имеет максимальную производительность;

2) промежуточный, т.е. зерно выгружают около бортов в кормовых и носовых участках трюма с перестановкой сопел с одного места на другое, наращивая при этом гибкие рукава и частично подгребая зерно; производительность установки на этом этапе начинает заметно снижаться;

3) конечный, когда осуществляют зачистку судна от остатков и работу по выгрузке зерна выполняют с применением ручного труда, при этом производительность установки минимальна.

С учетом отмеченных этапов выгрузки зерна из судов и барж различают три производительности пневматической установки: техническую, фактическую и эксплуатационную. Последняя составляет 65-75 % от технической производительности, обусловленной паспортом на данную

установку. Эксплуатационная производительность пневматической установки зависит от ряда факторов, и в первую очередь от культуры зерна (пшеница, рожь и др.), конструкции судна (чем больше его вместимость и чем больше глубина трюма, тем больше коэффициент использования установки). Для повышения загрузки оборудования элеватора между разгрузочными устройствами и нориями элеватора предусматривают приемные бункера. При их отсутствии резко снижается коэффициент использования норий элеватора. Взвешивают принимаемое зерно в самой приемной установке, промежуточной башне или на элеваторных весах.

Схемы пневматических установок во многом одинаковы и не зависят от производительности и типоразмеров применяемого оборудования. Стационарные пневматические установки, как и большинство плавучих, оборудованы двумя и более разгрузителями, размещаемыми в отдельных башнях вдоль причала. Из них зерно при помощи конвейера передают в промежуточную башню и далее в эlevator или непосредственно в эlevator, минуя промежуточную башню. Расчетная производительность разгрузителя 25-50-100 т/ч на одну башню, а суммарная - до 300 т/ч (при трех башнях).

Плавучие пневматические перегружатели применяют на многих элеваторах для приемки зерна с водного транспорта, а также для перегрузочных работ на рейде из барж в морские суда и обратно. Плавучие пневматические перегружатели имеют ряд преимуществ перед стационарными:

- 1) производительность и расход электроэнергии не зависят от уровня воды, так как подъем зерна из разгружаемого судна до отделителя постоянен;
- 2) большая подвижность, так как плавучие пневматические перегружатели можно использовать для обслуживания различных причалов данного порта, кроме того, могут выполнять транзитные операции, как, например, перевалку зерна из речных барж непосредственно в морские суда;

3) при надобности плавучие пневматические перегружатели обслуживают перевалочные операции в другом порту.

Плавучие пневматические перегружатели оборудуют высокопроизводительными машинами и механизмами. Техническая производительность плавучего пневматического перегружателя 175 т/ч (эксплуатационная 120 т/ч), расход электроэнергии 2,28 кВт·ч на 1 т принимаемого зерна.

Наряду со стационарными и плавучими пневматическими установками на элеваторах находят применение береговые передвижные приемные установки, которые монтируют в специальных башнях или на порталах, перемещаемых по рельсам. Выгруженное из судов зерно после разгрузителя при помощи нории, смонтированной на установке, и транспортера передают в элеватор.

В некоторых случаях на речных элеваторах используют также передвижные установки, оборудование которых смонтировано на шасси автомобиля. Производительность таких установок до 50 т/ч. Подобные пневматические установки можно применять также при выгрузке зерна из вагонов, автомобилей, немеханизированных складов и погрузке его на различные транспортные средства.

В настоящее время находят применение более эффективные передвижные пневматические перегружатели ТА-45, ТА-46 производительностью 175 и 120 т/ч.

#### 4.4 Внешние процессы приемки зерна

Каждый из видов внешнего процесса - приемка и отпуск - отличается своими особенностями. Изучение теории внешнего процесса начинается с приемки зерна.

*Приемка зерна с железнодорожного транспорта.* Внешний процесс при приемке зерна с железнодорожного транспорта включает разгрузку вагонов, т.е. заполнение бункеров и маневры. Во время маневров убирают разгруженные вагоны и устанавливают над приемными бункерами новые.

Современные элеваторы располагают устройствами для разгрузки вагонов в основном двух типов - *поперечного* и *продольного*.

В устройствах поперечного типа приемные конвейеры расположены поперек путей, второго типа - вдоль путей. При поперечном расположении приемных конвейеров маневры выполняют у каждого бункера независимо от других бункеров, так как каждый из них находится на отдельном пути.

В устройствах продольного типа все бункеры, подающие зерно на один конвейер, расположены на одном пути, и переставлять вагоны в связи с этим можно лишь над всеми бункерами одновременно. Это обстоятельство оказывает влияние на величину периода.

Так как в каждый бункер зерно подается только из одного вагона, при рассматриваемой операции время наполнения бункера соответствует продолжительности разгрузки вагона. Рассмотрим работу устройства каждого типа.

*Приемное устройство поперечного типа* позволяет выполнять маневры у каждого бункера независимо от того, закончена ли разгрузка вагонов у других бункеров.

Перед началом разгрузки очередного вагона (в случае разгрузки зерна другой культуры) необходимо осмотреть и очистить бункер, у последнего бункера разгрузка очередного вагона начинается сразу же после этой операции.

*Приемное устройство продольного типа* требует перестановки вагонов одновременно у всех бункеров, обслуживаемых одним приемным конвейером. Период приемки для устройства продольного типа увеличивается (по сравнению с устройством поперечного типа).

*Приемное устройство с одним бункером.* Приемный бункер может быть небольшой емкости, значительно меньшей, чем грузоподъемность вагона. В процессе разгрузки в бункере накапливается небольшое количество зерна.

Для такого устройства должно быть выполнено дополнительное условие, означающее, что время разгрузки вагона и теоретическая продолжительность уборки зерна из бункера должны быть равны.

*Приемное устройство с накопительным бункером.* В данном приемном устройстве недоиспользуется разгрузочная установка. Для устранения этого недостатка и обеспечения полного использования вагоноразгрузчиков можно применять накопительные приемные бункера. В таких устройствах зерно из приемных бункеров приемными конвейерами и норией подают в накопительные бункера, а оттуда - в основные нории элеватора.

*Параметры внешнего процесса при приемке зерна с железнодорожного транспорта.* Время разгрузки вагонов механическими

лопатами может быть ориентировочно принято равным 36 мин. Для инерционного разгрузчика - 12-15 мин, для разгрузчика ВРГ - 15-18 мин.

Время необходимое для маневров, т. е. для уборки разгруженных вагонов и установки под разгрузку вагонов с зерном, зависит от числа одновременно перемещаемых вагонов и способа маневров. Время, затрачиваемое на осмотр и очистку приемного бункера, можно принимать равным 1 мин.

*Характеристика типовых приемных устройств.* В приемных устройствах, оборудованных механическими лопатами, при нориях производительностью 100 т/ч число бункеров достаточно. Что касается устройств продольного типа с механическими лопатами на элеваторах, оборудованных нориями производительностью 175 и 350 т/ч, то принятые значения числа бункеров недостаточны. Это приводит к снижению коэффициента использования по сравнению с максимально возможным.

Использование разгрузчиков позволяет применить устройство с одним бункером неполной емкости. При нориях 350 т/ч и разгрузчике число приемных бункеров достаточно. При установке разгрузчика с нориями 350 т/ч число бункеров недостаточно, что приводит к снижению коэффициента.

Подача с разгрузчиков в две нории 175 т/ч в эксплуатации заставляет снижать загрузку нории и, следовательно, производительность разгрузчика из-за трудности разделения потока зерна на две половины. Наиболее рациональным следует признать применение при нориях 175 т/ч с разгрузчиками накопительных бункеров; при этом коэффициент может иметь максимально возможное значение; кроме того, обеспечивается полное использование разгрузчика.

*Приемка зерна с автомобильного транспорта.* В этом случае бункера наполняются с перерывами. В течение перерыва разгруженный автомобиль

выезжает из проезда, и его место занимает новый, подлежащий разгрузке. Перерыв между разгрузками может быть еще большим, если к моменту выезда у приемного устройства нет очередного автомобиля с направлением в данный проезд.

Чтобы представить работу всего устройства, нет смысла изображать разгрузку каждого автомобиля в отдельности, достаточно наполнение каждого бункера показать так, как если бы оно совершалось равномерно со средней производительностью поступления.

В бункер может поступать различное зерно, причем интенсивность подвоза разных партий и, следовательно, производительность наполнения отдельных бункеров будут различными. Однако учесть это обстоятельство трудно и для предварительного планирования работы элеватора нецелесообразно. Поэтому на графике наполнение всех бункеров условно изображается с одинаковой производительностью.

В связи с условностью графиков и мелким масштабом откладывается весь период без расчленения на составляющие. На графике, кроме того, не учитывается время на очистку бункера, так как в течение более или менее продолжительного промежутка времени в один бункер принимают зерно одинакового качества.

*Приемка зерна с водного транспорта.* Особенность внешнего процесса элеватора при разгрузке судов - неравномерное использование производительности приемной установки. Изменения производительности установки объясняются, во-первых, необходимостью равномерной разгрузки всех трюмов судна для обеспечения его устойчивости и устранения возможной деформации корпуса, во-вторых, трудностью полной механизации трюмных работ. Второе обстоятельство особенно сказывается при использовании для разгрузки норийных установок.

В начале разгрузки механизмы из трюма в трюм перемещают редко, зерно к соплу еще не подгребают и приемная установка работает с полной (или близкой к полной) нагрузкой. В дальнейшем подача зерна к соплам и перенос самих сопел пневматической установки необходимы. Производительность установки постепенно уменьшается и к концу разгрузки судна сводится к 20-30 % номинальной.

В среднем за весь период разгрузки коэффициент использования пневматических установок колеблется от 0,5 % до 0,85 %. Норийные приемные установки работают с меньшими значениями. При разгрузке многопалубных судов приемные установки работают с еще меньшими значениями.

По нормам технологического проектирования заготовительных предприятий рекомендуется принимать коэффициент использования пневмоустановок равным 0,6 для судов грузоподъемностью до 1000 т и 0,7 - для судов грузоподъемностью более 1000 т.

При составлении графиков приемки зерна с водного транспорта весь процесс разгрузки судна условно разделяют на несколько этапов таким образом, чтобы среднее значение коэффициента получилось в указанных пределах.

При отсутствии приемного бункера использование норий элеватора определяется внешним процессом и уменьшается по мере приближения к концу процесса разгрузки судна. Это обстоятельство доказывает необходимость устройства приемных бункеров.

## **5 Отпускные устройства элеваторов**

Зерно из элеватора можно отпускать на автомобильный, железнодорожный и водный транспорт, а также на предприятие. К отпускным устройствам предъявляют те же требования, что и к приемным, т.е. обеспечение выполнения операций в установленные сроки, исключая порчу и потери зерна, полная механизация погрузочных работ, минимальные капитальные затраты и эксплуатационные расходы.

### **5.1 Устройства для отпуска зерна на автомобильный и железнодорожный транспорт**

Отгрузка зерна на автомобильный транспорт - сравнительно небольшая по объему операция, исключая те элеваторы, которые отпускают зерно для нужд местных предприятий, а также глубинные хлебоприемные предприятия, отгружающие зерно целиком на автомобильный транспорт. Отпуск зерна на автомобильный транспорт осуществляют насыпью. Как правило, для этой цели у силосного корпуса в верхней части делают отсеки вместимостью примерно 20 т, из которых зерно самотеком по трубам поступает в кузов автомобиля. Взвешивают зерно на автомобильных весах.

Отгрузка зерна на железнодорожный транспорт, так же как и его приемка с автомобильного, - основная операция хлебоприемного элеватора. Зерно на железнодорожный транспорт отпускают и на других элеваторах (базисных, перевалочных, портовых и др.), но эта операция может носить как регулярный, так и случайный характер.

Производительность и качественная эксплуатация оказывают большое влияние на эффективность использования железнодорожного транспорта в целом. Дело в том, что в процессе оборота вагона он находится в составе поезда в движении сравнительно небольшое количество времени. Остальное

время приходится на простой в пунктах погрузки и выгрузки зерна, а также на узловых и сортировочных железнодорожных станциях. В связи с этим выбор наиболее производительного способа отгрузки зерна в вагоны в конечном итоге сокращает его оборот, следовательно, в течение года в одном и том же вагоне можно перевезти большее количество зерна.

На современных элеваторах до последнего времени применяли разнообразные отгрузочные устройства, которые с некоторой степенью условности можно разделить на два типа в зависимости от производительности оборудования:

- 1) для элеваторов, оборудованных норями производительностью до 100 т/ч;
- 2) для элеваторов, оборудованных норями производительностью свыше 100 т/ч.

В первом случае зерно отгружают при помощи отсеков, устраиваемых в силосном корпусе или в рабочем здании, через самотечные трубы, заканчивающиеся гибкими наконечниками. При незначительной высоте самотечных труб применяют различные установки и приспособления, способствующие повышению производительности подобных отгрузочных устройств и облегчению труда рабочих.

При загрузке вагонов из элеватора, оборудованного норями производительностью 175 т/ч и более, применяют специальные разбрызгиватели.

Использование железнодорожных вагонов с верхними люками для загрузки зерном привело к реконструкции существующих и созданию новых отгрузочных устройств на элеваторах. На элеваторах основной способ - это загрузка вагонов при помощи отгрузочных труб через верхние люки. Этот способ позволяет быстро заполнить вагоны зерном без участия людей, освободив их от тяжелой работы.

## 5.2 Отпускные устройства на водный транспорт

Различают отгрузку зерна в речные суда и морские. Это объясняется в основном объемами работ, различной грузоподъемностью и конструкцией судов. Речные суда - суда беспалубные, грузоподъемность которых 1000, 2000, 3000 т. Морские суда строят многопалубными, большой грузоподъемности.

При организации отпускных устройств на водный транспорт стремятся сделать так, чтобы мощность этих устройств была как можно больше и не зависела от работы элеватора. Для этого предусматривают специальные промежуточные накопительные бункера: для отпуска зерна в речные суда вместимостью 500-1000 т, а в морские 3000-4000 т.

Конструкции отпускных устройств могут иметь различное исполнение, которое зависит от ряда специфических условий (отдаленность элеватора от причальной линии, рельеф, грузоподъемность судов и т.п.). Основное условие правильного устройства погрузочной установки для отпуска зерна в суда - это создание достаточно протяженного фронта погрузки для равномерной и одновременной подачи зерна во все трюмы. Этого достигают в большинстве случаев путем устройства галерей, параллельных причалам, с несколькими отпускными транспортерами и отпускными трубами.

Зерно и суда подают, в зависимости от производительности и условий погрузки, обычно двумя, тремя и четырьмя параллельно установленными конвейерами. Для погрузки зерна в любой трюм без передвижки судна конвейеры оборудуют сбрасывающими тележками, позволяющими подавать зерно в воронки всех отпускных труб вдоль транспортерной галереи. К отпускным трубам предъявляют много требований; они должны поворачиваться в вертикальной плоскости, изменяться по длине, а также поворачиваться вокруг вертикальной оси. Отпускные трубы в плане

размещают так, чтобы их радиус действия перекрывал всю площадь загружаемого судна. Расстояние между соседними отпускными трубами принимают 20-25 м, а высоту - 20-22 м. Управляют отпускными трубами при помощи электрических лебедок.

Отпуск зерна в суда непосредственно из рабочего здания возможен в том случае, если элеватор расположен близко от причальной линии. В этом случае отпускные бункера располагают в верхней части рабочего здания, а из них зерно направляют в трюмы самотеком. Несмотря на оригинальность и большую производительность отпускного устройства, данной схеме присущи серьезные недостатки: рабочее здание элеватора находится близко к берегу на кордоне набережной, что требует больших капитальных затрат на гидротехнические работы; размещение отпускных бункеров в верхней части рабочего здания увеличивает его высоту, усложняет строительные работы и тем самым повышает общие капиталовложения на строительство элеватора; обслуживание отпускных труб значительной длины (максимальная длина труб при вытянутом состоянии 33 м) представляет значительные трудности.

По этим причинам данная схема не нашла широкого применения. Портовые элеваторы, как правило, строят в глубине территории, располагая отгрузочное устройство вдоль берега или вынося его в море. Первый вариант расположения отгрузочного устройства применяют при неограниченной длине причальной линии на берегу, второй - в морских портах. В этом случае можно уменьшить объем строительных работ, сократить длину отгрузочных конвейеров и обеспечить одновременно загрузку двух судов с обеих сторон пирса.

Однако как в первом, так и во втором варианте могут быть затруднения с отгрузкой зерна, так как расположение люков трюмов самое разнообразное. Поэтому в некоторых случаях применяют специальные передвижные машины, порталы, перемещаемые по рельсам с поперечным выдвижным конвейером. На его конце устанавливают вертикальную

телескопическую самотечную трубу с подвешенным к ней зернометателем. Такое устройство обеспечивает механизированную подачу зерна в любое место трюма.

### **5.3 Отпуск зерна на предприятие**

Зерно с элеватора отпускают и на перерабатывающие предприятия (мукомольные, крупяные, комбикормовые заводы и др.). Объем этой операции значительно меньше, чем других, и в большинстве случаев равен суточной производительности зерноперерабатывающего предприятия.

В начале строительства мукомольных элеваторов для отпуска зерна на предприятие предусматривали самотечную трубу. Несмотря на простоту исполнения, этому способу отгрузки зерна присущи определенные недостатки: круглая труба быстро изнашивалась, и ее ремонт на значительной высоте затруднителен; в самотечной (отпускной) трубе может образовываться пробка (в результате разности температур зерна и окружающей среды на внутренних стенах трубопровода происходит налипание пыли).

На типовых мукомольных элеваторах зерно отпускают из рабочего здания элеватора непосредственно из весов или отпускных бункеров при помощи ленточного конвейера. Отпускные бункера размещают обычно на уровне надсепараторных бункеров. При наличии в подготовительном отделении перерабатывающего предприятия бункеров достаточной вместимости зерно из элеватора отпускают непосредственно из весов, при этом отпускной конвейер предусматривают такой же производительности, как и надсилосный.

## 5.4 Внешние процессы отпуска зерна

На элеваторах применяют две схемы отпуска: из отпускных силосов и непосредственно из весов. По первой схеме отпускают зерно на автомобильный и водный транспорты. На железнодорожный транспорт и на предприятия зерно отпускают как по первой, так и по второй схеме. По второй схеме зерно отпускают иногда и на водный транспорт. При отпуске его на автомобильный и водный транспорт отпускные бункера (силосы) в качестве буферных помогают полнее использовать производительность норией. Отпускные бункера позволяют предварительно заготавливать зерно и сокращают таким образом время отгрузки. Отпуск зерна из весов, т.е. непосредственно норией, делает внутреннюю работу зависимой от внешней и приводит при определенных условиях к уменьшению коэффициента использования.

Рассмотрим особенности расчета внешнего процесса отпуска зерна на железнодорожный и водный транспорт.

*Отпуск зерна на железнодорожный транспорт.* При отпуске в вагоны зерна из весов внутренний и внешний процессы связаны между собой.

Расчет внешнего процесса при отпуске зерна из весов заключается в определении времени отгрузки при заданном количестве зерна в одной подаче.

Время отгрузки подачи учитывает, что из общего количества зерна в подаче часть заготавливают в бункерах заранее, до установки вагонов, а другую часть отпускают в вагоны из весов или через особый отпускной бункер. Во время отпуска норией заготовленное в бункерах зерно загружают в вагоны вторым потоком.

*Отпуск зерна на водный транспорт.* Расчет внешнего процесса по отпуску зерна на водный транспорт схож с расчетом приемки зерна из судов. Средняя производительность конвейеров, перемещающих зерно из отпускных силосов в трюмы судов, обычно меньше их номинальной производительности. Это вызывается, во-первых, необходимостью разравнивания зерна, на время которого прекращают подачу зерна в трюм или уменьшают производительность подачи, и, во-вторых, перестановкой отпускных труб.

До начала разравнивания зерна в трюме коэффициент использования погрузочных механизмов равен или близок 1, по мере приближения окончания загрузки значение его уменьшается.

Среднее значение коэффициента использования за весь период погрузки колеблется в пределах 0,65-0,95 и зависит от производительности отпускных конвейеров, грузоподъемности и конструкции судов. Погрузка многопалубных судов характеризуется меньшими величинами.

Для расчета внешней работы по отпуску зерна на водный транспорт и составления графика весь процесс погрузки судна подразделяют на несколько этапов, используя ориентировочные данные или данные производственных испытаний.

## 6 Расчет оборудования для приема и отпуска зерна

### 6.1 Прием с автомобильного транспорта

Основной объем приема заготовительных элеваторов отпускается на долю автомобильного транспорта. Для определения качества зерна, поступающего от хлебосдатчиков, предусматривается приемная лаборатория.

Количество автомобилей поступающих в минуту –  $\lambda$  определяется по формуле:

$$\lambda = 0,000605 \frac{A_{\text{ат}} \cdot K_c}{P_p \cdot q}, \text{ шт/мин} \quad (14)$$

где  $A_{\text{ат}}$  – количество зерна поступающего в период заготовок (автотранспортом), т;

$K_c$  – коэффициент суточной неравномерности (таблица 3);

$q$  – средняя грузоподъемность автомобилей 15 т.

Количество одновременно обрабатываемых автомобилей определяется по формуле:

$$z = 3\lambda, \text{ шт} \quad (15)$$

где 3 – время для обработки 1-ого автомобиля, мин;

Площадь визировочной лаборатории определяется по формуле:

$$S = 5,5z, \text{ м}^2 \quad (16)$$

где 5,5 - нормативная площадь лаборатории на один обрабатываемый автомобиль,  $\text{м}^2$ .

Примечание: площадь лаборатории должна быть не меньше  $16 \text{ м}^2$ .

Длина эстокады приемной лаборатории –  $l$  определяют по формуле:

$$l = \frac{12z}{m}, \text{ м} \quad (17)$$

где  $12$  – длина эстокады для одного автомобиля, м;

$m$  – число сторон эстокады для установки автомобилей.

Все зерно, поступающее от хлебосдатчиков, подлежит взвешиванию.

Необходимое количество автомобильных весов  $B$  определяют по формуле:

$$B = 0,000666 \frac{A_{\text{ат}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{ч}} \cdot \tau}{P_{\text{р}} \cdot q}, \text{ шт} \quad (18)$$

где  $A_{\text{ат}}$  – количество зерна, поступающего от хлебосдатчиков в период заготовок, т;

$K_{\text{с}}$ ,  $K_{\text{ч}}$  – коэффициент суточной и часовой неравномерности поступления зерна (таблица 3);

$q$  – средняя грузоподъемность автомобилей – 8 т;

$\tau$  – время, необходимое для двукратного взвешивания одного автомобиля (брутто и тара) и оформление документов.

Для расчетов рекомендуется принимать  $\tau = 3$  мин. Для весов с циферблатной головкой и весопечатающим механизмом  $\tau = 2,5$  мин.

При приеме зерна через накопительную емкость производительность транспортного оборудования  $Q_{\text{т}}$  приемных устройств принимают в зависимости от объема годового поступления зерна автотранспортом:

- 1) при годовом поступлении до 3500 т  $Q_{\text{т}} = 100$  т/ч;
- 2) при годовом поступлении свыше 3500 т  $Q_{\text{т}} = 175$  т/ч.

Если накопительные емкости отсутствуют, то производительность приемных потоков должна соответствовать производительности основных норий.

Максимальное часовое поступление зерна ач определяют по формуле:

$$a_{ч} = \frac{0,8A_{ат} \cdot K_c \cdot K_{ч}}{\Pi_p \cdot \tau_p}, \text{ т/ч} \quad (19)$$

где  $A_{ат}$  – количество зерна, поступающего автотранспортом за период заготовок, т;

$\Pi_p$  – продолжительность расчетного периода заготовок, сут;

0,8 – коэффициент, учитывающий количество зерна, поступающего за расчетный период заготовок;

$\tau_p$  – расчетное время подвоза зерна автотранспортом, в течение суток принимают 24 ч;

$K_c$ ;  $K_{ч}$  – коэффициент суточной и часовой неравномерности поступления зерна (таблица 3).

Количество приемных потоков  $\Pi_{п}$  определяют по формуле:

$$\Pi_{п} = \frac{a_{ч} \cdot K_a}{Q_{т} \cdot K_{и} \cdot K_{вн}} \left( \frac{A_2}{A_1 \cdot K_k} + \frac{A_1 - A_2}{A_1 \cdot K_k \cdot K_{т1}} \right), \text{ шт} \quad (20)$$

где  $Q_{т}$  – производительность транспортного оборудования в приемном потоке, т/ч;

$K_{и}$  – коэффициент использования транспортного оборудования по производительности (таблица 13);

$K_{вн}$ ;  $K_k$  – коэффициенты снижения производительности транспортного оборудования при транспортировании сырого и засоренного зерна,

отличающегося от пшеницы по объемной массе  
(таблица 13, примечание 1; 2)

$K_a$  – коэффициент неравномерности поступления зерна в течение часа, принимается в зависимости от емкости бункеров  $E_6$  в приемном устройстве: при  $E_6 \geq 15$  т  $K_a = 1$ , при  $E_6$  – равной грузоподъемности автомобилей  $K_a = 1,2$

$A_1 = A_2$  – (для вновь строящихся элеваторов) - количество зерна, поступающего автотранспортом, т;

$A_2$  – количество зерна основной партии, принимается по таблице б, т;

$K_{т1}$  – коэффициент снижения производительности транспортного потока при перемещении разнородных партий, определяется по формуле:

$$K_{т1} = \frac{a_{ч}(A_1 - A_2)}{a_{ч}(A_1 - A_2) + \tau_{ож} \cdot Q_T \cdot A_1 [(m_1 - m_0) K_{п1} \cdot K_{п2} - m_3]} \quad (21)$$

где  $\tau_{ож}$  – время ожидания, ч, принимается: для приемных устройств, передающих зерно в рабочее здание элеваторов – 0,1 ч, для приемных устройств, расположенных непосредственно у силосных корпусов – 0,03 ч;

$m_1$  – число разнородных партий зерна, поступающих в переход заготовок;

$m_0$  – число основных партий, поступающих за период заготовок, принимают равным 1;

$K_{п1}$  – коэффициент суточной одновременности поступления разнородных партий;

$K_{n2}$  – коэффициент часовой одновременности поступления разнородных партий. При разработке типовых проектов значения  $m_1$ ,  $K_{n1}$ ,  $K_{n2}$ , принимают по таблице 6;

$m_3$  – число разнородных мелких партий, принимаемых приемными устройствами. Для нового строительства  $m_3 = 0$ .

Таблица 6 – Расчетные показатели в зависимости от района

Показатели	Районы		
	С сырым и влажным зерном	С зерном средней влажности	С сухим зерном
Возможное число партий $m_1$	7	25-27	13
Коэффициент суточной одновременности поступления партий $K_{n1}$	1	0,7	0,8
Коэффициент часовой одновременности поступления партий $K_{n2}$	0,8	0,6	0,7
Величина основной партии зерна, %	50	16-17	30

Количество автомобилеразгрузчиков  $N$  определяют по формуле:

$$N = \frac{1.2a_{\text{ч}}}{q_{\text{а}} \cdot K_{\text{тр}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{пч}}} \left( \frac{A_2}{A_1} + \frac{A_1 - A_2}{A_1 \cdot K_t} \right), \text{ шт} \quad (22)$$

где  $q_{\text{а}}$  – техническая производительность автомобилеразгрузчика (таблица 7), т/ч;

$K_{пч}$  - коэффициент для колосовых культур - 1, для кукурузы в початках - 0,75;

$K_{тр}$  – коэффициент изменения производительности автомобилеразгрузчика в зависимости от грузоподъемности автомобилей (таблица 7);

$K_{т1}$  – определяется по формуле (21);

$K_{в}$  – коэффициент снижения производительности при разгрузке сырого и засоренного зерна: для ГУАР – 15С, ПГА – 25М, ГУАР – 30  $K_{в} = 0,8$ .

Таблица 7 – Коэффициент изменения производительности автомобилеразгрузчика

Тип средства доставки и грузоподъемность	Техническая производительность автомобилеразгрузчика			
	80 т/ч (проездные автомобилеразгрузчики)			
	ПГА-11	ГУАР-15С	ПГА-25М	ГУАР-30
Автомобили грузоподъемностью 5 – 8 т (включая полуприцепы)	-	1,63	1,44	1,44
Автопоезда с одним прицепом	0,5	0,63	0,75	1,63
Автопоезда с двумя прицепами	0,43	0,5	0,83	1,56

## 6.2 Прием и отпуск зерна на железнодорожный транспорт

При проектировании устройств для погрузки и разгрузки железнодорожных вагонов максимальный суточный объем операций определяют по формуле 10.

Для предприятий с расчетным суточным объемом погрузки (разгрузки)  $V_{сут}$  более 1000 т следует принимать суточную погрузку (разгрузку) не менее железнодорожного маршрута.

Грузоподъемность железнодорожного маршрута принимают 3000 т. При прибытии (отправлении) одного или более маршрутов в сутки маршруты должны обрабатываться не более чем в две – три подачи.

Для предприятий с расчетным суточным объемом погрузки (разгрузки) зерна менее 1000 т одновременно подается не более 1/5 маршрута.

Общую продолжительность обработки одной подачи принимают: при погрузке  $T_n = 3$  ч 40 мин. при разгрузке  $T_p = 3$  ч 10 мин.

Величину интервалов между подачами принимают не менее 2 ч.

Устройства для погрузки (разгрузки) вагонов должны обеспечивать обработку группы вагонов без расцепки.

Устройства для погрузки зерна в вагоны должны иметь следующую производительность погрузочных механизмов  $Q_{тр1}$ : при суточной погрузке до 1000 т - 100 т/ч; при суточной погрузке равной 3000 т - 175 т/ч; при суточной погрузке более 3000 т - 350 т/ч.

Количество погрузочных потоков определяют по формуле:

$$П_{пжд} = \frac{Q_{под}}{T_n \cdot Q_{тр1} \cdot K_n \cdot K_k}, \text{ шт} \quad (23)$$

где  $Q_{под}$  – вес зерна в одной подаче, т;

$Q_{\text{тр}}$  – производительность погрузочных механизмов, т/ч;

$K_{\text{и}}$  – коэффициент использования норий на данной операции, принимают по таблице 13;

$K_{\text{к}}$  – коэффициент снижения производительности транспортного оборудования при транспортировании культур с объемной массой, отличающейся от пшеницы, принимать по таблице 13;

$T_{\text{н}}$  – время погрузки одной подачи, ч.

Устройства для разгрузки зерна из железнодорожных вагонов должны иметь следующую производительность в зависимости от годового поступления зерна на предприятие:

1) 1) при годовом поступлении 150000 т и более следует применять оборудование с производительностью не менее 240 т/ч;

2) 2) при годовом поступлении до 150000 т – с производительностью до 240 т/ч.

Количество приемных потоков определяем по формуле:

$$P_p = \frac{Q_{\text{под}}}{T_p \cdot Q_{\text{тр}2} \cdot K_{\text{и}} \cdot K_{\text{к}}}, \text{ шт} \quad (24)$$

где  $Q_{\text{тр}2}$  – производительность транспортных механизмов, т/ч;

$T_p$  – время разгрузки одной подачи, ч;

Необходимое количество разгрузочных точек определяется по формуле:

$$P_{\text{ж}} = \frac{Q_{\text{под}}}{T_p \cdot Q_{\text{с}}}, \text{ шт} \quad (25)$$

где  $Q_3$  – эксплуатационная производительность вагоноразгрузчика, принимать по данным завода изготовителя или по формуле:

$$Q_3 = \frac{G_B}{\tau_M + \tau_{ПЗ} + \frac{G_B - G_{с.в.}}{G_p}}, \text{ т/ч} \quad (26)$$

где  $G_B$  – техническая норма загрузки вагона, для зерна пшеницы принимать 63 т;

$G_{с. в.}$  – количество зерна, вытекающего из вагона самотеком, при открывании дверей: при разгрузке на одну сторону – 8 т; при разгрузке на две стороны – 12 т;

$\tau_{ПЗ}$  – время подготовительных и заключительных работ, принимать 0,15 ч;

$\tau_M$  – время, затрачиваемое на маневр вагонов, принимать по таблице 8;

$Q_p$  – техническая производительность вагоноразгрузчика, т/ч.

Таблица 8 – Время маневра различных средств

Маневровые средства	Продолжительность маневра, мин			
	1 вагон	2 вагон	3 вагон	Более 3-х вагонов
Маневровая лебедка	2	3	5	-
Мотовоз	1,5	2,5	3	-
Тепловоз	-	2,5	3	4

На каждом проектируемом предприятии и при реконструкции необходимо предусматривать устройства для разгрузки вагонов – зерновозов.

Емкость бункеров приемных устройств следует принимать по таблице 9.

Для лучшего использования производительности транспортных потоков предусматривать погрузку (разгрузку) на двух параллельных путях.

Таблица 9 - Емкость бункеров приемных устройств

Производительность разгрузочных механизмов	Емкость приемных бункеров
240 т/ч и более	не менее 30 т
от 130 т/ч до 240 т/ч	не менее 20 т

### 6.3 Прием и отпуск зерна на водный транспорт

Суточная расчетная пропускная способность погрузочных и разгрузочных устройств не должна быть менее среднепрогрессивных судосуточных норм и специальных норм, установленных для района или пароходства (таблица 10)

Таблица 10 - Суточная расчетная пропускная способность погрузочных и разгрузочных устройств

Груз	Грузоподъёмность судна, т							
	до 400		400-700		700-1000		более 1000	
	погрузка	разгрузка	погрузка	разгрузка	погрузка	разгрузка	погрузка	разгрузка
Зерно просыпью: пшеница,	440	400	660	660	880	860	1320	1200

рожь и др								
-----------	--	--	--	--	--	--	--	--

Суточную расчетную пропускную способность устройств для погрузки (разгрузки) речных судов рассчитывают по формуле .

Часовую эксплуатационную производительность оборудования для погрузки (разгрузки) речных судов определяют по формуле:

$$P_{\text{чэр}} = \frac{P_{\text{сут}}}{24 \cdot K_{\text{ив}}}, \text{ т/ч} \quad (27)$$

где  $K_{\text{ив}}$  – принимают для судов грузоподъемностью до 1000 т – 0,6, свыше 1000 т – 0,7.

Суточную пропускную способность морского причала определяют по формуле:

$$P_{\text{мсут}} = \frac{24D}{\tau_{\text{гр}} + \tau_{\text{всп}}}, \text{ т/сут} \quad (28)$$

где  $D$  – грузоподъемность расчетного судна, т;

$\tau_{\text{гр}}$  – время занятости причала погрузкой (разгрузкой) одного судна;

$\tau_{\text{всп}}$  – время занятости причала вспомогательными операциями, принимать по таблице 11.

Выгрузка зерна из судов осуществляется пневматическими перегружателями.

В портовых элеваторах для погрузки зерна на водный транспорт предусматривают отпускные емкости на 8 – 10 часов работы отпускных норий.

Таблица 11 - Время занятости причала вспомогательными операциями

Род груза	Грузоподъемность судна, т	Осенне-зимний период, ч		Весенне-летний период, ч	
		погрузка	выгрузка	погрузка	выгрузка
Зерновые	до 1500	5,5	6,0	4,0	5,0
	1501 – 3000	6,5	8,0	5,0	6,0
	3001 – 5000	8,5	10,0	7,0	7,5
	5001 – 8000	10,0	12,0	8,5	9
	8001 – 12000	11,5	14,0	9,5	10,0
	более 12000	12,0	15,0	10,0	10,5

Часовую эксплуатационную производительность для погрузки (разгрузки) морских судов определяют по формуле:

$$P_{\text{тэп}} = \frac{P_{\text{мсут}}}{24K_{\text{ив}}}, \text{ т/ч} \quad (29)$$

где  $K_{\text{ив}}$  – коэффициент использования оборудования, принимать при погрузке – 0,6, выгрузке – 0,7.

#### 6.4 Передача зерна на переработку

В элеваторах промышленных предприятий (мельничных) должны быть устройства для отпуска зерна в бункера мельницы, крупозавода или комбикормового завода.

Подача зерна предусматривается в объеме, обеспечивающем суточную работу предприятия. Если на заводах отсутствуют приемные бункеры необходимо предусмотреть их на элеваторе, емкость их должна обеспечивать работу завода в течение 25 – 30 ч.

При отсутствии отпускных бункеров на элеваторе производительность транспортных устройств для подачи зерна на заводы должна быть равна производительности основных норий элеватора.

## **7 Расчет и выбор основного технологического и транспортного оборудования**

### **7.1 Расчет зерноочистительного оборудования**

Необходимое количество воздушно – ситовых машин для предварительной очистки зерна  $\Pi_{пр}$ , поступающего автомобильным транспортом, определяют по формуле:

$$\Pi_{пр} = \frac{K_{\tau} \cdot K_a \cdot P_{пр}}{0,6 Q_{сп} \cdot K_1 \cdot \tau}, \text{ шт} \quad (30)$$

где  $K_{\tau}$  – коэффициент часовой неравномерности поступления зерна (таблица 3);

$K_a$  – коэффициент, учитывающий неравномерность поступления автомобилей с зерном в течение часа. При установке машины вне потока приема  $K_a = 1$ , при установке машины в потоке принимают согласно формуле 20;

$P_{пр}$  – максимальный суточный объем предварительной очистки зерна, принимают по 3.5, т;

0,6 – коэффициент, учитывающий снижение паспортной производительности машин при очистке продовольственного зерна;

$Q_{сп}$  – паспортная производительность оборудования, применяемого для очистки зерна;

$K_1$  – коэффициент, зависящий от влажности зерна и содержания  
отделимой примеси (таблица 12);  
 $\tau$  – время работы машин в сутки (24 ч).

Таблица 12 – Значения коэффициента, зависящего от влажности зерна  
и содержания отделимой примеси

Состояние зерна по влажности содержание сорной примеси	Значение $K_1$	
	Для зерна, неочищенного от вороха	Для зерна, очищенного от вороха
Зерно сырое с сорной примесью более 5 %	0,50	0,65
Зерно влажное с сорной примесью от 3 % до 5 %	0,60	0,75
Зерно сухое и средней сухости с сорной примесью до 3 %	0,70	0,80

Необходимое количество сепараторов для первичной  $\Pi_{1оч}$  и вторичной  $\Pi_{2оч}$  очисток зерна, поступающего автомобильным транспортом, определяют по формуле:

$$\Pi_{iоч} = \frac{P_{iоч}}{0,8Q_{сп} \cdot K_1 \cdot \tau}, \text{ шт} \quad (31)$$

где  $\Pi_{iоч}$  – количество сепараторов для первичной или вторичной  
очисток зерна, шт;

$P_{i_{оч}}$  – максимальный суточный объем первичной или вторичной очисток зерна, принимают по 3.5, т;

$Q_{сп}$  – паспортная производительность сепараторов;

$K_1$  – коэффициент, принимают по таблице 10;

$\tau$  – время работы машин в сутки (24 ч).

Общее количество сепараторов для первичной и вторичной очисток зерна определяют:

$$P_{с1} = P_{1оч} + P_{2оч}, \text{ шт} \quad (32)$$

При разгрузке новых (типовых) проектов предприятий предусматривают очистку зерна на триерах в течение расчетного периода заготовок в размере 10 % годового поступления зерна от хлебосдатчика (автомобильным транспортом). Необходимое количество триеров  $P_T$  определяют по формуле:

$$P_T = 0,00036 \frac{A \cdot \Psi}{P_p \cdot Q_{тп}}, \text{ шт} \quad (33)$$

где  $A$  – количество зерна, поступающего в проектируемое сооружение от хлебосдатчиков за период заготовок, т;

$P_p$  – продолжительность расчетного периода заготовок, сут;

$\Psi$  – количество зерна, подлежащего очистке на триерах ( $\Psi = 10 \%$ );

$Q_{тп}$  – паспортная производительность триеров, т/ч.

Необходимое количество воздушно – ситовых машин на производственных, базисных, перевалочных и портовых элеваторах для очистки зерна, поступающего по железной дороге и водным транспортом или отгружаемого портовыми элеваторами на экспорт, определяют по формуле:

$$П_{с2} = 0,05 \frac{К \cdot A_{\max}}{0,6Q_{\text{сп}} \cdot K_{\text{к}}}, \text{ шт} \quad (34)$$

где  $A_{\max}$  – количество зерна, поступающего по железной дороге и водным транспортом в сутки максимального приема, т;

$K$  – коэффициент, учитывающий, какая часть от общего объема поступления зерна подлежит очистке в сутки максимального приема; для производственных, перевалочных и базисных элеваторов  $K = 0,5$ , на портовых элеваторах предусматривают очистку всего зерна, подлежащего отгрузке в суда;

$Q_{\text{сп}}$  – паспортная производительность сепараторов, т/ч;

$K_{\text{к}}$  – коэффициент, учитывающий изменение производительности воздушно – ситовой машины, в зависимости от культуры зерна,  $K_{\text{к}} = 1$ .

Если элеватор ведет прием зерна с различных видов транспорта (совмещает функции элеваторов различных типов), то общее количество сепараторов находят:

$$П_{\text{с}} = П_{\text{с1}} + П_{\text{с2}}, \text{ шт} \quad (35)$$

Емкости над и под зерноочистительными машинами в элеваторах всех типов рассчитывают на двух-, трехчасовую работу зерноочистительных машин (не менее часовой производительности транспортного оборудования).

Для обеспечения возможности быстрого перехода с очистки одной партии зерна на другую над и под сепараторами предусматривают не менее двух бункеров.

## 7.2 Расчет зерносушилок

Необходимый суточный объем сушки зерна, поступающего автотранспортом, для предприятия в целом определяют по формуле (для колосовых культур, кукурузы в зерне, подсолнечника):

$$\sum_1^n Q_{\text{зс1}} = \frac{0,8}{\Pi_p} \left( \frac{A_1 \cdot K_{\text{пт1}}}{K_{\text{с1}} \cdot K_{\text{н}}} + \frac{A_2 \cdot K_{\text{пт2}}}{K_{\text{с2}} \cdot K_{\text{н}}} + \dots + \frac{A_n \cdot K_{\text{пtn}}}{K_{\text{сn}} \cdot K_{\text{н}}} \right), \text{ пл. т/сут} \quad (36)$$

где  $\sum Q_{\text{зс1}}$  - необходимая расчетная производительность зерносушилок, пл. т/сут;

$A_1, A_2, A_n$  – количество сырого и влажного зерна различных партий, поступающих за период заготовок (таблица 4), т;

$K_{\text{пт1}} - K_{\text{пtn}}$  – коэффициенты перевода физических тон в плановые.

$K_{\text{н}}$  – коэффициент, учитывающий изменение производительности зерносушилок в зависимости от назначения просушиваемого зерна.

$K_{\text{с1}} - K_{\text{сn}}$  – коэффициент, учитывающие изменение производительности зерносушилок в зависимости от рода культуры, для пшеницы  $K_{\text{с}} = 1,0$ .

При сушке зерна в шахтных сушилках: при снижении влажности с 17 % до 14 %  $K_{\text{пт}} = 0,67$ ; при снижении влажности с 20 % до 14 %  $K_{\text{пт}} = 1,00$ ; при снижении влажности с 24 % до 14 %  $K_{\text{пт}} = 1,46$ .

При сушке зерна в газовых рециркуляционных сушилках и температуре зерна 55 °С: при снижении влажности с 16 % до 14 %  $K_{\text{пт}} = 0,52$ ; при снижении влажности с 20 % до 14 %  $K_{\text{пт}} = 1,07$ ; при снижении влажности с 24 % до 14 %  $K_{\text{пт}} = 1,58$ ; при снижении влажности с 28 % до 14 %  $K_{\text{пт}} = 2,04$ .

Для партий, направляемых на переработку в мукомольную, крупяную и комбикормовую промышленность  $K_H = 1,0$ .

Необходимое количество зерносушилок (аппаратов) определяют по формуле:

$$P_{зс1} = \frac{\sum Q_{зс1}}{20,5 Q_{зсп}}, \text{ шт} \quad (37)$$

где  $Q_{зсп}$  - паспортная производительность зерносушилок, пл. т/ч;

20,5 - время работы зерносушилок в сутки, ч.

Производительность зерносушильных аппаратов для производственных, базисных, портовых элеваторов определяют по данным заданиям на проектирование по формуле:

$$Q_{зс2} = \frac{A_{срс} \cdot K_{пт} \cdot K_{вп}}{K_{с1} \cdot K_H}, \text{ пл. т/сут} \quad (38)$$

где  $A_{срс}$  - среднесуточное поступление зерна по железной дороге и водным транспортом, т/сут;

$K_{пт}$  - коэффициент перевода физических тонн в плановые;

$K_{вп}$  - коэффициент, учитывающий количество влажного зерна, поступающего по железной дороге и водным транспортом (дается в задании на проект или среднее за последние несколько лет работы предприятия);

$K_H; K_{с1}$  - см. формулу 36.

Необходимое количество зерносушильных аппаратов определяют по формуле:

$$П_{зс2} = \frac{Q_{зс2}}{20,5Q_{зсп}}, \text{ шт} \quad (39)$$

Если элеватор ведет прием зерна с различных видов транспорта (совмещает функции элеваторов различных типов), то общее количество зерносушилок находят по формуле:

$$П_{зс} = П_{зс1} + П_{зс2}, \text{ шт} \quad (40)$$

Емкость оперативных досушильных и послесушильных бункеров рассчитывают на восьмичасовую работу зерносушилок.

Величину накопительной емкости для временного размещения сырого и влажного зерна, ожидающего сушки, оборудованную установками, для активного вентилирования зерна определяют по формуле:

$$E_n = 0,25П_p \left( \frac{0,8 \cdot A \cdot \rho \cdot K_c}{П_p} - \frac{Q_{зсп} \cdot П_{зс1} \cdot 20,5}{K_{птср.вз}} \right), \text{ т} \quad (41)$$

где  $E_n$  - накопительная емкость (бункера, силоса, зерносклады), т;

$П_p$  - расчетный период заготовок, сут;

$A$  - годовое поступление зерна автотранспортом, т;

$\rho$  - количество влажного и сырого зерна в общем объеме поступления (таблица 4), %;

$K_c$  - коэффициент суточной неравномерности поступления зерна;

$Q_{зсп}$  - паспортная производительность зерносушилок, пл. т/ч;

$П_{зс1}$  - количество зерносушилок (по формуле 37);

$K_{птср.вз}$  - коэффициент перевода физических тонн в плановые тонны сушки по отношению ко всем объему

поступления зерна определяется как средневзвешенная величина.

### 7.3 Расчет и работа норий

Необходимое количество основных норий следует определить из расчета обеспечения выполнения всех операций с зерном, совпадение которых возможно по времени в сутки максимальной работы элеватора.

Необходимое количество часов работы норий на каждой из операций определяют по формуле:

$$H_{\text{ч}} = \frac{\alpha \cdot K_{\text{п}}}{Q_{\text{нп}} \cdot K_{\text{и}} \cdot K_{\text{вн}} \cdot K_{\text{к}}}, \text{ ч} \quad (42)$$

где  $\alpha$  - суточный объем операций, т;

$K_{\text{п}}$  - количество подъемов зерна, определяется объемно - планировочными решениями рабочего здания;

$Q_{\text{нп}}$  - паспортная производительность норий, т/ч;

$K_{\text{и}}$  - коэффициент использования норий для зерна с влажностью до 17 % и засоренностью до 5 %, (таблица 13);

$K_{\text{вн}}$  - коэффициент, зависящий от качественной характеристики зерновой массы (примечание 1 к таблице 13);

$K_{\text{к}}$  - коэффициент, зависящий от транспортируемой культуры (примечание 2 к таблице 13)

Таблица 13 - Значения коэффициентов использования норий  $K_n$  различных операций

Операция с зерном	Для норий производительностью, т/ч			
	100	175	350	500
Прием зерна, разгружаемого из автомобилей	0,85	0,8	0,75	0,70
Прием зерна, разгружаемого из железнодорожных вагонов	0,8	0,75	0,7	0,65
Прием зерна, разгружаемого из морских или речных судов	0,85	0,8	0,75	0,70
Отгрузка зерна в железнодорожный вагоны	0,8	0,75	0,7	0,65
Подача зерна в отпускные емкости для погрузки речных или морских судов	0,85	0,85	0,75	0,70
Подача зерна в надсепараторные, надсушильные бункера и т. д.	0,9	0,85	0,8	0,75
Транспортирование зерна из емкостей подсепараторные, подсушильных и т. п.	0,9	0,85	0,8	0,75
Подача подготовленных партий зерна на производство	0,9	0,85	0,8	0,75
Внутренние перемещения:				
1) из емкостей в емкость, при инвентаризации и др.	0,9	0,9	0,8	0,75
2) при проветривании зерна, подсортировке	0,6	0,55	0,55	0,5

Примечания:

1) При транспортировании пшеницы влажностью свыше 17 % и с содержанием сорных примеси более 5 % вводят дополнительный

понижающий коэффициент: для тихоходных норий - 0,85; для быстроходных норий - 0,7.

2) При транспортировании культур с объемной массой, отличающейся от пшеницы, принимают следующие значения  $K_k$ : для кукурузы в зерне - 1,0; для ржи и гороха - 0,9; для ячменя и проса - 0,8; для риса - зерна и гречихи - 0,7; для овса - 0,65; для подсолнечника - 0,6.

При расчете количество часов работы норий удобно пользоваться таблицей 14.

Таблица 14 - Количество часов работы норий на различных операциях

Операции	Суточный объем операций, т	$Q_n$ , т/ч	
		$K_k$	$H_n$ , ч
1	2	3	4
<p><b>Внешние операции:</b></p> <p>Прием зерна, разгружаемого из автомобилей</p> <p>То же, из железнодорожных вагонов</p> <p>То же, из морских или речных судов</p> <p>Отгрузка зерна в автомобили</p> <p>То же, в железнодорожные вагоны</p> <p>То же, в морские или речные суда</p> <p><b>Внутренние операции:</b></p> <p>Подача зерна в емкости над сепараторные</p> <p>То же, в над сушильные</p>			

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4
<p>То же, в специализированные отпускные</p> <p>То же, на производство</p> <p>То же, в емкости для дезинсекции зерна</p> <p>Транспортирование зерна из емкостей под сепараторных</p> <p>То же, из емкостей под сушильных</p> <p>То же, зерна, подвергавшегося дезинсекции</p> <p>Проветривание зерна</p> <p>внутренние перемещения из емкостей в емкость</p> <p>Транспортирование зерна для его инвентаризации</p>			

Примечание: В случаях, когда технологическими схемами разгрузка и погрузка средств доставки предусматривается через накопительные емкости размером не менее суточного объема, операции по опорожнению и заполнению этих емкостей основными норями следует включать в состав внутренних операций.

Расчетное количество норий определяют по формуле:

$$P_{\text{нр}} = \frac{\sum H_{\text{ч}}}{24}, \text{ шт} \quad (43)$$

Необходимое количество норий рассчитывают по формуле:

$$N_n = \frac{P_{нр}}{K_t} \quad (44)$$

где  $K_t$  - коэффициент использования основных норий по времени (таблица 15).

Таблица 15 - Коэффициент использования основных норий

Коэффициент	Расчетное количество норий		
	$P_{нр}$ до 3	$P_{нр} = 4$	$P_{нр} = 5$
$K_t$	0,6	0,70	0,75

При получении дробной величины  $P_n$  округляют до большего целого значения.

Общее количество основных норий при непосредственном выполнении или внешних операций (по схеме без накопительных емкостей рассчитанных на сутки работы) должно быть не меньше необходимого числа транспортных потоков.

#### **7.4 Выбор количества и производительности (грузоподъемности) элеваторных весов**

Количество элеваторных весов соответствует количеству основных норий. Грузоподъемность весов и емкость надвесового, подвесового бункеров принимают в зависимости от производительности транспортных механизмов, обслуживающих весы, согласно таблице 16.

45 Емкость над весами для автоматических весов принимают по формуле

Таблица 16 - Производительность транспортных механизмов, обслуживающих весы

Грузоподъемность весов, Т	Производительность трансп. механизмов, подающих зерно на весы, т/ч	Ёмкость бункеров, т не менее	
		над весами	под весами
Ковшовые, грузоподъемностью 70 т	350	90	-
Ковшовые, грузоподъемностью 20 т	100 и 175	30	-
Ковшовые, грузоподъемностью 10 т	50 и 100	15	-
Автоматические, производительностью 350 т/ч	350	Определяется по формуле	6,0
Автоматические, производительностью 175 т/ч	175		3,0
Автоматические, производительностью 100 т/ч	100		1,5
Автоматические, производительностью 50 т/ч	50		0,75

$$E_B = \frac{Q_H \cdot \tau_{ож}}{60}, \text{ Т} \quad (45)$$

где  $Q_H$  - производительность нории, т/ч;

$\tau_{ож}$  - время ожидания, мин;

$$\tau_{\text{ож}} = \tau_{\text{тр}} + \tau_{\text{тел}} + 1,5 \text{ мин} \quad (46)$$

где  $\tau_{\text{тр}}$  - время, необходимое для освобождения от зерна транспортных механизмов после весов, мин

$$\tau_{\text{тр}} = \frac{l_{\text{т}}}{60V_{\text{т}}}, \text{ мин} \quad (47)$$

где  $l_{\text{т}}$  - расстояние от загрузки до сброса зерна с транспортных механизмов, определяется объемно - планировочными решениями сооружений, м;

$V_{\text{т}}$  - скорость перемещения зерна транспортными механизмами после весов (ленточного транспортера 2,8 м/с), м/с;

$\tau_{\text{тел}}$  - продолжительность перестройки маршрута (например, перемещения разгрузочной тележки, переброса клапана, перемещения поворотной трубы и т. п.), мин

$$\tau_{\text{тел}} = \frac{l_{\text{с}} \cdot X}{60V_{\text{тел}}}, \text{ мин} \quad (48)$$

где  $l_{\text{с}}$  - длина транспортного потока после весов, определяется объемно - планировочными решениями, м;

$V_{\text{тел}}$  - скорость движения тележки над силосных транспортеров ( $V_{\text{тел}} = 0,4- 0,6$  м/с);

$X$  - коэффициент, учитывающий среднюю длину перемещения тележки.

Для элеваторов I, II и III категориями ДАУ  $X = 0,5$ , для всех других элеваторов  $X = 0,66$ .

## 7.5 Выбор производительности и количества транспортеров

Выбор количества и производительности приемных и отпускных транспортеров производят в соответствии с 6.1. При этом, если приемные или отпускные транспортеры непосредственно связаны с основными нориями, то производительности этих транспортеров и норий должны соответствовать друг другу.

Производительность подсилосных транспортеров должна соответствовать производительности связанных с ними норий.

Производительность надсилосных транспортеров принимают в зависимости от применяемого в проекте оборудования для учета количества зерна в силосах.

При применении для учета зерна ковшовых (элеваторных) весов или порционных (автоматических) производительность надсилосных транспортеров принимают следующую, большую, по действующему стандарту.

Количество подсилосных транспортеров определяют объемно - планировочными решениями, но их не может быть меньше количества отпускных потоков, одновременно в наполняемых операциях в максимальные сутки.

Количество надсилосных транспортеров определяют объемно - планировочными решениями, но их не может быть меньше количества потоков одновременно, выполняемых операций с загрузкой зерна в силосы.

Угол подъема наклонной части ленточных транспортеров допускается не более  $14^{\circ}$  (при транспортировании проса или гороха - не более  $10^{\circ}$ ). На участках ленты с уклоном более  $10^{\circ}$  установка насыпных лотков не допускается.

## 7.6 Выбор самотечного оборудования

Сечение самотечных труб и соответственно деталей зернопроводов принимают:

- 1) для производительности 50 - 75 т/ч - Ø 220 мм или 200×200 мм;
- 2) для производительности 100 - 175 т/ч - Ø 300 мм или 300×300 мм;
- 3) для производительности 200 - 350 т/ч - Ø 380 мм или 350×350 мм;
- 4) для производительности 400 - 500 т/ч - Ø 450 мм или 400×400 мм.

Угол наклона самотечных труб для коммуникаций до сушильных аппаратов следует предусматривать 45°, на остальных коммуникациях 36°.

Сечения и углы наклона самотечных труб, транспортирующих отходы, принимают по таблице 17.

Истинный угол наклона самотека можно определить по монограмме Г. М. Левятина.[1]

Таблица 17 - Сечения и углы наклона самотечных труб

Самотечные трубы	Диаметр труб, мм	Угол наклона самотека, град., не менее
Для прохода подсевных сит, овсюга	140	45
Для куколя	140	36
Для сходов сортировочных сит сепараторов	220	54
Для аспирационных отсосов сепарирующих и аспирационных устройств	300	54

## 7.7 Обработка отходов

Все виды отходов за исключением схода с приемного сита, полученные после обработки зерна, содержащие свыше 10 % зерен пшеницы или ржи или свыше 20 % зерен других культур, подлежат обработке на воздушно - ситовых машинах, а при необходимости и на триерах, с целью извлечения из них основного зерна.

Количественное деление отходов, получаемых при очистке зерна на сепараторах, по фракциям принимают в соответствии с таблицей 18.

Таблица 18 - Количественное деление отходов

Фракции	Выход, %
Сход с сортировочного сита	4
Проход через подсевное сито	55
Аспирационные отходы, тяжелые	38
Аспирационные отходы, улавливаемые пылеотделителями	3

Количество сепараторов  $P_{с.отх}$ , необходимое для обработки каждой фракции отходов, определяют по формуле:

$$P_{с.отх} = 0,00045 \frac{G \cdot \Psi}{Q_c \cdot K}, \text{ шт} \quad (49)$$

где  $G$  - количество отходов, получаемых после очистки зерна на сепараторах, т/сут;

$Q_c$  - паспортная производительность сепаратора для обработки отходов, т/ч;

$\Psi$  - количество отходов по фракциям, принимать по таблице 18, %;

К - коэффициент снижения паспортной производительности сепараторов. При обработке отходов  $K = 0,4$ , при применении воздушно - ситовых машин  $K = 0,24$ .

Количество зерносмеси, выделенной при обработке отходов, определяют по формуле:

$$G_{\text{зсм}} = 0,15 \cdot G, \text{ т/сут} \quad (50)$$

Емкости бункеров для отходов над и под зерноочистительными машинами должны приниматься не менее, чем на двухчасовую работу машин.

Емкость бункеров для зерносмеси определяют из расчета работы сепараторов для отходов, в течение двух - трех смен.

Количество овсюга или куколя  $G_o$ , выделенного на триерах, определяют по формуле:

$$G_o = 0,48 \sum Q_t, \text{ т/сут} \quad (51)$$

где  $\sum Q_t$  - суммарная производительность установленных триеров, т/ч.

## **8 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):

- 1) головки норий;
- 2) надвесовые бункера;
- 3) весы;
- 4) подвесовые бункера;
- 5) поворотные трубы (околоэтих труб в кружках дают все направления зернопровода; в кружках указывают номер бункера или номер транспорта, куда направляется зерно);
- 6) надсилосные и отпускные транспортеры;
- 7) надсепараторные бункера;
- 8) сепараторы, сушилки;
- 9) триеры, контрольные сепараторы, шнеки или транспортеры для отходов; под сепараторные бункера и бункера для отходов;
- 10) подсилосные и приемные транспортеры;
- 11) 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.

## **9 Объемно-планировочные решения**

### **9.1 Определение габаритных размеров рабочего здания элеватора**

Размещение основного оборудования и определение размеров рабочей башни в плане.

Компоновку оборудования производят в соответствии со схемой движения зерна и отходов. Принцип компоновки зависит от высоты рабочей башни. В высоких рабочих башнях (58 - 70 м) располагают машины и оперативные бункера таким образом, чтобы обеспечивалось свободное движение зерна сверху вниз по ходу технологического процесса и на каждом этаже по возможности располагалось оборудование, выполняющее одинаковые функции.

В низких рабочих башнях (менее 49 м) на одних и тех же этажах устанавливают разноименное оборудование, сокращают емкость оперативных бункеров и увеличивают количество транспортирующих машин.

При компоновке оборудования большое внимание должно быть уделено компактности рабочих башен, степени использования производственной площадки. Оборудование должно размещаться с учетом обеспечения удобства обслуживания, соблюдения норм проходов в соответствии с правилами охраны труда и техники безопасности.

Предусматривается главный проход - минимум 1 м подход к оборудованию - минимум 0,15 - 0,4 м.

У сепараторов с боковой выемкой сит со стороны привода проход должен быть не менее 1 м, с боковых сторон не менее 1,2 м. Для сепараторов производительностью до 40 т/ч с возвратно - поступательным движением сит и с выемкой сит со стороны приводного вала проход должен быть не менее 1 м, а с боковых сторон - не менее 0,8 м. Для всех сепараторов проход со стороны выпуска зерна - не менее 0,7 м.

При размещении транспортеров должны быть следующие проходы: между стеной и одной продольной стороной транспортера - не менее 0,7 м. между двумя параллельными транспортерами - не менее 0,8 м.

Определение размеров в плане производят по диктующему этажу, которыми чаще всего могут быть весовой (при установке ковшовых весов) или этаж зерноочистительных машин.

Возможны случаи, когда ширину и длину рабочего здания диктуют разные этажи.

Окончательное определение размеров рабочего здания в плане производят с учетом размещения зерносушилки (если она установлена в рабочем здании), принятого размера строительной сетки, а также увязки здания с силосными корпусами и приемно-отпускными устройствами.

Размеры рабочего здания в плане выбираются кратными 3 м.

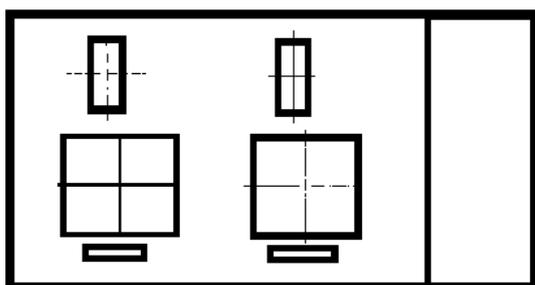
В рабочих башнях прямоугольной формы желательно, чтобы отношение ширины здания к длине было бы не более чем 1:2.

Рассмотрим различные варианты расположения оборудования в плане.

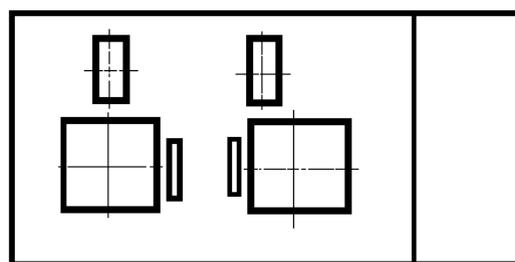
На рисунке 8 изображены варианты расположения норий и весов.

В вариантах I и II заполнение надвесовых бункеров более удобно по сравнению с вариантами III и IV, но ширина здания увеличивается.

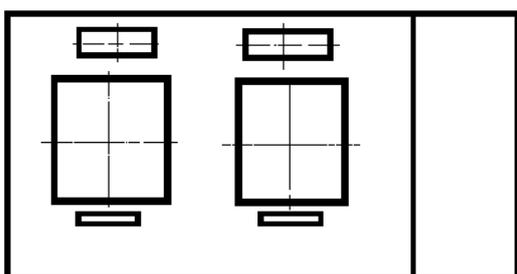
Вариант I



Вариант II



Вариант III



Вариант IV

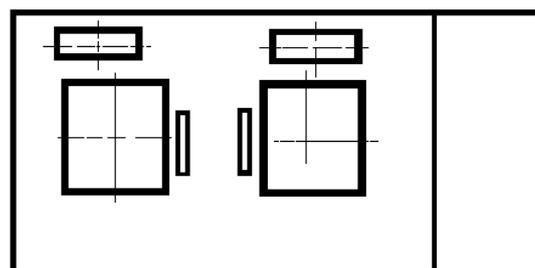
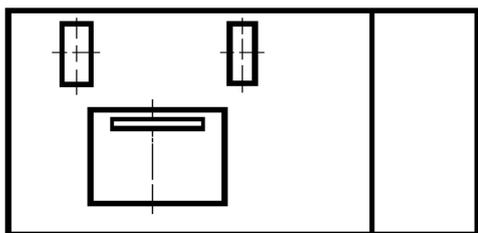


Рисунок 8 - Варианты расположения норий и весов

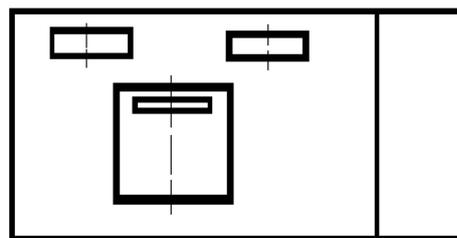
В вариантах III и IV заполнения надвесовых бункеров осуществляется самотеком, расположенным под углом  $90^\circ$  к направлению потока зерна, что увеличивает высоту этажа.

Двое весов могут быть расположены шкалами по фронту (варианты I и III), в этом случае совершение рабочего места, и шкалам друг к другу (вариант II и IV), при этом несколько удобнее обслуживание весов. Расположение трех и более комплектов весов удобные шкалами по фронту.

На рисунке 9 приведены различные варианты расположения нории и сепараторов.



Вариант I



Вариант II

Рисунок 9 - Варианты расположения норий и сепараторов

При расположении оборудования по варианту I увеличивается ширина рабочей башни.

Зерноочистительные машины следует устанавливать так, чтобы их приемные устройства находились против окон. В зависимости от габаритных размеров и количества зерноочистительные машины можно размещать на одном или нескольких этажах.

## 9.2 Определение высот этажей рабочего здания и силосного корпуса

Высота этажа складывается из высоты оборудования, расположенного на данном этаже, величины проекции диктующего самотека на вертикальную плоскость, суммы высот на установку деталей самотека (секторы, перекидные клапаны, вводы и др.) и высоты, потребной для монтажа и обслуживания машин. Это указание не относится к этажам надвесовых, надсепараторных и подсепараторных бункеров.

Согласно требованиям по технике безопасности, высота производственных помещений предприятий от пола до потолка должна быть не менее 3,2 м; высота помещения до выступающих конструктивных

элементов перекрытия - не менее 2,6 м; минимальная высота прохода (транспортные галереи, тоннели элеваторов) - 1,8 м.

Высота этажа головок норий (рисунок 10) складывается из следующих элементов:

$h_1$  - высота проекции самотека на вертикальную плоскость;

$h_2, h_3$  - высоты, обусловленные конструкцией норий (по нормалям);

$h_4$  - высота монтажная (0,7 м);

$h_5$  - высота, определяемая по размерам строительным конструкций здания (0,7 м).

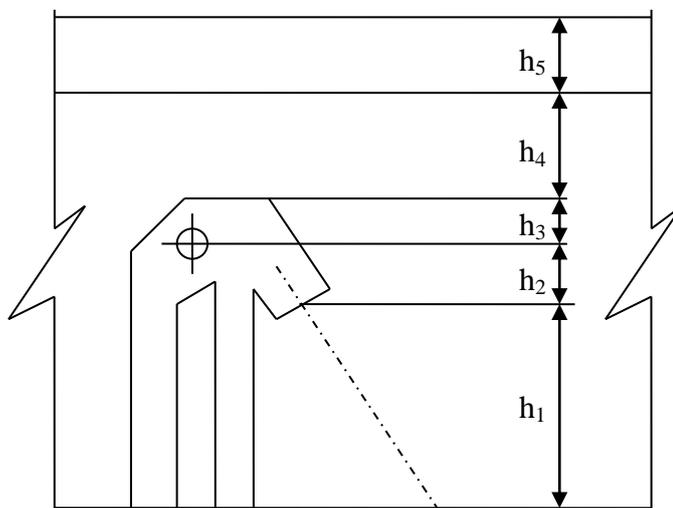


Рисунок 10 - Этаж головок норий

Высота этажа надвесовых бункеров определяется по формуле:

$$H = \frac{E_6}{F \cdot \varphi \cdot \gamma}, \text{ м} \quad (52)$$

где  $E_6$  - емкость над весового бункера, т;

$F$  - площадь бункера,  $\text{м}^2$ ;

$\varphi$  - коэффициент использования объема бункера;

$\gamma$  - объемная масса зерна, т/м<sup>3</sup>.

Если конусную часть бункера устанавливают на весовом этаже, высоту этажа надвесовых бункеров уменьшают на высоту конусной части.

Высота весового этажа в случае установки ковшовых весов (рисунок 11) складывается из:

$h_1$  - высоты весов;

$h_2$  - высоты, необходимой для монтажа над весовой задвижки ( $h_2 = 0,5 - 0,6$  м);

$h_3$  - высоты, определяемой по размерам строительных конструкций здания ( $h_3 = 0,7$  м).

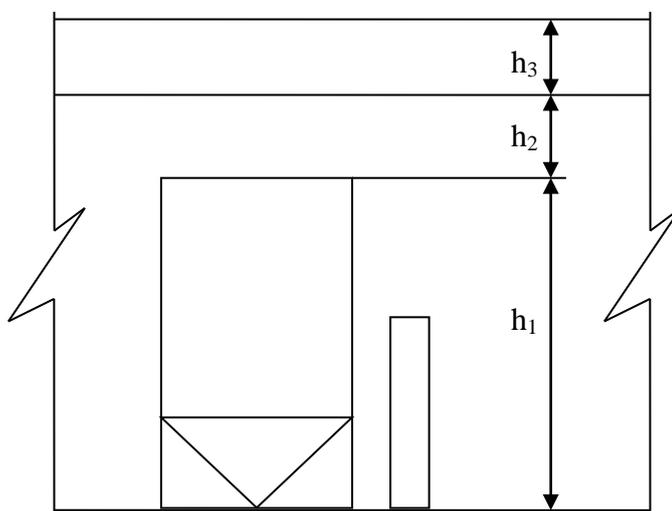


Рисунок 11 - Весовой этаж (весы ковшовые)

При установке автоматических весов (рисунок 12) высота этажа складывается из:

$h_1$  - высоты части под весового бункера, находящегося на весовом этаже (этот бункер может быть и полностью расположен этажом ниже);

$h_2$  - высоты весов;

$h_3$  - высоты конусной части надвесового бункера.

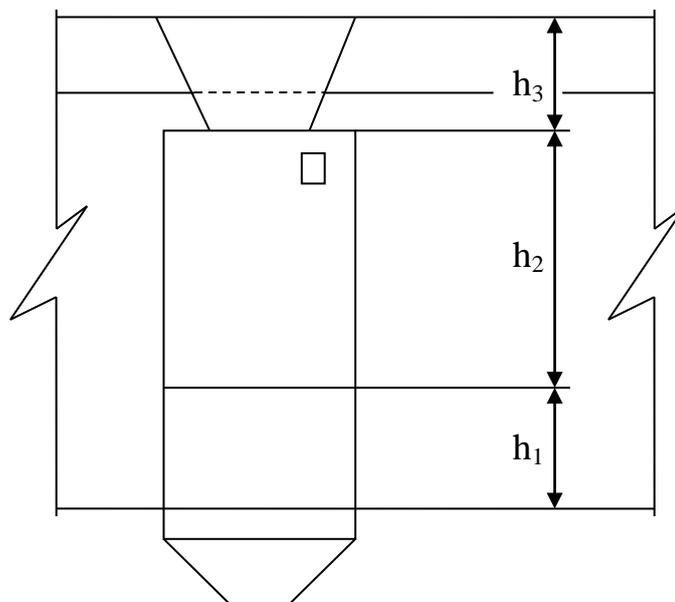


Рисунок 12 - Весовой этаж (весы автоматические)

Высота этажа поворотных труб (рисунок 13) включает:

$h_1$  - высоту поворотной трубы с патрубками;

$h_2$  - высоту конусной части под весового бункера;

$h_3$  - высоту цилиндрической части под весового бункера.

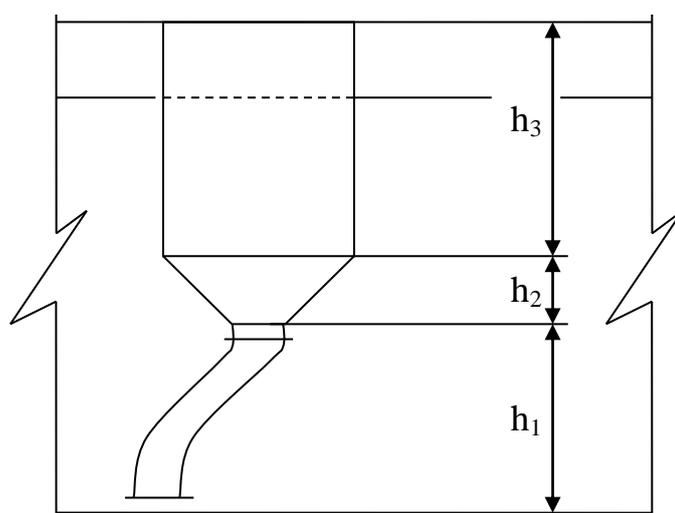


Рисунок 13 - Этаж поворотных труб

Высота распределительного этажа (рисунок 14) складывается из:

$h_1$  - высоты над силосного транспортера;  
 $h_2$  - высоты насыпного лотка;  
 $h_3, h_5$  - высот, необходимых для установки секторов;  
 $h_4$  - высоты проекции диктующего самотека на вертикальную  
 ПЛОСКОСТЬ.

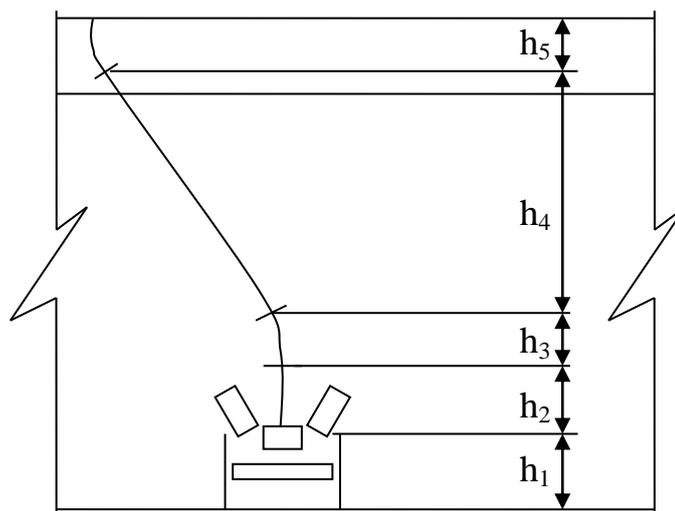


Рисунок 14 - Распределительный этаж

В некоторых проектах этажи поворотных труб и распределительный объединяют в один этаж.

Высота сепараторного этажа (рисунок 15) включает:

$h_1$  - высоту расположения приемного отверстия сепараторов;  
 $h_2$  - высоту приемной коробки;  
 $h_3, h_5$  - высоты, необходимые для установки секторов;  
 $h_4$  - высоту проекции диктующего самотека на вертикальную  
 плоскость (диктующим является самотек на сепаратор из наиболее  
 отдаленного отверстия над сепараторного бункера);  
 $h_6$  - высоту, необходимую для установки патрубков под бункером.

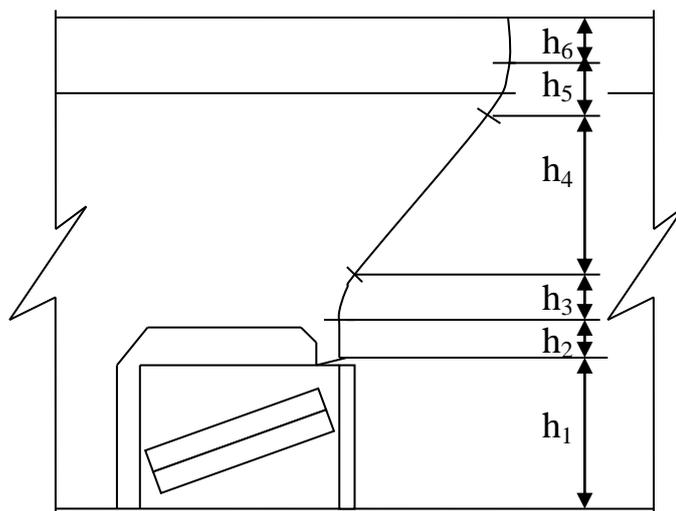


Рисунок 15 - Сепараторный этаж

Высота этажей надсепараторных и подсепараторных бункеров определяется, исходя из увязки рабочего здания элеватора с силосными корпусами (уровни пола распределительного и надсилосного этажей должны находиться на одной высотной отметке), и проверяется, исходя из условия обеспечения нормальной работы зерноочистительных машин (емкость бункеров должна быть не менее чем на 2 - 3 ч работы сепараторов). Высота этажа подсепараторных бункеров и бункеров для отходов обычно принимается равной высоте этажа надсепараторных бункеров. Если же бункера над и под сепараторами занимают различную площадь, соотношение высот этажей выбирают так, чтобы емкость верхних и нижних бункеров была одинакова.

После определения высоты этих этажей уточняется емкость бункеров рабочей башни.

Ниже этажа сепараторов обычно устанавливают контрольные сепараторы и триеры. На этом этаже чаще всего диктующим является самотек, по которому отходы с основного сепаратора поступают на контрольный. Для снижения высоты этого этажа иногда целесообразно

подачу отходов на контрольные сепараторы осуществлять при помощи шнеков.

Высота этажа башмаков норий (рисунок 16) складывается из:

$h_1$  - высоты постаментов, предназначенных для удобства опорожнения при завале;

$h_2$  - расстояние от нижней кромки башмака до приемного носка нории;

$h_3$  - высоты, необходимой для установки ввода самотека в башмак нории;

$h_4, h_6$  - высот, необходимых для установки секторов;

$h_5$  - высоты проекции диктующего самотека на вертикальную плоскость;

$h_7, h_8$  - высот, связанных с конструкцией сбрасывающей коробки транспортера;

$h_9$  - высоты, необходимой для монтажа и ремонта сбрасывающей коробки (0,5 - 0,6 м);

$h_{10}$  - высоты, определяемой по размерам строительных конструкций здания (0,7 м).

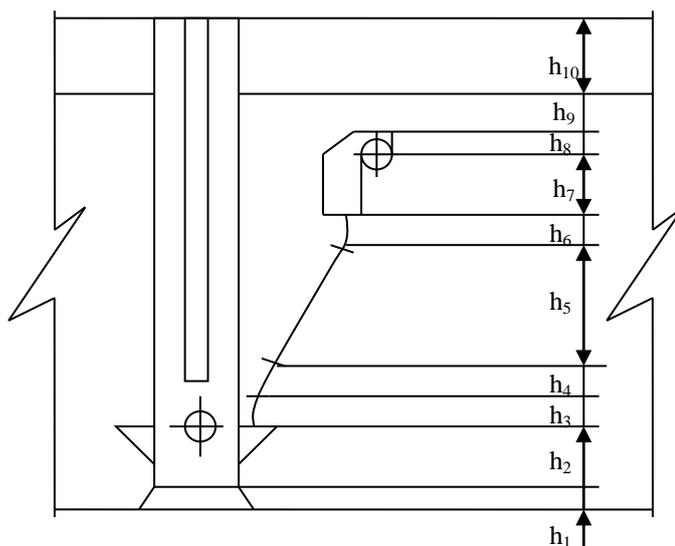


Рисунок 16 - Этаж башмаков норий

Высота под силосного этажа (рисунок 17) складывается из:

$h_1$  - высоты под силосного транспортера (минимальная величина  $h_1 = 0,5$  м);

$h_2$  - высоты, необходимой для установки насыпного лотка;

$h_3, h_5$  - высот, необходимых для установки секторов;

$h_4$  - высоты проекции диктующего самотека на вертикальную плоскость (диктующий - самотек на под силосный транспортер от наиболее удаленного от него силоса);

$h_6$  - высоты подвесной воронки силоса.

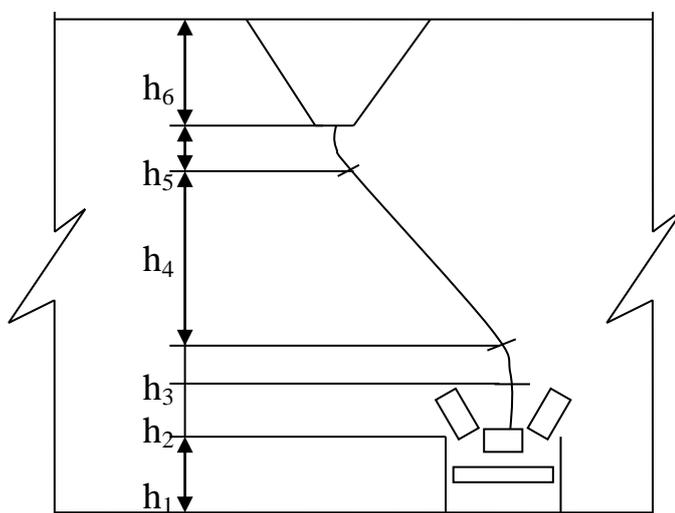


Рисунок 17 - Подсилосный этаж

Для определения высоты надсилосного этажа необходимо знать, как будут расположены надсилосные транспортеры с разгрузочными тележками [1].

### 9.3 Расчет емкости силосов и бункеров и определение габаритных размеров силосных корпусов

Емкость силосов круглой формы при впуске и выпуске зерна по центральной оси (рисунок 18) определяют по следующей формуле:

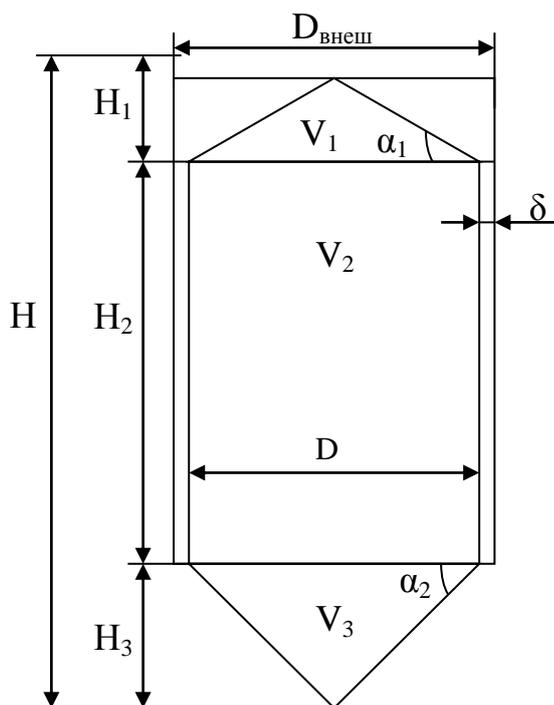


Рисунок 18 - Расположение зерна в круглом силосе

$$V_c = (V_1 + V_2 + V_3), \text{ м}^3 \quad (53)$$

где  $V_c$  - общий объем зерновой массы в силосе;

$\alpha_1$  - угол естественного откоса зерна ( $\alpha_1 = 26^\circ$ );

$\alpha_2 = 36^\circ$  (для сухого зерна);  $\alpha_2 = 45^\circ$  (для сырого зерна);

$H$  - высота силоса;

$D$  - внутренний диаметр силоса;  $D = D_{\text{внеш}} - 2\delta$  м;

$\delta$  - толщина стены силоса (для силосов из монолитного железобетона  $\delta = 0,15$  м (150 мм) для сборных железобетонных силосов  $\delta = 0,08$  м (80 мм)).

$$V_1 = \frac{1}{12} \pi D^2 H_1$$

$$H_1 = \frac{D}{2} \operatorname{tg} \alpha_1$$

$$V_2 = \frac{\pi D^2}{4} H_2$$

$$V_3 = \frac{1}{12} \pi D^2 H_3$$

$$H_3 = \frac{D}{2} \operatorname{tg} \alpha_2$$

$$H_2 = H - (H_1 + H_3)$$

От выпускного отверстия до над силосной плиты,  $H = 30 - 50$  м ( $H$  выбирается кратной 0,6 м);

$$P_c = \gamma \cdot V_c, \text{ т} \quad (54)$$

где  $\gamma$  - объемная масса зерна (для пшеницы  $\gamma = 0,75$  т/м<sup>3</sup>).

Масса зерна в силосе - звездочке при его выпуске по центральной оси равна:

$$P_{зв} = 0,25\gamma D^2(1/3H_1 + H_2 + 1/3H_3), \text{ т} \quad (55)$$

Масса зерна в силосе квадратной формы при заполнении по центральной оси равна:

$$P_{кв} = \gamma B^2(1/3H_1 + H_2 + 1/3H_3), \text{ т} \quad (56)$$

где В - внутренний размер стороны силоса, м

$$H_1 = 0,564 \cdot B \cdot \text{tg}\alpha_1$$

$$H_3 = 0,564 \cdot B \cdot \text{tg}\alpha_2$$

Емкость бункера со сторонами А и В приближенно определяется по формуле:

$$E_6 = \varphi \cdot F \cdot H \cdot \gamma, \text{ т} \quad (57)$$

где  $\varphi$  - коэффициент использования объема бункера;

$F = A \cdot B$  - площадь бункера, м<sup>2</sup>;

$H$  - высота бункера, м;

$\gamma$  - объемная масса зерна, т/м<sup>3</sup>.

Определение необходимой емкости элеватора и емкость одного силоса, приступают к выбору расположения силоса (сетки силосов) и расчету их числа. При выборе сетки силосов помимо емкости элеватора следует учитывать минимальное количество надсилосных и подсилосных транспортеров, размер участка для строительства. Обычно силосы располагают в 3 - 4 ряда. В случае строительства элеватора большей емкости и наличия небольшого участка для строительства нужно переходить и

многорядному расположению силосов, но при этом количество над и под силосных транспортеров увеличивается.

Намечают предварительно количество силосных корпусов (емкость одного силосного корпуса принимают  $E_{ск} = 12 - 40$  тыс. т):

$$N = \frac{E}{E_{ск}} \quad (58)$$

где  $E$  - емкость элеватора, тыс.т.

Затем по формуле 58 более точную емкость силосного корпуса, задаются числом рядов силосов  $n$  и определяют число круглых силосов в одном ряду  $m$  по формулам:

Общая емкость силосного корпуса

$$E_{ск} = P_c \cdot n \cdot m + P_{зв}(n-1)(m-1), \text{ т} \quad (59)$$

Отсюда

$$m = \frac{E_{ск} + P_{зв}(n-1)}{n \cdot P_c + P_{зв}(n-1)} \quad (60)$$

По внешнему диаметру, число силосов в одном ряду и числу рядов определяют размеры силосного корпуса элеватора в плане:

Длина

$$L_{ск} = D_{внеш} \cdot m, \text{ м} \quad (61)$$

Ширина

$$B_{\text{СК}} = D_{\text{внеш}} \cdot n, \text{ м} \quad (62)$$

Длина одного силосного корпуса не должна превышать 48 м, а отношение длины силосного корпуса к его ширине должно быть не более 2.

Если при полученномт длина силосного корпуса или отношение  $\frac{L_{\text{СК}}}{B_{\text{СК}}}$  превышает указанные, увеличивают  $n$  или увеличивают число силосных корпусов и повторяют расчеты.

После окончательного определения  $n$  и  $m$  уточняют емкость силосного корпуса:

$$E_{\text{СК}} = E_{\text{КС}} + E_{\text{ЗВ}} \quad (63)$$

где  $E_{\text{КС}}$  - общая емкость всех круглых силосов в корпусе

$$E_{\text{КС}} = P_{\text{с}} \cdot n \cdot m \quad (64)$$

где  $E_{\text{ЗВ}}$  - общая емкость всех силосов звездочек

$$E_{\text{ЗВ}} = P_{\text{ЗВ}} (n-1)(m-1) \quad (65)$$

Общая емкость всех силосных корпусов должна быть не меньше необходимой (заданной) емкости элеватора.

Общее число силосов квадратной формы в одном ряду равно:

$$m = \frac{E_{\text{СКВ}}}{P_{\text{КВС}} \cdot n} \quad (66)$$

Размеры силосного корпуса с силосами квадратной формы в плане можно рассчитать по формуле:

$$\text{длина } L_{\text{СККВ}} = B_{\text{внеш}} \cdot m \text{ м; ширина } B_{\text{СККВ}} = B_{\text{внеш}} \cdot n \text{ м}$$

где  $B_{\text{внеш}}$  - внешний размер стороны силоса

## **9.4 Увязка основных сооружений элеватора**

### **9.4.1 Расположение основных сооружений на территории**

К рабочему зданию, являющемуся производственным центром элеватора, привязывают силосный корпус и все приемно-отпускные устройств.

Рабочее здание располагают по отношению к силосному корпусу по двум вариантам:

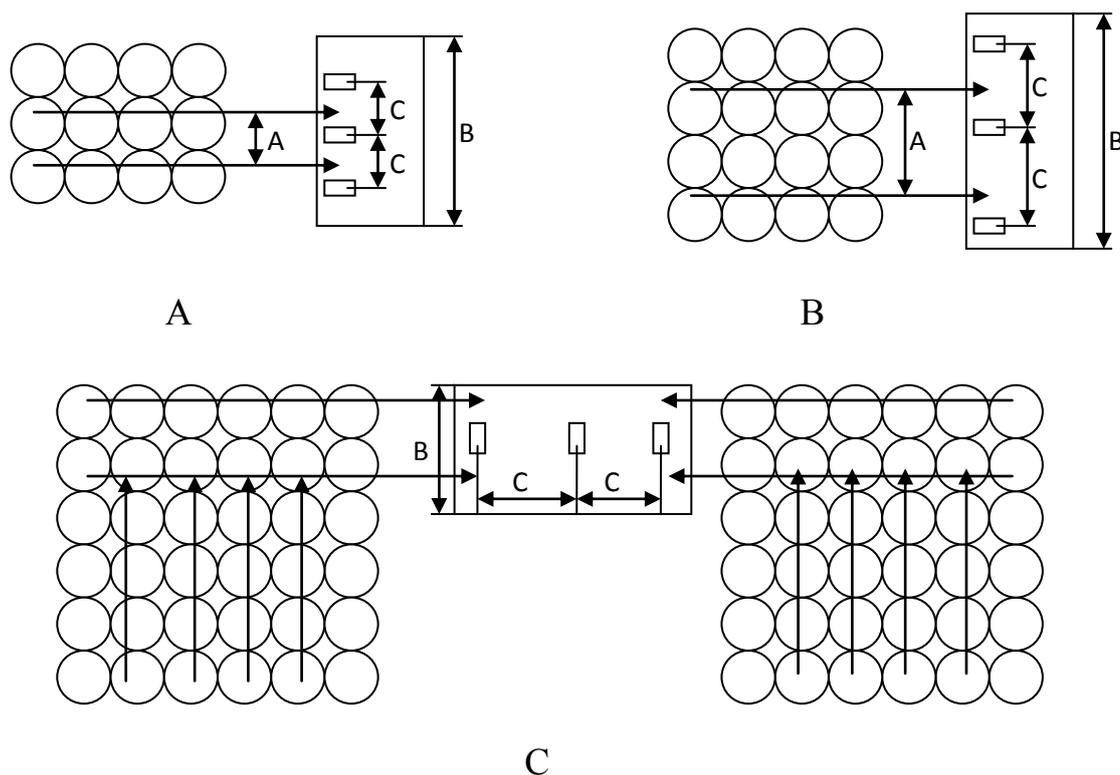
- 1) длинной осью рабочего здания перпендикулярно продольной оси силосного корпуса;
- 2) параллельно; наиболее часто используемой первый вариант.

Привязка силосных корпусов к рабочему зданию в плане зависит от габаритных размеров силосного корпуса и рабочего здания, сетки силосов силосного корпуса.

Выбор сетки силосов зависит от типа силосного корпуса. Расположение квадратных силосов может быть только рядовое, расположение круглых силосов, как правило, рядовое, в исключительных случаях допускается шахматное.

Количество рядов силосов зависит от размеров рабочего здания и схемы привязки силосов к рабочему зданию (рисунок 19).

Наиболее распространен случай трехрядного расположения силосов (рисунок 19а). При четырехрядном расположении силосов (рисунок 19б) применяют 3 надсилосных транспортера и 2 подсилосных. Если применяются силоса большей емкости (рисунок 19в), то транспортеры можно расположить, как показано на рисунке. Во всех случаях необходимо взаимоувязывать размеры А, В и С.



А - расстояние между транспортерами; В - определяющий размер рабочего здания; С - расстояние между нориями.

Рисунок 19 - Варианты привязки силосных корпусов

При высотной увязке полы надсилосного этажа силосного корпуса и распределительного этажа рабочего здания располагаются на одной отметке.

Величина разрыва между рабочим зданием и силосным корпусом должна быть минимальной.

Приемные устройства с автомобильного и железнодорожного транспорта, как правило, соединяются с рабочим зданием подземными галереями. Их взаимная увязка должна также обеспечить минимальное расстояние.

Устройство для приема и отпуска зерна на водный транспорт соединяют с рабочим зданием над земными транспортными галереями. В этом случае разрыв определяется расположением элеватора на берегу.

Приемные и отпускные устройства с железной дороги и автотранспорта располагают по разные стороны элеватора.

Зерносушилки располагают по нескольким вариантам: в рабочем здании элеватора, в силосном корпусе, в промежутке между рабочим зданием и силосным корпусом, рядом с силосным корпусом, рядом с рабочим зданием. При этом необходимо стремиться так, располагать зерносушилки, чтобы была возможна блокировка их топок в одном помещении для удобства обслуживания.

#### 9.4.2 Привязка силосов и приемных устройств к рабочему зданию элеватора

Величину разрыва между силосным корпусом и рабочим зданием определяют по высоте подъема сбрасывающих лотков приемного транспортера, необходимой для обеспечения подачи зерна с транспортера на нории (рисунок 20).

Расстояние между началом подъема ленты и сбрасывающим барабаном транспортера

$$L_o = h_9 \cdot \operatorname{ctg} \alpha = (h + h_8 - h_1) \operatorname{ctg} \alpha, \text{ м} \quad (67)$$

Разрыв  $L$  между силосным корпусом и рабочим зданием определяют по формуле:

$$L = L_0 - (l_1 - l_2), \text{ м} \quad (68)$$

В соответствии с рисунком 20:  $h$  - высота от пола подсилосного этажа до уровня земли;  $h_1$  - высота транспортера (принимать по нормальям, но не менее 0,6 м);  $h_2$  - высота, необходимая для расположения самотека от наиболее удаленного ряда силосов под требуемым углом наклона, определяется по формуле;  $h_3$  - расстояние от пола до приемного лотка нории, принимают по нормальям нории, м;  $h_4$  - высота самотечной трубы от сбрасывающего лотка до приемного носка нории, определяют так же как  $h_2$ , м;  $h_5$  - конструктивный размер сбрасывающего лотка, принимают по нормальям транспортера, м;  $h_6$  - высота от пола рабочего здания до оси сбрасывающего барабана транспортера, м;  $h_7$  - высота от пола рабочего здания до уровня земли, м;  $h_8$  - высота от уровня земли до оси барабана, м;  $h_9$  - высота подъема ленты транспортера, м;  $\alpha$  - угол подъема ленты транспортера для зерна пшеницы принимать не более  $16^\circ$ , для проса и гороха не более  $10^\circ$ ;  $l_1$  - расстояние от начала подъема ленты транспортера до стены силосного корпуса, м;  $l_2$  - расстояние от оси барабана транспортера до стены рабочего здания элеватора, м.

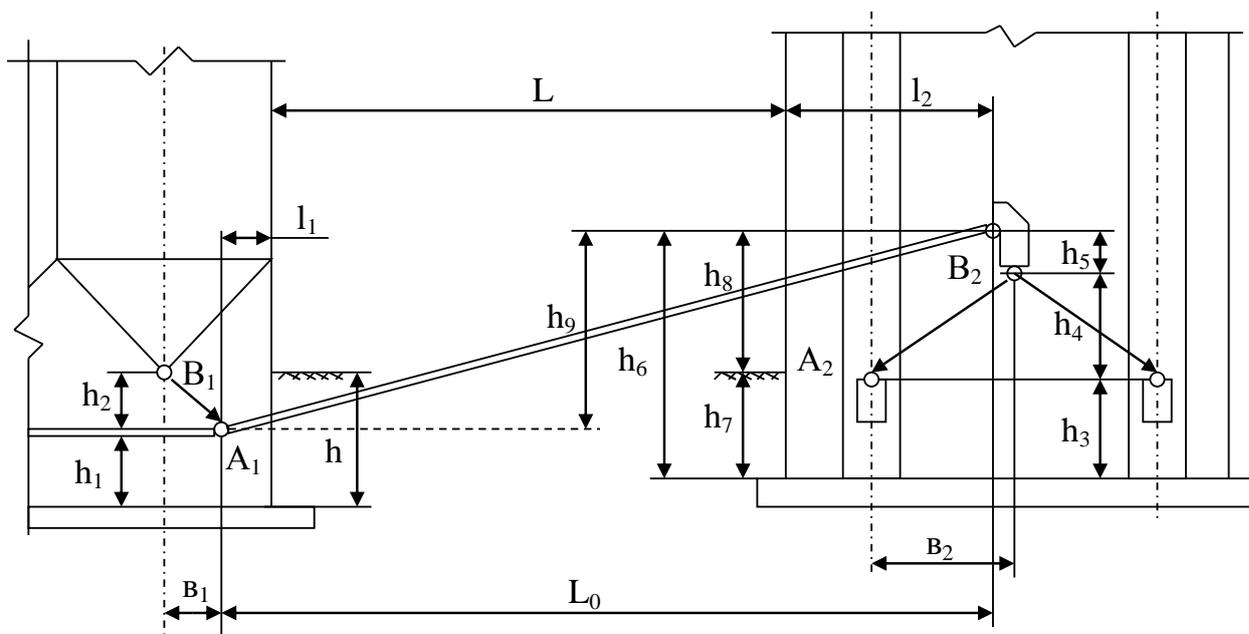


Рисунок 20 - Определение расстояния между силосным корпусом и рабочим зданием элеватора

$$h_2 = v_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_0 \quad (69)$$

где  $v_1$  - проекция расстояния между точками  $B_1$  и  $A_1$  (приемный лоток транспортера) на горизонтальную плоскость (т.е. на плане);

$\alpha_0$  - угол наклона самотека принимается в зависимости от влажности зерна  $W$  %: при  $W$  до 20 % -  $\alpha_0 = 36^\circ$ ; при  $W$  более 20 % -  $\alpha_0 = 45^\circ$ .

Привязка приемных устройств осуществляется аналогично. Высота (рисунок 20) определяется при этом необходимостью размещения патрубков, небольших самотечных труб и приемных лотков, принимать не менее 0,8 м.

## 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.