

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Е.В. Волошин

# ЭЛЕВАТОРЫ И СКЛАДЫ

Часть 2

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: учебное пособие: в 2 Ч. Часть 2 / Е.В. Волошин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019 – 97 с.  
ISBN

Учебное пособие предназначено для преподавания 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

© Волошин Е.В., 2019

© ОГУ, 2019

## Содержание

Введение.....	4
1 Типы элеваторов.....	5
1.1 Особенности элеваторов различных типов .....	5
1.2 Заготовительные элеваторы .....	8
2 Склады и рабочие башни механизированных зерновых складов .....	19
2.1 Классификация зерновых складов.....	19
2.2 Конструкции складов для зерна.....	21
2.3 Основные элементы конструкций складов.....	22
2.4 Временные зернохранилища.....	25
2.5 Средства механизации складов.....	26
2.6 Механизированные рабочие башни .....	28
3 Специализированные предприятия по обработке различных культур .....	32
3.1 Заводы и цехи по обработке гибридных и сортовых семян кукурузы .....	32
4 Предприятия для обработки и хранения семенного зерна .....	37
4.1 Семяочистительные станции и заводы .....	40
5 Управление работой элеватора .....	45
6 Оперативный расчет работы элеватора .....	49
6.1 Основные понятия.....	49
6.2 Сущность оперативного расчета .....	51
6.3 Использование норий.....	53
6.4 Графики работы емкости.....	59
6.5 Внешняя работа элеватора .....	66
6.6 Внутренняя работа элеватора .....	73
6.7 Сводный график работы элеватора .....	79
6.8 Построение графика.....	87
Список использованных источников .....	97

## Введение

В физике, химии и в повседневной жизни мы привыкли иметь дело с тремя состояниями тел - с твердым, жидким и газообразным. Зерновая масса-сыпучее тело, т.е. и твердое, и жидкое одновременно. Знание свойств зерна как сыпучего материала и проходящих в нем механических процессов необходимо для проектирования предприятий, конструирования зернообрабатывающих и зерноперерабатывающих машин, а также в практической работе хлебоприемных предприятий.

Обзор основных типов элеваторов, специализированных предприятий по переработке зерновых культур, схем и конструкций элеваторов облегчит самостоятельную работу над курсом.

Вторая часть учебного пособия является одной из основных в общей части курса «Элеваторы и склады».

# 1 Типы элеваторов

## 1.1 Особенности элеваторов различных типов

Элеваторы подразделяются на такие же типы (звенья), как и хлебоприемные предприятия в целом:

- 1) заготовительные;
- 2) перевалочные, базисные, фондовые;
- 3) производственные, портовые.

Несмотря на совмещение функций, одна из сторон деятельности элеватора обычно преобладает. Производственные связи и взаимосвязанность элеваторов различных типов показывает рисунок 1

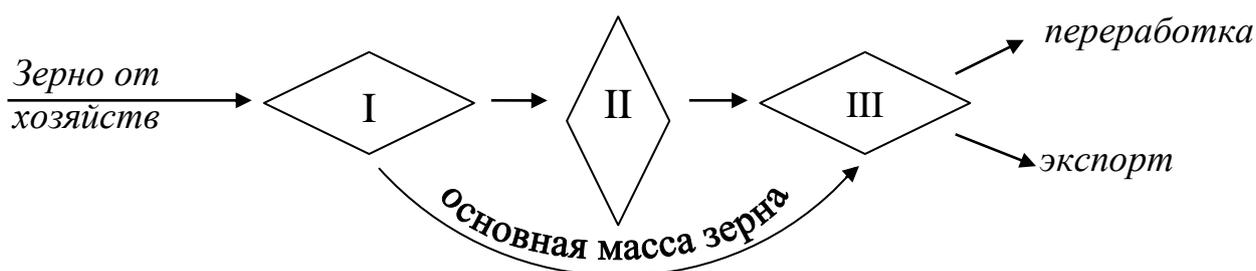


Рисунок 1 – Схема производственных связей элеваторов

Принадлежность к конкретному типу определяется географическим положением элеватора, его принципиальной схемой, конструктивными особенностями, количеством и производительностью технологического оборудования.

Специфика элеваторов различных типов видна из сравнения двух важнейших характеристик использования емкостей их зернохранилищ – коэффициента оборота емкости и коэффициента использования емкости.

Коэффициент оборота емкости  $K_0$  – это отношение количества зерна, прошедшего через хранилище в течение года, к емкости хранилища; характеризует интенсивность использования хранилища и работу предприятия в целом.

$$K_0 = \frac{E}{E_{xp}} \quad (1)$$

Коэффициент использования емкости (точнее было бы «коэффициент заполнения»)  $K_e$  – это средняя в течение года заполненность хранилища.

$$K_e = \frac{O_1 + O_2 + O_3 + \dots + O_{12}}{12 \cdot E_{xp}} \quad (2)$$

где  $O_i$  – остаток зерна на конец соответствующего месяца;

$E_{xp}$  – емкость хранилища.

Для различных типов предприятий показатели  $K_e$  существенно различаются.

Таблица 1 - Коэффициент использования емкости

	$K_0$	$K_e$
Заготовительные	0,8 – 1,5	0,2 – 0,6
Базисно-перевалочные	3 – 6	0,6 – 0,8
Фондовые	0,3 – 0,4	0,7 – 0,9
Производственные	2 – 8	0,4 – 0,8
Портовые	6 - 10	

Коэффициенты использования емкости хранилищ элеватора довольно близки к приведенным, за исключением заготовительных элеваторов.

Емкость хранилищ элеваторов различна, необходимая емкость хранения при проектировании определяется после изучения района будущей деятельности элеватора; на действующих элеваторах дефицит или излишек емкости определяется практически, по данным за несколько лет. Отношение общей емкости силосных корпусов к суммарной производительности основных норий для разных типов элеваторов существенно различается.

К сожалению этот показатель внутри каждого типа элеваторов значительно колеблется и потому не может служить характеристикой типа. Если бы на элеваторы данного типа поступало зерно одних и тех же кондиций и условия хранения зерна были бы одинаковыми, отношение  $E/Q_{нор}$  для различных типов элеваторов различалось бы достаточно четко.

Вопрос об оптимальном соотношении емкостей хранения и производительности норий довольно сложен и пока не имеет однозначного решения.

Основные назначения элеватора, мощность и количество установленного в нем ведущего транспортного оборудования указаны в его марке (обозначении или шифре).

Таблица 2 - Шифр буквенной части марки элеватора

Заготовительные, линейные	Л
Линейные для восточных районов	ЛВ
Базисные	Б
Базисно-перевалочные	БП
Портовые	П
Производственные (мельничные)	М
Фондовые	Ф

Иногда в буквенной части марки указывают и метод возведения элеватора: монолитные – *РЗМ* (рабочее здание монолитное), сборные – *ЛС*, *РЗС* (рабочее здание сборное).

К буквенной части марки добавляется цифровое указание числа и производительности основных норий элеватора: *Л – 2×100*, *П – 6×500* и т.д.

## **1.2 Заготовительные элеваторы**

Основная задача заготовительных элеваторов: приемка зерна от хлебопечников с одновременной его классификацией, обработка для улучшения качества, составление крупных партий зерна из отдельных мелких, размещение, хранение и отгрузка зерна по назначению. Характерная особенность этих зернохранилищ - наличие развитого приемно-отпускного оборудования. Поступление зерна ограничивается очень короткими сроками (15-30 дней), что увеличивает вместимость зернохранилищ.

### **1.2.1 Типы заготовительных элеваторов**

С развитием сельского хозяйства в советском союзе и изменением характера заготовок зерна наблюдалась тенденция к увеличению вместимости заготовительных элеваторов и мощности их оборудования (от 1000 т и двух норий производительностью по 16 т/ч до 100 000 т и четырех и более норий производительностью 175 т/ч). Рассмотрим некоторые типичные для того времени заготовительные элеваторы.

Элеватор *Л-2×100* - первый послевоенный элеватор, в котором был сохранен корпус с квадратными силосами размером 3,2×3,2 м. Силосный корпус - железобетонный, трехрядный, высота 25 м, стены опираются непосредственно на фундаментную плиту. Вместимость одного силоса 150-170 т, что позволяло при необходимости размещать в элеваторе большое число различных партий зерна. По компоновочной схеме элеватор отличался от прежних типов заготовительных элеваторов. За основу была принята двукрылая схема с рабочим зданием в центре и силосными корпусами по обеим сторонам. Она позво-

лила увеличить в два раза отпускную способность элеватора.

Особенность строительных конструкций элеватора в том, что скользящую опалубку собирали прямо на фундаментной плите. Несущие колонны образовывались в местах пересечения стен с учетом вутов и прилегающих к ним коротких участков стен.

Элеватор был оборудован двумя нориями ТНС-100, семью ленточными конвейерами (два надсилосных производительностью по 175 т/ч, два подсилосных, два для приемки зерна с автомобильного транспорта и один с железнодорожного). Производительность нижних конвейеров 100 т/ч.

Зерно взвешивали в двух ковшовых весах грузоподъемностью 10 т. Для очистки было установлено два сепаратора и дисковый триер, а для контроля отходов, получаемых при очистке, был предусмотрен контрольный сепаратор. Зерно сушили в сушилке ЗСЗ-8, которую встроили в один из силосных корпусов на месте четырех силосов, расположенных около рабочего здания. Незанятая часть силосов над и под зерносушилкой использовалась как над- и подсушильная вместимость. Зерно с автомобильного транспорта принималась в отдельном здании с автомобилеразгрузчиками и приемными бункерами.

Элеватор  $L-2 \times 100$  показал свою эффективность для предприятий с грузооборотом в 25-40 тыс. т в год при поступлении небольшого количества сырого зерна. Поэтому в восточных районах страны элеваторы подобного типа подвергали реконструкции: устанавливали дополнительно норрии (одну-две производительностью 100, 175 т/ч), заменяли ковшовые весы на порционные, сепараторы ПДП-10 на сепараторы ЗСМ-50, рядом с силосными корпусами сооружали дополнительно зерносушилки ДСП-32.

Элеватор  $L-2 \times 100С$  был разработан на основе элеватора  $L-2 \times 100$  для районов с сейсмичностью 8-9 баллов со слабыми грунтами. Элеватор состоял из рабочего здания и двух пятирядных силосных корпусов. Высота рабочего здания от нулевой отметки фундамента 48,17 м, силосного корпуса - 32 м. Особенность элеватора заключалась в том, что рабочее здание и первый си-

лосный корпус расположены без разрыва на одной фундаментной плите. Компоновка оборудования и оснащение элеватора аналогичны основному варианту.

Элеватор  $L-3 \times 100$  был разработан для строительства главным образом в районах освоения целинных и залежных земель. При наличии в хозяйствах больших посевных площадей на такие заготовительные предприятия поступали большие партии однородного по качеству зерна. Для их хранения не было необходимости иметь на элеваторе большое число отдельных силосов небольшой вместимости.

В этом проекте был принят типовой силосный корпус с круглыми железобетонными силосами высотой 30 м,  $\text{Ø}6$  м и толщиной стен 0,16 м. Вместимость каждого силоса - 600 т. Элеватор был предназначен для предприятий с годовым объемом заготовок в пределах 40-70 тыс. т. Для выполнения такого объема работы устанавливали три норрии по 100 т/ч каждая. Зерно взвешивалось в рабочем здании в ковшовых весах грузоподъемностью 10 т. Здесь же устанавливалась зерносушилка (24 т/ч), сепаратор (80 т/ч), контрольный сепаратор для отходов, триеры, а также были предусмотрены оперативные силосы для кратковременного хранения зерна, отпускные бункера на железную дорогу, бункера для отходов и пыли, диспетчерская комната.

Для элеваторов этого типа было характерно расположение рабочего здания параллельно железнодорожным путям, что позволяло удобно ввести в него конвейеры из приемного устройства, силосных корпусов и приема с железной дороги и обеспечить возможность установки под погрузку одновременно четырех большегрузных вагонов.

Элеватор  $L-4 \times 175$ - наиболее мощный из серии советских типовых заготовительных элеваторов. В связи с поступлением в то время на некоторые заготовительные предприятия большого количества (200-300 тыс. т) зерна возникла необходимость строительства элеваторов значительной вместимости и мощности технологического и транспортного оборудования. Новый элева-

тор был оборудован четырьмя нориями производительностью по 175 т/ч и обеспечивал грузооборот 100 тыс. т и более в год.

В элеваторе были применены типовые силосные корпуса вместимостью по 25 тыс. т с шестирядным расположением силосов Ø6 м и высотой 30 м. В связи с этим требовалась установка, кроме основных, дополнительных подсилосных и надсилосных конвейеров, связывающих силосные корпуса с рабочим зданием. Три зерносушилки ДСП-32 размещались в отдельном здании, которое располагалось между рабочим зданием и приемным устройством.

Зерноочистительное отделение отличалось большой мощностью; оно оборудовано четырьмя сепараторами (по 100 т/ч каждый) и четырьмя триерами. Для контроля отходов устанавливались четыре сепаратора (по 10 т/ч). Отходы, получаемые при очистке зерна, и пыль после циклонов собирали в специальных бункерах рабочего здания и затем пневматическим транспортом направлялись в цех отходов.

Опыт работы того времени показал, что рассмотренные заготовительные элеваторы нуждались в усовершенствовании. Необходимо было увеличить мощность зерноочистительных машин и сушилок, а для большей маневренности - увеличить число норий. Для этого наряду с проектами модернизации существующих элеваторов были разработаны новые автоматизированные элеваторы *ЛВ-3×175* и *ЛВ-4×175* (индекс ЛВ обозначает линейный восточный). Они предназначались главным образом для строительства на предприятиях с поступлением большого количества сырого и засоренного зерна. Элеваторы выполняли те же функции, что и элеваторы *Л-3×175* и *Л-4×175*.

В рабочем здании элеватора *ЛВ-4×175* были установлены четыре нории НЦТ-175 производительностью по 175 т/ч и три НЦТ-100 - по 100 т/ч каждая. Нории НЦТ-175 предназначались для выполнения операций очистки и сушки зерна в рабочем здании и для подачи на отгрузку зерна в вагоны, а также для выполнения внутренних операций в элеваторе. Нории производительностью по 100 т/ч принимали зерно с автомобильного транспорта, подавали

его в ворохоочистители и убирали с них. Кроме того, две нории НЦТ устанавливались в правом силосном корпусе для приемки зерна с автомобильного транспорта с предварительной очисткой и подачей зерна в накопительные силосы и две нории - в левом силосном корпусе для обслуживания зерносушилок ДСП-32.

К рабочему зданию с обеих сторон примыкали два силосных корпуса, состоящих из квадратных силосов размером 4×4 м, вместимостью 14,4 тыс. т каждый. Общая вместимость элеватора с учетом бункеров в рабочем здании 32 тыс. т. Эту вместимость можно было увеличить строительством дополнительных двух - четырех силосных корпусов. Проектом была предусмотрена привязка корпусов с силосами Ø6 м. Емкость каждого силосного корпуса с круглыми силосами 12 тыс. т. Таким образом, при строительстве двух дополнительных силосных корпусов общая вместимость элеватора достигла бы 56 тыс. т, а четырех - 80 тыс. т.

Элеватор *ЛС-4×175* вместимостью 25-50 тыс. т был создан с учетом недостатков элеватора *ЛС-6×100*, выявленных в процессе строительства и эксплуатации. Технологическая схема была рассчитана на приемку зерна без ограничения по засоренности и влажности. Приемное устройство с автомобильного транспорта рассчитывалось на два проезда с автомобилеразгрузчиками ПГА-25М и приставками АРУ-1 и на два проезда с автомобилеразгрузчиками ПГА-25 без приставок. Для очистки зерна от грубых примесей в приемном устройстве устанавливались ворохоочистители. Для сушки зерна применялись две сушилки РД-25. Затем зерно поступало в сепараторы и дисковые триеры для окончательной очистки. Взвешивалось зерно в автоматических весах.

Общая вместимость элеватора составила 50 тыс. т и слагалась из четырех основных корпусов вместимостью по 11,2 тыс. т, которые располагались по обе стороны от рабочего здания емкостью 5,3 тыс. т.

Элеватор *ЛСВ-4×175* представлял собой усовершенствованный элева-

тор  $ЛС-4 \times 175$ . В элеваторе  $ЛСВ-4 \times 175$  весы перенесены снизу рабочего здания наверх. Это упростило технологическую схему, но вызвало необходимость увеличения высоты здания с 45 до 56,7 м.

На элеваторе предусматривалась приемка зерна из автомобилей и вагонов, очистка, сушка, погрузка в железнодорожные вагоны с взвешиванием. Для приемки зерна из автомобилей было предназначено приемно-очистительное устройство на четыре проезда. Зерно сушили в двух сушилках РД-2×25-70.

### 1.2.2 Перевалочные и базисные элеваторы

*Перевалочный элеватор.* Предназначен для перегрузки зерна с одного вида транспорта на другой (с водного на железнодорожный и с железнодорожного на водный). В отдельных случаях элеваторы выполняют перевалку зерна на железной дороге - с узкой колеи на широкую. Они позволяют использовать для перевозок зерна самый дешевый вид транспорта - водный.

Наилучшая схема перевозки зерна «баржа - вагон» или «вагон - баржа». Однако при этом возникают большие трудности с погрузочно-разгрузочными работами, а также излишние затраты, обусловленные неизбежным простоем барж, грузоподъемность которых в большинстве случаев превышает массу зерна, перевозимого в железнодорожных составах. Кроме того, требуется формирование крупных однородных партий зерна. Поэтому задача перевалочного элеватора заключается не только в обработке зерна и перегрузке его с одного вида транспорта на другой, но и в формировании необходимых партий зерна.

Вместимость перевалочного элеватора составляет примерно 15-17-кратный суточный запас и зависит от интенсивности подвоза зерна. Обычно вместимость этих элеваторов от 25 до 50 тыс. т, иногда ее увеличивают до 100 тыс. т и более. В этом случае перевалочный элеватор превращается в ба-

зисный.

*Базисный элеватор.* Его назначение - хранение крупных партий зерна. Эти элеваторы строят на пути движения зерновых потоков в пунктах большого потребления. Они позволяют рассчитать вместимость заготовительных предприятий на средний урожай, а не на максимальный, т.е. снижают необходимую вместимость для приемки зерна от хлебосдатчиков.

В зависимости от места расположения определяют характер операций базисных элеваторов. Им характерен сильно развитый приемно-отпускной фронт. Зерно доводят до мельничных и экспортных кондиций. Вместимость базисных элеваторов большая. Обоснование необходимости их строительства и выбор площадки требуют тщательного, глубокого и всестороннего изыскания, так как сложность работы элеваторов состоит в больших количествах перевалок.

В советском союзе в большинстве случаев функции базисных элеваторов совмещали с перевалочными, что экономически выгодно, так как дополнительные погрузочно-разгрузочные расходы в определенной степени компенсируются более низкой стоимостью водных перевозок. Коэффициент оборота перевалочных элеваторов 3,6-6,0, а при малой вместимости - 10 и более. Нории в этих элеваторах обычно устанавливают производительностью 175-350 т/ч.

Первые элеваторы большой вместимости (базисно-перевалочные) в то время были построены еще до революции в крупных узловых пунктах и потребляющих центрах. Значительно увеличилось строительство базисно-перевалочных элеваторов в послевоенный период.

*Типы базисно-перевалочных элеваторов.* Этот элеватор был самым крупным в стране. Элеватор принимал зерно с автомобильного, железнодорожного и водного транспорта и отгружал его на железнодорожный. В рабо-

чем здании было установлено пять норий производительностью по 350 т/ч, пять ковшовых весов грузоподъемностью по 70 т, четыре сепаратора производительностью по 100 т/ч. Зерно сушили в четырех сушилках, расположенных в отдельном здании, примыкающем к лестничной клетке рабочего здания.

Семирядный силосный корпус состоял из силосов Ø7 м и высотой 30 м, расположенных в шахматном порядке.

Еще одним примером такого типа элеваторов является элеватор, который предназначался в основном для приемки зерна, поступающего железнодорожным транспортом, и перевалки его в речные суда. Кроме того, элеватор принимал зерно с автомобильного, водного транспорта и отгружал его на железнодорожный.

В рабочем здании элеватора было установлено четыре нории по 175 т/ч, четверо ковшовых весов грузоподъемностью по 20 т, два сепаратора по 100 т/ч и два контрольных сепаратора по 5 т/ч. Зерно сушили в сушилке производительностью 24 т/ч.

Наряду с перевалочными и базисными элеваторами имеют место фондовые зернохранилища.

*Фондовые зернохранилища.* Они выполняют операции по приемке зерна с железнодорожного, водного транспорта, приведению его в кондиционное состояние и обеспечивают длительное хранение зерна. Характерная особенность фондовых зернохранилищ - большая вместимость (80-100 тыс. т и более) и небольшой коэффициент оборота (0,3-0,4).

В фондовых зернохранилищах обычно используют линейное расположение складов и силосов. Вместимость зернохранилищ включает в себя элеваторы (от 16 % до 20 %) и склады (от 80 % до 84 %) с хорошо развитым приемным оборудованием; их рассчитывают на 1-2 месяца к общей вместимости зернохранилищ. Отгрузочные устройства обеспечивают высокую производительность, что вызвано срочной отгрузкой всего зерна.

Несмотря на то, что поступающее зерно уже приведено в кондиционное состояние, его дополнительно очищают и сушат, для чего на фондовых зернохранилищах предусматривают дополнительно мощные сепараторы и сушилки.

### 1.2.3 Производственные элеваторы

Производственные элеваторы строят при мельзаводах, пивзаводах и крупозаводах, а также при комбикормовых заводах. Так как большую часть зерна перерабатывают в муку, то к основному типу производственного зернохранилища относят мельничные элеваторы.

*Мельничные элеваторы.* Их основное назначение - это обеспечение зерном соответствующего качества мукомольного завода. На элеваторах создают 3-4-месячный запас зерна для стабилизации режима работы предприятия и возможности подбора больших однородных партий зерна, организуют также подготовку зерна к помолу - очистку, сушку, подсортирование.

Как грузооборот мельничного элеватора, так и его коэффициент грузооборота изменяются в зависимости от вида подвоза и объема местного поступления зерна (заготовок). Чем больше поступление зерна с автомобильного транспорта, тем больше требуется вместимость мельничного элеватора. Приемка зерна преимущественно с водного транспорта также обуславливает необходимость большой вместимости, так как поступление зерна на элеватор ограничивается навигационным периодом (примерно шесть месяцев).

Из современных на то время мельничных элеваторов представляют интерес типовые проекты  $M-2 \times 100$ ,  $M-2 \times 175$ ,  $M-3 \times 100$  и  $M-3 \times 175$ , в которых учтено все положительное в проектировании элеваторов. Рабочие здания этих элеваторов имели одну и ту же конструкцию (строительная сетка  $2,4 \times 3,5$  м), одинаковую лестничную клетку, одинаковую высоту этажей. Два крайних

пролета у всех рабочих зданий выделены для зерносушилки.

*Мельничный элеватор МС-3×175* сборной конструкции был оборудован тремя основными и тремя дополнительными нориями по 175 т/ч. Зерно из железнодорожных вагонов выгружали в приемное устройство, оборудованное инерционным вагоноразгрузчиком. Для приемки зерна из автомобилей к рабочему зданию привязывали специальное устройство на один проезд с автомобилеразгрузчиком ПГА-25М. Принятое зерно направляли в рабочее здание, очищали в двух сепараторах производительностью по 100 т/ч, взвешивали в автоматических весах ДН-2000 и подавали в силосы для хранения. После сушки зерно направляли в сепараторы и дисковые триеры для окончательной очистки. Зерно в железнодорожные вагоны загружали через люки в крыше вагона или через его дверь вагонозагрузчиком. Для газации зерна в трех силосах первого силосного корпуса была предусмотрена типовая установка.

*Элеваторы при крупяных заводах.* Их строили с учетом специфических свойств крупяных культур. Например, рис очень чувствителен к ударам, поэтому на элеваторах для риса устанавливали нории с меньшей скоростью движения ленты и не применяли пневматический транспорт. Отличительные особенности такого элеватора в следующем: углы наклона труб самотечного транспорта, днищ силосов и бункеров увеличены до 45°; многие силосы оборудованы установками активного вентилирования с возможностью применения в них агрегатов для искусственного охлаждения воздуха; скорость движения ленты норий снижена так, что норня производительностью 175 т/ч имеет фактическую производительность 100 т/ч.

#### 1.2.4 Портовые элеваторы

Основное назначение портовых элеваторов - приемка с железнодорожного транспорта крупных партий зерна и отгрузка его на морские суда.

Портовые элеваторы располагают в месте стыковки морских магистралей и железной дороги. Для портовых элеваторов характерны мощные приемно-отпускные устройства. Приемная способность элеваторов - от 3 до 4 маршрутов в сутки, что примерно составляет 10 % вместимости; отгрузочная способность - 5-6 тыс.т/сут и более. Необходимость подготовки однородных партий зерна обуславливает наличие в портовых элеваторах зерноочистительного оборудования и зерносушилок, позволяющих доводить зерно до требуемых кондиций.

Коэффициент оборота портовых элеваторов составляет 4-8 и зависит от многих факторов. На отдельных элеваторах он достигает десяти и более.

#### 1.2.5 Реализационные базы

Реализационные базы предназначены для отпуска зерна и зернопродуктов торговым базам и магазинам, предприятиям питания, небольшим предприятиям различных отраслей пищевой промышленности, пригородным хозяйствам и другим потребителям.

Вместимость реализационных баз в большинстве случаев складская, иногда элеваторная. Хлебные продукты, подлежащие хранению, приходилось сушить и обрабатывать, особенно те из них, которые непосредственно принимали от производителей. Все это обуславливало необходимость иметь на реализационных базах бункера, рассчитанные на хранение зерна и зернопродуктов как в насыпи, так и в таре, а также оборудование для очистки и сушки. Емкость реализационных баз составляло не менее двухмесячного запаса, поэтому коэффициент оборота этих предприятий был достаточно большой.

### 1.2.6 Комбинаты хлебопродуктов

В целях наиболее рационального размещения мощностей по хранению и переработке зерна, снижения накопительных затрат и эксплуатационных расходов элеваторы, мельницы, крупозаводы и комбикормовые заводы строили на одной площадке, создавая комбинаты хлебопродуктов. В качестве основных производственных объектов комбинаты хлебопродуктов включали элеваторы и зерновые склады, мельницы, комбикормовые или крупяные заводы.

## **2 Склады и рабочие башни механизированных зерновых складов**

### **2.1 Классификация зерновых складов**

Склад для зерна - это сооружение с горизонтальным или наклонным полом, предназначенное для хранения зерна насыпью прямо на полу и вплотную к стенам.

Зерновые склады классифицируют в зависимости от способа размещения зерна, степени механизации погрузочно-разгрузочных работ, срока хранения зерна и вида строительного материала (рисунок 2).

Разработаны типовые проекты складов для зерна, в которых обобщен многолетний опыт их проектирования и строительства. Вместимость современных типовых складов с плоскими полами 3200 и 5500 т и с наклонными - 7500 т.

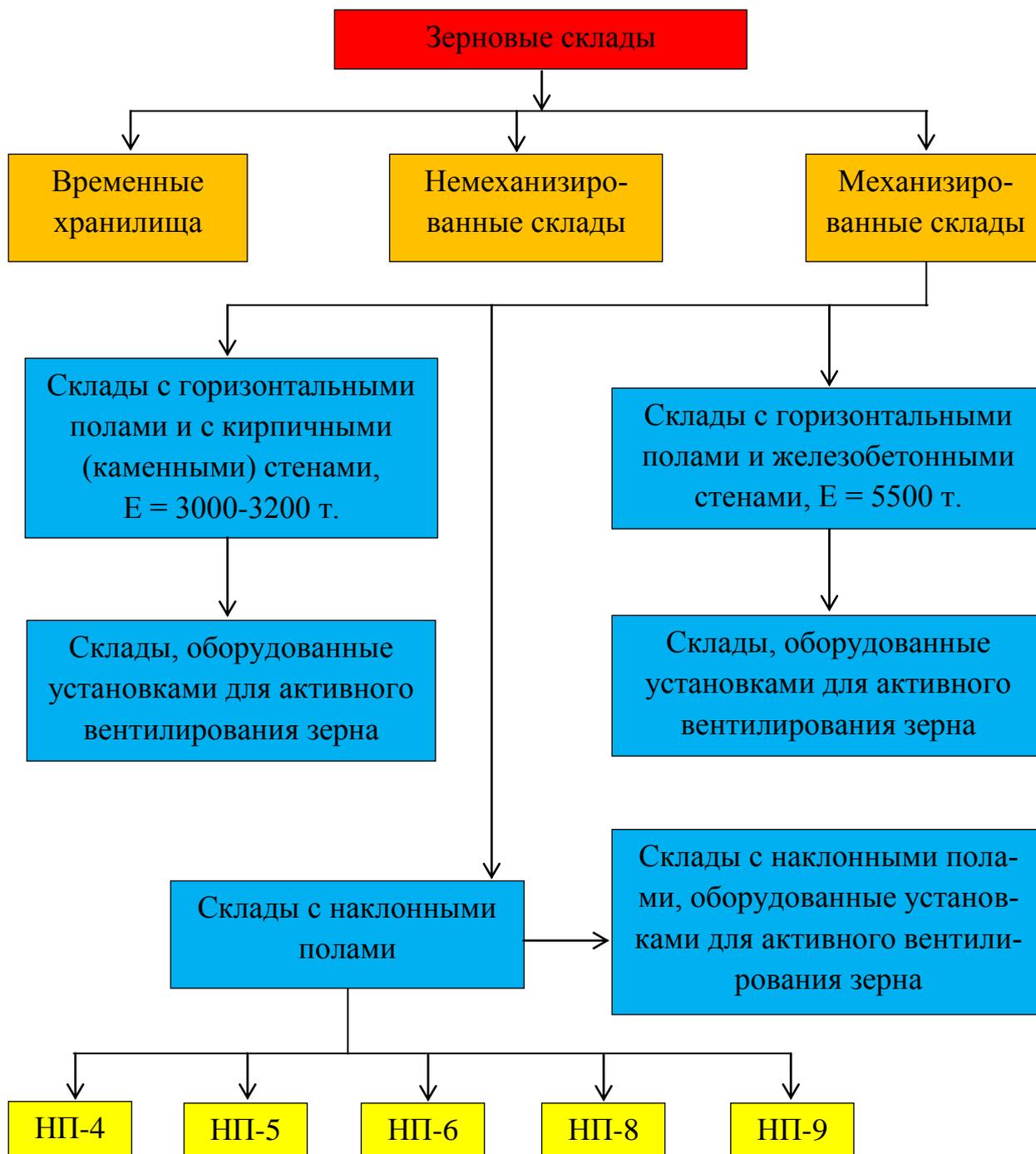


Рисунок 2 - Классификация зерновых складов

Одно из основных требований, предъявляемых к складам - это экономичность как при строительстве, так и при эксплуатации. Наиболее распространенная форма склада прямоугольник. Она позволяет для стен применять

местный материал (кирпич, бут, бетонные или шлакоблоки, камень-ракушечник, сборный железобетон), а для каркаса крыши - дерево, сборный железобетон или стальные конструкции. Каркас крыши обычно сооружают из дерева или сборного железобетона.

Склады связывают верхними и нижними конвейерами с башнями механизации. Расположение складов на площадке может быть линейным - параллельным железной или автомобильной дорогам и торцевым. Последнее компактнее, но нарушает нормы среднего расстояния внутреннего перемещения зерна, т.е. увеличивает эксплуатационные расходы и усложняет увязку отдельных складов. Обычно применяемое линейное расположение складов упрощает увязку отдельных складов и схему движения зерна.

Параллельно расположенные склады соединяют реверсивными конвейерами, что позволяет подавать зерно из любого склада на очистку, сушку или отгрузку через башню механизации.

К складам обеспечивают удобный подъезд автомобилей. Расстояние от оси железнодорожного пути до стены склада должно быть не более 3,1 м, но часто его увеличивают до 6 м для применения передвижной механизации.

Расстояние от складов до соседних сооружений выбирают в соответствии с требованиями норм пожарной безопасности. Наивысший уровень грунтовых вод на участке должен быть ниже

## **2.2 Конструкции складов для зерна**

Было разработано несколько типов складов для зерна, которые получили распространение. Их достоинство было в простоте конструкции, возможности использования различных местных строительных материалов, а также использования в эксплуатации как передвижной, так и стационарной механизации.

Наряду с этим строили склады из сборных железобетонных элементов

по типовым проектам. Сборный железобетон наилучшим образом отвечает задачам складского строительства и имеет следующие преимущества: возможность строительства независимо от времени года; сокращение на стройплощадке числа рабочих (экономия трудовых затрат достигает 30 %); высокое качество строительства из сборных железобетонных элементов, изготавливаемых в заводских условиях; сокращение сроков строительства; сокращение массы материалов, подлежащих перевозке на стройплощадку (экономия до 35 %).

Был разработан типовой проект склада со стенами каркасной конструкции. Габаритные размеры и вместимость этого склада те же, что и склада вместимостью 5500 т. Основные отличия заключались в следующем: в поперечном направлении склад представлял собой рамную систему, образуемую колоннами, ригелями и фермой; жесткие узлы образовывались при помощи болтовых соединений; шаг наружных колонн, так же как и внутренних, принят в продольном направлении равным 6 м; уменьшение размеров наружных фундаментов склада достигалось специальными разгрузочными плитами, заанкеренными в грунте и воспринимающими горизонтальные силы сдвига от давления на стены склада.

Во всех этих проектах высота зерновой насыпи принята около стен 2,5 м, посередине - 5 м. Как показал проведенный анализ, эта высота насыпи для ряда конструкций близка к оптимальной, при меньшей высоте уменьшается вместимость склада, при повышении - резко утяжеляются конструкция.

### **2.3 Основные элементы конструкций складов**

*Стены.* Должны быть достаточно прочными, рассчитанными на статические горизонтальные нагрузки от давления зерна и крыши и динамическую - от ветра. Одновременно стены должны защищать зерно от атмосферных осадков, быть без трещин на внутренней поверхности, щелей, раковин, где могут развиваться вредители хлебных запасов.

Из-за больших горизонтальных нагрузок от бокового давления зерна стены склада рассчитывают как подпорные. Конструкцию их рассматривают как тавровое сечение, а поле стен между контрфорсами рассчитывают как плиты, опирающиеся по трем сторонам. При расчете принимают во внимание трение зерна о внутреннюю поверхность степы, что позволяет сократить размеры поперечного сечения и сэкономить строительные материалы.

Ввиду того что боковое давление зерна на стену распределяется неравномерно, ее толщина по высоте будет неодинаковой. Принятые в типовых проектах складов из местных материалов (кирпич, камень) размеры поперечного сечения стен с учетом расположения через каждые 3 м контрфорсов обеспечивают достаточную прочность и устойчивость степ. Для предохранения от грунтовой влаги между фундаментом и стеной делают гидроизоляционную прослойку (рубероид на битуме или церизит).

*Фундамент.* Устраивают из бутового камня. Размеры фундаментов принимают для расчетного сопротивления грунта  $2,5 \cdot 10$  Па (краевого под подошвой). Чтобы предохранить стену от смещения, фундамент делают «зубом», около угла стены пол склада закругляют (для удобства зачистки от остатков зерна).

Для предотвращения проникновения к фундаменту дождевых и талых вод вокруг склада предусматривают отмостку шириной 1 м (2 м при лессовом грунте) с устройством сточных канав, отводящих воду от склада.

*Ворота.* Их располагают по длине и в торце склада. Ворота шириной 2,2 м и высотой 2,6 м делают распашными, на давление зерна их не рассчитывают. Поэтому с внутренней стороны проем закрывают досками, которые давлением зерна прижимаются к каменной стене. Над закладными досками устраивают сетку, препятствующую проникновению в склад птиц. В настоящее время склады строят только механизированными, поэтому большое число

ворот - нецелесообразно. Предусматривают одни ворота, которые блокируют с электродвигателем нижнего конвейера.

*Окна.* Оконные проемы 600×1400 мм между воротами склада в стенах над уровнем зерна затягивают проволоочной сеткой для защиты от птиц. Оконные рамы подвешивают на горизонтальных петлях; их открывают снаружи, что позволяет проветривать склад, не заходя внутрь. Освещенность на уровне пола при электроосвещении должна быть не менее 10 Лк. Рекомендуется использовать прожекторное освещение. Все это позволяет в дальнейшем обойтись без окон. Поэтому в складах с наклонными полами в некоторых случаях не делают окон.

На наружных стенах монтируют электрощиты для подключения передвижных машин. Все электрооборудование и арматура, устанавливаемые в складах, должны быть в пылезащищенном исполнении.

*Полы.* Должны обладать необходимой прочностью, обеспечивающей восприятие сосредоточенной нагрузки от колес передвижной механизации, хорошей влагонепроницаемостью, защищать зерно от проникновения грызунов и исключать возможность развития вредителей.

В современных зерновых складах укладывают асфальтовые полы. Каменные и бетонные полы нежелательны, так как они разрушаются при перемещении передвижной механизации. Под асфальтовый пол удаляют верхний слой почвы до 200 мм и насыпают грунт, полученный при рытье траншей для фундаментов, разравнивают его и хорошо трамбуют, а затем покрывают асфальтом, приготовленным на нефтяных битумах. Применять каменноугольные битумы запрещено. Асфальтовое покрытие толщиной 260-300 мм в складе устраивают на отметке, превышающей нулевую на 300 мм. Такая конструкция пола обладает достаточной прочностью при перемещении по нему машин передвижной механизации.

*Крыша.* Это важный элемент конструкции склада, так как сохранность зерна прежде всего зависит от ее водонепроницаемости. Нормативные условия хранения зерна требуют, чтобы крыша склада была прочной, легкой, огнестойкой и мало теплопроводной.

Основной каркас крыши изготавливают из дерева. Ферму, перекрывающую средний пролет, устраивают такой же конструкции. Ее особенность - устройство двух подвесок поддерживающих нижний пояс, что позволяет смонтировать продольную галерею и разместить в ней ленточный конвейер для загрузки зерна в склад. В складах из сборного железобетона и в последних проектах кирпичных складов применяют железобетонные и металлические конструкции.

Для кровли используют наиболее надежные и долговечные материалы: асбошифер, этернит, кровельную листовую сталь и рубероид.

## **2.4 Временные зернохранилища**

При недостатке вместимости зернохранилищ в период массового поступления зерна на заготовительных предприятиях сооружали на специально подготовленных асфальтовых или других площадках так называемые временные хранилища, или бунты.

Участки для площадок отводят преимущественно около железнодорожных подъездных путей, водных причалов, зернохранилищ, сушильно-очистительных и других башен механизации. На территории предприятия площадки располагают между складами и параллельно их стенам с разрывом не менее 10 м для проездов. Если предполагается строительство складов, то асфальтированные площадки делают так, чтобы затем использовать их в качестве полов новых складов.

Размеры площадок определяли с учетом местных условий и наиболее

удобного размещения средств механизации: ширина в пределах 7-14 м, а длина зависит от местности и количества размещаемого зерна, но не более 50-60 м.

Площадки временного хранения сухого и средней сухости зерна, а также оборудованные установками для активного вентилирования ограждали по периметру инвентарными хлебными щитами или стенками из местных материалов. Сверху бунт закрывали брезентом, который натягивали веревками или грузами. Для проветривания оставляют свободное пространство между брезентом и поверхностью зерна.

При размещении сырого и влажного зерна площадки оборудуют напольно-переносными установками для активного вентилирования или устраивают из досок или горбылей вентиляционные каналы треугольного сечения.

## **2.5 Средства механизации складов**

При благоприятных гидрогеологических условиях (низкое расположение грунтовых вод) в складах с горизонтальными полами устраивали пол из двух плоскостей, расположенных наклонно по отношению к продольной оси. Наклонный угол устраивают по всей площади склада или только в его средней части. В этом случае исключается необходимость применения ручного труда для подачи зерна по горизонтальному полу к выпускным отверстиям и снижается стоимость сооружения склада.

Из-за своеобразной конфигурации большой высоты (более 10 м) зерновой насыпи по продольной оси в складах с наклонными полами не удалось решить задачи эффективного вентилирования и газации зерна, а также установить контроль за его состоянием при хранении.

В таких складах можно хранить только очень большие партии однородного зерна (5000-8000 т). Делать в складах с наклонными полами внутрен-

ние перегородки технически трудно и дорого.

Наибольшую технологическую и экономическую эффективность при механизации работ с зерном в складах дает применение аэрожелобов. В них используют перфорированные перегородки с подачей воздуха в массу зерна не перпендикулярно, а под углом к плоскости транспортирования. Такое направление воздушного потока обеспечивает более эффективное использование воздуха при транспортировании зерна и повышает коэффициент полезного действия аэрожелобов.

Аэрожелоба, которыми оборудовали склады, представляют собой каналы, разделенные по высоте перфорированными перегородками на две части: верхнюю - транспортирующую и нижнюю - воздухоподводящую. При подаче воздуха под перегородку вентилятором высокого или среднего давления зерновая масса, находящаяся на верхней части перегородки, начинает перемещаться к выпускным воронкам конвейера.

Перфорированную перегородку в каждом канале монтируют из чешуйчатых сит с уклоном 2-5° в сторону движения зерна, т.е. выпускных воронок. Аэрожелоба с расстоянием между осями 2-3 м устанавливают с учетом размещения в складе выпускных воронок, опор перекрытий, дверей, контрофоров, устройства рассекателей. Для полного схода зерна на поверхности сита аэрожелоба монтируют рассекатели с углом наклона плоскостей в 40-45°.

Пазухи рассекателей заполняют грунтом, вынутым при рытье каналов.

Остов рассекателя делают из бетона, верхний слой которого покрывают штукатуркой или асфальтом. В ряде случаев рассекатели монтируют из железобетонных плит.

Аэрожелоба как средства стационарной механизации складов обеспечивают:

- механизацию разгрузочных работ в складах без применения ручного труда;
- простоту устройства и обслуживания;

- отсутствие движущихся рабочих органов, дробящих и загрязняющих зерно;
- улучшение качества транспортируемого зерна вследствие продувания его воздухом и отделения легковесных примесей;
- возможность обработки зерна воздухом (нагрев, охлаждение) и газовыми смесями для обеззараживания зерна или протравливания семян, протекающих более эффективно, чем в плотном слое;
- возможность внедрения частичной или полной автоматизации погрузочно-разгрузочных работ в складах;
- сокращение числа рабочих, занятых на разгрузочных работах;
- повышение производительности труда на работах с зерном в складах с плоскими полами и сокращение издержек на 1 т комплексного грузооборота.

Однако аэрожелоба не лишены и недостатков. Это сложность строительных работ, связанных с сооружением каналов и откосов для выпуска зерна; трудности изготовления отдельных элементов аэрожелобов, в частности чешуйчатого сита; нарушение сыпучести зерна при эксплуатации складов и, как следствие, перебои в работе аэрожелобов; высокая стоимость.

## **2.6 Механизированные рабочие башни**

При оборудовании складов стационарной механизацией строили башни для приемки, взвешивания, очистки, сушки, отпуска зерна, а также подачи его на верхний конвейер и для приемки с нижнего.

Первые башни имели одну-две нории и выполняли в основном операции приемки зерна и передачи его на верхние конвейеры. На железнодорожный транспорт зерно отгружали одной из норий рабочей башни через самоходную трубу.

В дальнейшем появились рабочие башни с примыкающими к ним бункерами для отпуска зерна на железнодорожный транспорт и приемным

устройством с автомобильного транспорта. В рабочей башне устанавливали три нории, двое ковшовых весов, сепаратор, надвесовые, а также над- и подсепараторные бункера. Подобные башни были громоздки и по стоимости мало отличались от самотечных элеваторов. Со временем конструкции башен совершенствовались.

Большое распространение получили зерносушильные рабочие башни.

В зависимости от состава оборудования и выполнения основных функций механизированные башни подразделяли на следующие основные типы: перегрузочные ПБ, приемно-очистительные ПОБ и РБО, приемно-очистительно-сушильные РБС, молотильно-очистительные МОБ и сушильно-очистительные СОБ.

Наибольшее распространение получили сушильно-очистительные башни, в которых осуществляют все технологические и транспортные операции с зерном.

На многих хлебоприемных предприятиях, где отсутствовали элеваторы, СОБ являются основными центрами механизации зерновых складов. При организации стационарной механизации складов широкое распространение получили башни РБО, РБС и др.

Для обработки зерна на заготовительных предприятиях при поступлении сырого и влажного зерна применяли рабочие башни с зерносушилками РБС, которые от башни РБО отличались только наличием сушиллки.

На заготовительных предприятиях южных районов строили молотильно-очистительные башни, которые предназначались для работы с товарной кукурузой. Они представляли собой пятиэтажное здание высотой 14 м с технологическим и транспортным оборудованием; зерносушиллка ДСП-320Т располагалась рядом с башней. При необходимости початки кукурузы наклонным конвейером и одним из верхних конвейеров направляли, минуя молотилку в склад (навес) с установками для активного вентилирования. Затем подсушенные початки из склада передавали в молотилки.

Учитывая различные условия строительства и эксплуатации СОБ по районам страны были разработаны следующие типы башен:

- СОБ-МК (монолитной конструкции), СОБ-СК (сборной конструкции), СОБ-ПО (со стенами, возводимыми в скользящей опалубке);

- СОБ-1К (с кирпичными стенами), СОБ-1С (со стенами, возводимыми в скользящей опалубке), СОБ-1Б (со стенами из бетонных блоков).

Из первой группы наибольшее распространение получила башня СОБ-МК. Размеры ее в плане определила необходимая площадь сепараторного этажа - 12×12 м (два пролета по 6 м, не считая топки и приемного устройства с автомобильного транспорта). Бункера сухого и сырого зерна размещены рядом с шахтой сушилки, что позволило снизить высоту башни, хотя и несколько увеличило ее размеры в плане. Оптимальная высота этажей была принята 4,2 м. Общая высота четырехэтажной башни 17 м. В ней размещены две нории по 100 т/ч, две нории по 45 т/ч, зерносушилка ДСП-24, сепаратор (80 т/ч), автоматические весы ДН-500, пять ленточных конвейеров, три шнека, вентиляторы и другое вспомогательное и энергетическое оборудование.

В специальной пристройке, разделенной на две части, размещены топка зерносушилки и приемное устройство с автомобильного транспорта на одну точку, оборудованное проездным автомобилеразгрузчиком.

Автомобиль после взвешивания на весах разгружают автомобилеразгрузчиком. Из приемного бункера зерно конвейером передают в норию (100 т/ч), далее - в сепаратор или бункер для сырого зерна. Затем зерно через норию (45 т/ч) поступает в сушилку и при помощи нории (45 т/ч) - в автоматические весы ДН-500. Взвешенное зерно направляют в склады для сухого зерна. В железнодорожные вагоны зерно загружают вагонозагрузчиком с крыльчаткой.

Несмотря на проведенные реконструкции для башен СОБ-МКМ и СОБ-1С был присущ один общий недостаток: технологическая схема приемки и обработки не позволяла принимать различные партии зерна. Неравномерное

поступление таких партий зерна создавало большие трудности в работе СОБ, так как данные сооружения имели только одно приемное устройство.

Для устранения этого недостатка были разработаны проекты СОБ-32 и СОБ-50 с зерносушилками соответственно ДСП-32 и ДСП-50. СОБ-32 по основному варианту строят из сборного железобетона (СОБ-32СК). Технологическая схема СОБ-32 при практически неизменившемся объеме работ обеспечивает большую эффективность использования технологического и транспортного оборудования и лучшее качество обработки зерна. Паспортная производительность всего транспортного оборудования башни за исключением нории 2 - 100 т/ч.

Зерно из автомобилей выгружают в приемные бункера, из которых оно, пройдя ворохоочистители, скребковым конвейером и волокушей направляется в норию. Она подает зерно в сепаратор или при помощи конвейеров зерно направляют в склад. После очистки в сепараторе зерно подают норией на скребковый конвейер и далее в склад.

Скребковым конвейером можно направить зерно в сушилку, а излишек - в бункер. Просушенное зерно волокушей и норией передают в сепаратор. При очистке зерна с повышенным содержанием овсюга крупную фракцию направляют в овсюгоотборочные машины и затем объединяют с основным потоком зерна, прошедшим через сепаратор.

Взвешенное в автоматических весах зерно направляют конвейерами в параллельный ряд складов или в бункер, откуда его отгружают в вагоны. При подаче сырого зерна из складов на сушку в работу включаются подскладские конвейеры и спаренная нория.

К недостаткам башни следует отнести отсутствие надсепараторных бункеров, которые позволили бы обеспечить лучшую загрузку и использование сепараторов. Наличие одних автоматических весов не позволяет одновременно взвешивать зерно при сушке и отгрузке в вагоны.

В СОБ-50 предусмотрены шесть норий (пять по 100 т/ч и одна 50 т/ч),

зерносушилка (50 т/м), ворохоочиститель и два сепаратора (100 т/ч) для очистки зерна до и после сушки. Приемное устройство было запроектировано на два проезда при двух приемных конвейерах.

По конструкции СОБ-50 представляет собой шестиэтажное здание высотой 26,4 м и размерами в плане 14×7 м. Главный недостаток СОБ-50 - малая фактическая производительность зерносушилки и недостаточная емкость приемных бункеров, не рассчитанных на приемку большегрузных автомобилей.

### **3 Специализированные предприятия по обработке различных культур**

Урожай различных культур во многом зависит от подготовки семян к посеву. Семена, выращенные в семеноводческих хозяйствах, сдают на заготовительные предприятия. На специальных станциях, заводах и в цехах их доводят до посевных кондиций, затем хранят и отпускают для посева хозяйствам.

Гибридные и сортовые семена кукурузы обрабатывают на одних устройствах, а сортовые семена зерновых культур и семена трав - на других, поэтому и рассматривать подобные устройства нужно отдельно.

#### **3.1 Заводы и цехи по обработке гибридных и сортовых семян кукурузы**

Одно из основных условий повышения урожая кукурузы - посев калиброванными гибридными семенами. Подготавливают гибридные и сортовые семена кукурузы к посеву на кукурузообрабатывающих заводах и в цехах (заводах и цехах по обработке гибридных и сортовых семян кукурузы).

В проектах советского периода была проведена блокировка ряда цехов, уменьшены капитальные затраты. Наряду с заводами было признано целесо-

образным для уменьшения радиуса подвоза сырья строить сушильно-калибровочные цехи производительностью 1,5 и 0,75 тыс. т семян в сезон. Заводы и цехи начали строить на действующих заготовительных предприятиях. Совмещение функций предприятий и кукурузообрабатывающих цехов уменьшало капитальные затраты и издержки по подготовке семян. На всех заводах и в цехах, кроме нескольких первых, было установлено отечественное оборудование.

Первоначально калибровочные отделения заводов и цехов были приспособлены к выпуску 11 фракции семян. Работами ВНИИЗ была доказана целесообразность калибрования семян кукурузы только на шесть фракции. В результате перехода с 11 на шесть фракций увеличились производительность завода (цеха) и выход готовой продукции.

Технологическая схема обработки гибридных и сортовых семян кукурузы на специализированных заводах и в цехах включает такие операции:

- прием початков от заготовителей и их кратковременное хранение в накопительном бункере или под навесом;
- сортирование для удаления нетипичных, больных и недоразвитых початков;
- сушку початков кукурузы в камерных сушилках до 12-13 % влажности зерна;
- обмолот початков и первичную очистку семян;
- хранение семян до их калибрования;
- калибрование семян;
- протравливание и затаривание семян в бумажные мешки;
- хранение и отпуск семян.

К устройству кукурузообрабатывающих заводов и цехов, их оборудованию и технологии обработки семян предъявляют повышенные требования: полное исключение опасности снижения всхожести семян при их транспортировании, сушке, обмолоте и сортировании. В соответствии с этими требова-

ниями выбирают режимы сушки и обмолота (обмолачивают кукурузу после сушки), для подъема початков используют специальные наклонные ленточные безроликовые конвейеры (а не нории) с нашитыми стальными уголками и полосками прорезиненной ленты.

При проектировании кукурузообрабатывающих заводов и цехов продолжительность приемки, сортирования, сушки и обмолота кукурузы принимали равной 30 сут, а длительность остальных операций - до 75 сут. В практике рабочий период калибровочных отделений намного удлиняли, в связи с чем производительность заводов (цехов) было часто больше проектной.

Первоначально предполагали принимать кукурузу строго по графику в размере суточной пропускной производительности сушилок. Фактически в связи с условиями погоды график поступления не выдерживался и приемку вели с большой неравномерностью. Для одновременной приемки нескольких сортов и гибридов и для размещения той кукурузы, которую не успевают в день приемки направить на сушку, на заводах (в цехах) строили не предусмотренные первоначально механизированные навесы или склады с установками для активного вентилирования. Эти навесы оборудовали дополнительным приемом с автомобильного и часто с железнодорожного транспорта.

Так типичным для того времени был цех производительностью 1,5 тыс. т семян в сезон. Цех состоял из следующих основных отделений: приемного устройства, бункера для временного хранения початков, отделения для сортирования оберток, камерной сушилки с топкой, молотильно-калибровочного отделения, склада семян и готовой продукции и навеса для початков.

Отделения связаны были между собой наклонными конвейерами. Для обеспечения нормальной работы цех оборудовали зарядной станцией и складом жидкого топлива с насосной станцией. Другие вспомогательные сооружения - общие для цеха обработки семян и заготовительного предприятия.

После отбора пробы и взвешивания автомобильный транспорт разгружали на автомобилеразгрузчике и кукурузу по наклонному транспортеру по-

дали в бункер для временного хранения или под навес. В бункере початки хранили не более 12 ч. Кукурузу, которую не успевали направить на сушку в течение указанного периода, принимали под навес. Для естественной вентиляции початков днище бункера обшивали листовой кровельной сталью с отверстиями. Бункер загружали равномерно верхним реверсивным передвижным конвейером, а разгружали - стационарным горизонтальным конвейером. Наличие приемного бункера и навеса обеспечивало непрерывный прием кукурузы и бесперебойную работу сушилки.

Из приемного бункера початки по наклонному конвейеру подавали в отделение снятия оберток. Поступившие без оберток початки подавали на сортировальные столы. Сортировальный стол представляет собой широкую конвейерную ленту, по обеим сторонам которой находились рабочие, сортировавшие кукурузу вручную. Бракованные початки подавал цепной норией в специальный бункер, а обертки и другие отходы - пневмотранспортом в другой бункер. После сортировальных столов початки поступали на сборный конвейер, а затем по наклонному конвейеру - в здание сушилки.

Камерные сушки для гибридной и сортовой кукурузы в початках были двух типов: коридорные (с продольным расположением камер) и секционно-блочные (с поперечным расположением камер). Наибольшее распространение получили сушки коридорного типа. Для цеха производительностью 1,5 тыс. т семян в сезон применяли сушки с шестью камерами и одним топочным агрегатом.

Просушенную кукурузу в початках по наклонному конвейеру подавали в молотильно-калибровочное отделение на молотилку. В первых проектах заводов молотильное и калибровочное отделения располагали в отдельных зданиях. Впоследствии для уменьшения капитальных затрат эти этапы технологического процесса стали совмещать в одном здании.

Обмолоченные семена норией через порционные весы подали в бункера молотильно-калибровочного отделения или в закрома склада для обмоло-

ченных семян. Кукурузные стержни цепной норией поднимали в специальный бункер. Хранение большого количества обмолоченных семян в складе до их дальнейшей обработки (калибрования) связано с тем, что принимали, сушили и обмолачивали початки в течение более короткого срока (около одного месяца), чем калибровали (до четырех и более месяцев).

Из бункеров молотильно-калибровочного отделения (или из закров склада через конвейер) норией семена для очистки подавали через бункер на сепаратор. Здесь зерно очищали от примесей (минеральных и органических) и выделяли посевную группу фракций в заданных интервалах, отбирая чрезмерно крупные и мелкие зерна. Из подсепараторного бункера норией очищенные семена перегружали в бункер над калибровочными машинами.

В результате калибрования по ширине и толщине получали шесть посевных фракций и последовательно семена. Их обогащали на аспираторах или пневмостолах, т.е. удаляли легкие зерна и примеси и получали полноценные калиброванные семена. Завершали процесс обработки семян операцией протравливания и выбоа. Протравливали семена в аппаратах, установленных в изолированном помещении.

Готовые семена кукурузы выбивали в четырехслойные бумажные мешки порциями по 25 кг. Для выбоа под бункером, в который поступали семена, устанавливали весовыбойный аппарат, выбойный бункер, конвейер и защитную машину. Выбой, как и протравливание, проводили отдельно по фракциям. Затаренные в мешки семена направляли в склад готовой продукции.

Принципиальная схема технологического процесса обработки гибридных и сортовых семян кукурузы на заводах производительностью 2,5-5,0 и в цехах производительностью 0,75 тыс. т готовой продукции в сезон не отличался от описанной для цеха производительностью 1,5 тыс. т семян в сезон.

Изменяли лишь число установленных машин, емкость приемных бункеров, склада для обмолоченных семян, готовой продукции и ряда оперативных бункеров, а также объемно-планировочные решения заводов и цехов.

Большие отличия у молотильно-калибровочных отделений заводов (по сравнению с отделением цеха производительностью 1500 т семян в сезон). Большое число машин (сепараторов, калибровочных машин, триеров, сортировальных столов и т.д.), которые необходимо было устанавливать на заводах производительностью 5,0 и 2,5 тыс. т семян в сезон, и значительное увеличение в связи с этим объема здания позволяли строить для таких заводов молотильно-калибровочные отделения с большим числом этажей, изменять размещение оборудования по этажам и получать несколько меньшее число подъемов семян нориями.

На заводах для временного хранения обмолоченных семян вместо обычных складов с закромами, применяющихся в цехах, строили склады бункерного типа.

#### **4 Предприятия для обработки и хранения семенного зерна**

Приемку и обработку семян колосовых культур проводили на специальных технологических линиях, в цехах. Для этой цели использовали существующие кукурузные заводы и различные механизированные башни.

В советском союзе были разработаны универсальные комплексы по обработке семенного и товарного зерна с вентилируемыми бункерами и с сушилкой.

Семяочистительный комплекс разработан в трех вариантах. Приемка зерна велась во всех трех вариантах - с автомобильного транспорта. По первому и второму вариантам зерно отпускали на автомобильный и железнодорожный транспорт, по третьему - только на автомобильный транспорт. В основу объемно-планировочных решений производственных объектов семяочистительного комплекса были положены модульные элементы. Основные его сооружения следующие: приемное устройство с автомобильного транс-

порта; семяочистительный цех; хранилища для семян; вентилируемые бункера; металлические бункера для отходов и побочного продукта.

Приемное устройство с автомобильного транспорта на три (два) проезда с накопительными емкостями было оборудовано автомобилеразгрузчиками и приемными нориями. Под автомобилеразгрузчиками установлены металлические бункера вместимостью по 25 т.

В здании приемного устройства под накопительными бункерами (всего 100 т) для первичной обработки семян было установлено шесть ворохоочистителей, по два на каждый поток. Для уборки отходов от транспортирования зерна в процессе зачистки оборудования были установлены нории.

Вентилируемые бункера (10 штук) установлены на эстакаде в два ряда вдоль семяочистительного цеха. В них происходит вентилирование или сушка семян подогретым воздухом. Загружали и выгружали бункера скребковыми и ленточными конвейерами. Вентилируемые бункера можно было использовать как отпускные на автомобильный транспорт.

Семяочистительный цех предназначался для окончательной очистки семенного зерна с доведением его до I класса семенного стандарта.

Цех представлял собой пятиэтажное здание каркасного типа из сборного железобетона, размеры в плане 24×12 м, высота - 26,4 м. В семяочистительном цехе зерно можно было очищать тремя параллельными потоками. Поэтому для устранения смешивания различных продуктов здание цеха было разделено по вертикали сплошными перегородками на три отделения.

В отделениях на каждом потоке устанавливали по одному сепаратору, по четыре блока триеров, по зерноситовеечной машине и по два пневматических сортировальных стола. Неочищенное и обработанное зерно взвешивали на двух дозаторах.

Хранилище для семян элеваторного типа было выполнено из сборного железобетона, высота силосной вместимости составляло 12 м. Общая вместимость хранилища 6 тыс. т. Из хранилища предусматривался отпуск семян на

железную дорогу. Для этого в верхней части силосов были предусмотрены 13 отсеков вместимостью 30 т каждый с телескопическими трубами. Для отпуска семян в таре на первом этаже устанавливали весовыбойный аппарат и мешкозашивочная машина. В хранилище предусматривалась установка оборудования для активного вентилирования зерна в силосах.

Технологический процесс приемки и обработки семян происходил в такой последовательности. Зерно из автомобилей выгружали автомобилеразгрузчиками и тремя приемными нориями подавали в оперативные емкости над ворохоочистителем или непосредственно на ленточные конвейеры верхней галереи. После первичной очистки семена тремя потоками передавали на нории в семяцах. Эти нории подавали зерно на взвешивание, а затем его можно было направлять в вентилируемые бункера, в хранилище или на очистку. Очищали семенное зерно на сепараторе. После сепарирования выделялись короткие и длинные примеси типа овсюга и куколя на триерах УТК. Затем семена можно было направлять на взвешивание и хранение или пропускать через зерноситовечную машину и пневматический сортировальный стол.

Очищенное зерно взвешивалось и верхними конвейерами загружалось в силосы на хранение. На автомобильный транспорт семенное зерно отпускалось из вентилируемых бункеров или торцевых силосов хранилища. Производственная мощность комплекса для обработки семенного зерна определялась из расчета приемки и предварительной очистки семян при трехсменной работе. Окончательную очистку и доведение семян до норм семенных стандартов проводили в течение 120 дней при односменной работе.

#### 4.1 Семяочистительные станции и заводы

Станции и заводы по обработке семян предназначены для приема семян зерновых, масличных культур и семян трав, их обработки, хранения и отпуска. В соответствии с этими задачами технологический процесс работы станций и заводов должен включать: приемку семян, поступающих главным образом с автомобильного транспорта насыпью; предварительную очистку; сушку и активное вентилирование; основную очистку и сортирование; протравливание и затаривание; хранение; отпуск.

К хранилищам для семян и семяочистительным станциям и заводам предъявляют несколько специфических требований (кроме обычных). Это полное сохранение всхожести семян, исключение возможности смешивания семян различных партий и тщательность очистки.

Для выполнения первого требования применяют специальные «мягкие» режимы сушки семенного зерна, ограничивают высоту насыпи для предотвращения анаэробного дыхания (при котором возможно снижение всхожести), выбирают такие транспортирующие и семяочистительные машины, в которых исключается травмирование семян. В частности, в соответствии с этим требованием нории применяют тихоходные, не применяют шнеки и цепные конвейеры, предотвращают падение семян с большой высоты и стараются уменьшить число подъемов семян нориями.

Любое смешивание семян не только усложняет последующую очистку, но и снижает их сортовую чистоту, а заметить это можно только после посева и появления всходов. Чтобы исключить возможность смешивания, перегородки между закромами и стены между силосами должны быть без щелей, транспортирующие и семяочистительные машины выбирают такой конструкции, которая допускает легкую и по возможности быструю очистку их от остатков семян (при окончании пропуска партии), самотечные трубы и выпускные

днища устраивают под углом не менее  $45^\circ$  (т.е. больше, чем для рядового зерна влажностью не более 20 %).

Для тщательной очистки семян от посторонних примесей и главным образом от сорняков и семян других культур семяочистительные станции и заводы оборудуют машинами, разделяющими зерна на фракции по разнообразным признакам. Семяочистительные машины снабжают большим набором сит и триерных цилиндров, чтобы можно было выбрать такие рабочие органы, которые бы гарантировали наиболее полную очистку данной партии семян.

Хранят семена в таре и в основном насыпью в складах напольного типа, в закромах и силосах небольшой высоты. В таре принимают и хранят очень мелкие партии семян (семена трав), а также семена, прошедшие очистку и протравливание. Напольным способом хранят крупные партии семян на заготовительных предприятиях, на которых нет специально оборудованных семяочистительных станций или заводов. Закромное хранение чаще всего можно встретить на семяочистительных станциях. Силосное хранение применяют только на специально приспособленных заводах - семенных элеваторах; высоту силосов принимают в пределах 6-12 м.

Предварительную очистку проводят в сепараторах и ворохоочистителях. Вместе с машинами используют триерные блоки. Дополнительную очистку семян часто проводят на пневматических сортировальных столах или аспираторах. Семена трав очищают также на льноклеверотерках в схеме предварительной очистки и на электромагнитных семяочистительных машинах.

В наиболее общем случае принципиальная технологическая схема обработки семян зерновых включает предварительную очистку, сушку на зерносушилках шахтного типа, временное хранение в вентилируемых бункерах и основную очистку на указанных машинах.

Прошедшие предварительную очистку семена направляют на сушку, или в вентилируемые бункера, или в склад на хранение, или на основную очистку. После сушки семена подают на основную очистку или в склад на

хранение, а после вентилируемых бункеров - на сушку, в склад или на основную очистку. Полностью очищенные семена направляют на хранение насыпью или, после протравливания, в таре. Отпускают семена в таре и насыпью. Последний способ, часто применяемый на практике, не обеспечивает сохранения сортовой чистоты семян.

На поточных линиях и станциях с сокращенной технологической схемой могут отсутствовать отдельные этапы: сушка, временное хранение в вентилируемых бункерах, очистка на пневматических столах и протравливание с выбоем. Принципиальная технологическая схема обработки семян трав отличается от рассмотренной схемы включением льноклеверотерки и электромагнитной семяочистительной машины. Кроме того, все семена трав хранят только в таре.

На семяочистительных станциях и заводах различных типов может быть разное число подъемов семян норями, зависящее от высоты здания, в котором размещены машины для обработки семян. С увеличением этажности здания уменьшается число пропусков семян через нории, что положительно отражается на сохранении всхожести семян.

На временное хранение в вентилируемых бункерах направляют нестойкое для длительного хранения зерно, которое не успевают просушить, или семена таких культур, как бобовые и гречиху, которые особенно чутко реагируют на нагрев при сушке. В вентилируемые бункера подают наружный или подогретый воздух. Сушка семян подогретым воздухом в вентилируемых бункерах возможна с «мягкими» регулируемые режимами.

Для регулирования производительности каждой машины в зависимости от засоренности поступающих семян, а также для обеспечения независимости работы семяочистительных машин и норий в технологическую схему включают оперативные бункера. Включение в схему бункеров в значительной степени зависит от высоты здания станции (завода).

Большое распространение получили стационарные поточные линии для обработки семян зерновых культур. Размещали такие линии в складах (иногда разделенных на закрома), выделяя для этого часть склада у его торца. В состав линии обычно включали автомобилеразгрузчик, приемный бункер, норию, сепаратор или ворохоочиститель для предварительной очистки и пневматический сортировальный стол для основной очистки. Склад, как правило, механизировали. Для удобства размещения и обслуживания машин, а также для удобства механизации уборки отходов машины устанавливали на специальной площадке. Отходы убирали конвейером, а семена передавали с машины на машину нориями или наклонными конвейерами. Над семяочистительными машинами устраивали бункера.

В советском союзе были созданы проекты семяочистительных станций производительностью 1,5, и 5,0 тыс. т готовых семян в сезон. На таких станциях были обеспечены нормальные условия размещения и хранения семян, станции оснащались более полным комплектом семяочистительных машин.

Кроме рассмотренных проектов, были разработаны проекты и построены семяочистительные заводы с более совершенной технологией. Один из них завод производительностью 5,0 тыс. т готовых семян в год, который представляет собой семяочистительный элеватор.

Для приемки семян насыпью с автомобильного транспорта на заводе было предусмотрено восемь самостоятельных приемных линий, в том числе шесть - в приемном устройстве и две - у вентилируемых бункеров. Принятые в приемное устройство семена поступали по отдельной для каждого проезда линии (конвейер-нория) в бункер над сепаратором предварительной очистки или для временного хранения в вентилируемые бункера. Семена, принятые в дополнительных приемных бункерах, после предварительной очистки на сепараторах (установленных в приемных башнях) направлялись в вентилируемые бункера.

Для предварительной очистки было установлено три сепаратора в башне под накопительными бункерами и два - у блока вентилируемых бункеров. Сушили семена на зерносушилках или вентилируемых бункерах. Вентилируемые бункера можно было загружать непосредственно с приемки после предварительной очистки или из силосов для хранения.

На основную очистку семена подавали после предварительной очистки из вентилируемых бункеров, после сушки и из силосов. Без дополнительного подъема (по ходу) семена, направляемые на основную очистку, могли пройти и предварительную очистку. Для основной очистки оборудовали три самостоятельные параллельно работающие линии производительностью по 4 т/ч при пропуске семян зерновых. Одна из линий могла быть приспособлена для очистки семян трав. Над и под машинами основной очистки находятся оперативные бункера. Для учета предусмотрено взвешивание семян до и после очистки. Основную очистку проводили на сепараторах, триерах, пневматических сортировальных столах (или аспираторах или падди-машинах).

Для дополнительной очистки семян была оборудована вспомогательная линия, на которой были установлены змейки и электромагнитная машина, а для калибрования - другая линия с калибровочной машиной.

Очищенные семена можно было хранить в силосах. За две-три недели до реализации их протравливали и затаривали. Хранили затаренные семена в двухэтажном складе емкостью 1,5 тыс. т, оборудованном пакетформирующими машинами. Семена озимых можно было протравливать и затаривать сразу же после очистки. На заводе устанавливались две линии протравливания и затаривания.

Насыпью семена хранили в силосах высотой 12 м. Для сокращения числа подъемов семян нориями силосы располагались в два яруса по высоте. Малая емкость (95 т) и большое число силосов позволяло обеспечить раздельное хранение многих партий. На двух этажах между ярусами размещались

конвейеры. Два этажа было выделено, чтобы предупредить смешивание отдельных партий зерна.

Продовольственное зерно, получаемое при очистке как отходы, размещали в специальных силосах и далее транспортировали в склад. Раздельно размещали цепные кормовые отходы по культурам, а малоценные и негодные собирали без разделения по культурам в специальных наружных бункерах. Семена в таре отпускали из тарного склада, кроме того, можно было отпускать семена насыпью.

На заводе тщательно выполняли мероприятия по предотвращению смешивания отдельных партий зерна при приемке, обработке и хранении. Восемь приемных самостоятельных линий давали возможность одновременно принимать семена восьми различных партий без зачистки транспортирующих машин. Диспетчерское управление машинами завода позволяло правильно настраивать маршруты и контролировать их.

## **5 Управление работой элеватора**

Современный элеватор представляет собой комплекс высокомеханизированных технологических линий, на котором все работы, связанные с приемкой, улучшением качества зерна, его хранением и отпуском, полностью механизированы. В силу этого за обслуживающим персоналом остаются функции настройки производственного процесса, управления, контроля за хранящимся зерном.

В технологическом процессе на элеваторе все машины и механизмы объединены в так называемые маршруты. Их создают из групп машин, механизмов и приборов, обеспечивающих перемещение зерна из одного силоса в другой, а также аспирационного оборудования, служащего для обеспыливания транспортных машин и силосов. Началом маршрута обычно считают задвижку

под опорожняемым силосом, окончанием - верхний датчик заполняемого силоса.

В отличие от других предприятий (мукомольных заводов, хлебозаводов) на элеваторе большая смена технологических и транспортных операций. Даже в пределах одной операции часто приходится перестраивать схему движения зерна (например, при приемке зерна с автомобильного транспорта). При этом должна быть обеспечена сохранность качества и устранена возможность смешивания зерна.

Максимальное использование производственной мощности технологических линий и оперативной возможности элеватора во многом зависит от времени, затрачиваемого на перестройку маршрута, устойчивой работы машин и автоматического выключения их при аварии или неправильной настройке маршрута. Все это дает основание считать централизацию оперативного управления и контроля производственным процессом как крайне необходимое средство, обеспечивающее нормальную работу элеватора.

На элеваторах эти вопросы решают средствами автоматизации и организации диспетчерского управления всеми операциями с частичной или полной автоматизацией отдельных процессов. Между диспетчером и рабочими элеватора установлена связь - телефонная или селекторная с громкоговорителями. В зависимости от вида связи, участия диспетчера и обслуживающего персонала в работе элеватора диспетчерское управление выполняют по различным схемам. С переводом всего оборудования на индивидуальный привод начался переход сначала к дистанционному, затем к диспетчерскому и, наконец, к дистанционному автоматизированному управлению работой элеватора.

При дистанционном управлении электродвигатели пускали при помощи магнитных пускателей, кнопки которых находились на небольшом расстоянии. Диспетчер руководил работой, вел учет производственных операций по перемещению зерна, следил за загрузкой основных машин. Дистанционное оперативное руководство осуществлялось при помощи телефонной или двух-

сторонней громкоговорящей связи. Автоблокировка транспортных машин отсутствовала, т.е. в случае аварийной остановки одной из машин в маршруте остальные продолжали работать, что приводило к так называемому завалу.

В последствии на строящихся производственных элеваторах стали монтировать системы диспетчерского управления (ДУ), которые предусматривали (кроме телефонной и двухсторонней громкоговорящей связи) дистанционный пуск транспортных и аспирационных машин (кроме сепараторов и вентиляторов зерносушилки) с одного центрального пульта; дистанционный контроль за работой машин и положением перекидных клапанов, задвижек, поворотных труб, сбрасывающих тележек при помощи сигнальных ламп, установленных на пульте; дистанционный контроль за заполнением оперативных бункеров в рабочем здании элеватора; автоблокировку электродвигателей транспортных машин.

При ДУ сократилась численность обслуживающего персонала, повысилась оперативная возможность оборудования. Обслуживающий персонал необходим был только на рабочих местах, где оставались механизмы с ручным приводом, перепускные клапаны, задвижки, сбрасывающие тележки, поворотные трубы.

Все новостроящиеся и реконструируемые элеваторы советского периода оборудовались системами диспетчерского автоматизированного управления (ДАУ). Система ДАУ, кроме элементов диспетчерского управления, предусматривала централизованное управление не только электродвигателями транспортных машин и аспирации, но и механизмами настройки схемы движения зерна (задвижки, перекидные клапаны, сбрасывающие тележки, поворотные трубы), а также развернутую схему противоаварийной (противозавальной) автоблокировки.

По степени охвата производственных процессов системами дистанционного управления элеваторов и других объектов заготовительных предприятий было установлено пять категорий ДАУ.

Машинами и механизмами элеватора диспетчер управляет с пульта, расположенного в отдельном помещении. Пульт управления представляет собой устройство, с помощью которого диспетчер средствами автоматики и связи осуществляет автоматизированное управление производственными процессами и получает необходимую информацию о его ходе. Пульты управления бывают местными, они находятся непосредственно около обслуживаемого объекта, и дистанционными, с которых воздействуют на обслуживаемые объекты с большого расстояния, используя элементы автоматики.

В большинстве случаев всю аппаратуру пульта управления, где сосредоточены связь, сигнализация, контроль и управление, размещают на диспетчерском столе и контрольном вертикальном щите сигнализации. На диспетчерском столе устанавливают телефоны, микрофоны, громкоговорители, поисковые и вызывные кнопки, ключи управления, а на щите сигнализации - измерительные приборы, визуальные и световые сигнальные указатели мнемонических схем производственных процессов.

Системы ДЛУ элеваторов оборудовали пультами единой конструкции, включающей диспетчерский стол и щит сигнализации. На вертикальной панели щита была изображена мнемоническая схема с символом (и вмонтированными в них сигнальными лампами) машин и механизмов, установленных в элеваторе. Положение клапанов, задвижек, работа электродвигателей и заполнение бункеров фиксировались загоранием сигнальных ламп.

Цвета стеклянных колпачков сигнальных ламп соответствовали: зеленый - положению задвижек, клапанов, сбрасывающих тележек и поворотных труб; молочный - работе электродвигателей машин; красный - верхнему уровню зерна в бункерах, а также сигналу аварии; желтый - среднему и нижнему уровням зерна в бункерах, предупреждение.

В верхней части щита располагались амперметры, включенные в сеть электродвигателей норий и показывающие степень их загрузки, а, следовательно, и загрузки технологических линий, в которых работают нории. В бо-

ковых частях панели были сделаны символы силосов с вмонтированными в них лампами, сигнализирующими об открытии подсилосных задвижек (слева) и о положении передвижных надсилосных тележек (справа). На наклонной панели диспетчерского стола были расположены кнопки управления электродвигателями машин и механизмов элеватора и кнопки включения предупредительной сигнализации о дистанционном пуске машины механизмов. Пульт управления в комплексе с релейной логической частью обеспечивал связанную систему управления всеми процессами элеватора.

## **6 Оперативный расчет работы элеватора**

### **6.1 Основные понятия**

Технологический процесс элеватора подразделяют на внешний и внутренний. Внешний процесс связан с разгрузкой или загрузкой подвижного состава и проводится в приемных или отпускных устройствах, на железнодорожных путях, у водных причалов. Сюда входят разгрузка или загрузка вагонов, барж, пароходов и автомобильного транспорта, маневры, взвешивание зерна на железнодорожных или автомобильных весах, а также наполнение и опорожнение приемных и отпускных бункеров.

Под внутренним процессом понимают перемещение зерна из опорожняемого бункера или силоса в наполняемый, например из приемных бункеров в силосы или бункера рабочей башни, из силосов в бункера. Во внутреннем процессе обязательно участвуют норрии и весы, установленные в рабочем здании.

Некоторые операции элеватора (различные внутренние перемещения) включают только внутренние процессы, а другие (прием и отпуск) - и внешние и внутренние.

В связи с особенностями внутренних и внешних процессов эти два этапа технологического процесса рассматривают отдельно. Поступление автомобильного транспорта, вагонов и судов под разгрузку или загрузку носит вероятностный характер. Это объясняется тем, что на условия эксплуатации транспорта влияют многочисленные, случайные, не поддающиеся учету факторы - протяженность обслуживаемых линий, условия и время погрузочно-разгрузочных операций, метеорологические условия. Влияние их порой настолько значительно, что фактическое поступление автомобильного транспорта, вагонов и судов на обслуживание отличается от плановых графиков. Все это влияет не только на внешние, но и на внутренние процессы элеваторов и должно быть учтено в оперативном расчете.

Машины, участвующие в перемещении зерна на элеваторе (т.е. во внутренних процессах), входят в различные потоки, являющиеся видом поточно-производственных систем (ППС).

Принципиальная схема элеватора включает транспортирующие и технологические машины, весы и ряд бункеров, позволяющих сочетать в одном потоке машины различной производительности, а также машины непрерывного и периодического действия. Цепь машин, самотечных устройств, весов и промежуточных бункеров, обеспечивающих перемещение зерна из опорожняемого бункера (силоса) в наполняемый, называют маршрутом.

При работе элеватора часто приходится настраивать или перестраивать маршрут. Настройка и перестройка маршрута включают такие операции, как открывание и закрывание задвижек под бункером или силосом, пуск и остановку машин и перестановку распределительных устройств - перекидных клапанов, поворотных труб и сбрасывающих тележек. Перестраивать маршрут приходится при переходе от одной операции к другой, при необходимости подачи зерна в другой бункер или силос, при начале транспортирования зерна другой культуры, сорта или другого качественного состояния.

Количество зерна, перемещаемое без перестройки маршрута, принято называть партией. При любой перестройке маршрута начинают транспортирование следующей партии.

## 6.2 Сущность оперативного расчета

Важнейшим показателем работы промышленного предприятия является использование таких средств производства, как оборудование, сооружения и устройства.

Использование оборудования определяется продолжительностью его работы и фактической производительностью. Продолжительность работы зависит от особенности отрасли.

Работа элеватора состоит в перемещении зерна по отдельным маршрутам. Маршрут обычно включает несколько единиц технологического и транспортирующего оборудования, т.е. часть поточной линии или линию в целом. Определить фактическую производительность линии сложнее.

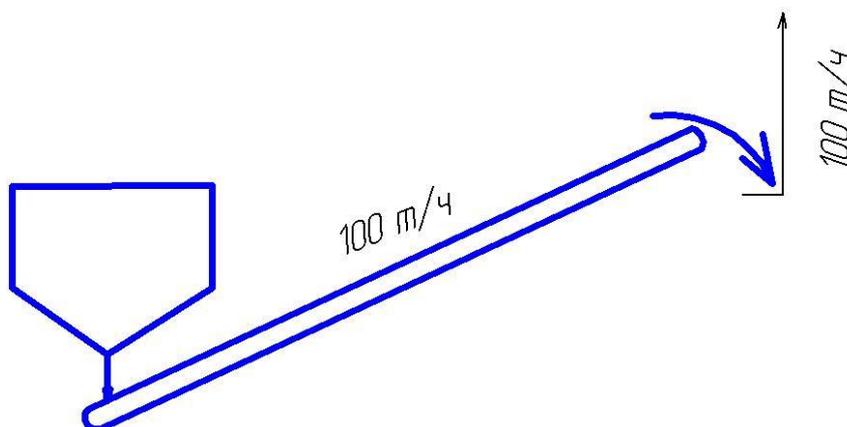


Рисунок 3 - Фактическая производительность оборудования маршрута

Фактическая производительность оборудования маршрута (рисунок 3), в первый час работы всегда меньше 100 т/ч: в начале работы на ленте транс-порта движутся первые порции зерна, затем заполняется башмак нории, после чего зерно поднимается; на выходе из нории зерно появляется значительно позже начала работы. В начале и в конце рабочего цикла фактическая производительность линии явно ниже паспортной. Количество циклов работы на протяжении смены достаточно велико за счет перерывов для переключения от одной емкости к другой, чтобы разграничить различные партии зерна; перерывы снижают фактическую производительность оборудования дополнительно.

Чтобы установить фактическую производительность оборудования в линии и улучшить его использование, потребовался анализ. Графо-аналитический «оперативный» расчет работы элеватора разработал профессор Д.В. Шумский.

Сущность метода состоит в выяснении явления на работу машины смежных машин и механизмов; метод заключается в графическом изображении работы оборудования емкостей как и в аналитическом выражении результатов, полученных с помощью графиков.

Оперативный расчет позволяет определить фактическую производительность оборудования и установить действительную приемную и отпускную способность элеватора.

Метод Шумского в проектировании позволяет быстро и точно определить состав основного оборудования элеватора, рассчитать его приемные и отпускные устройства. Метод отчетливо показывает, от каких факторов зависит фактическая производительность оборудования. Применение методов на производстве улучшает использование оборудования, организацию труда, помогает скрыть резервы. Это уменьшает износ оборудования, простой транспортных средств, сокращает расход электроэнергии.

### 6.3 Использование норий

Организацию производственного процесса работающего элеватора, то есть качества схемы движения зерна и ее использования, оценивают путем сравнения фактической производительности оборудования с технической или паспортной.

Расчет фактической производительности всего оборудования трудоемок, сложен и не так уж необходим, поэтому учитывают производительность норий - основного транспортирующего оборудования, которая участвует во всех перемещениях зерна. Показатель использования норий, который зависит от ее фактической производительности и времени использования, довольно точно характеризует организацию производственного процесса элеватора в целом.

#### 6.3.1 Фактическая производительность или интенсивность использования норий

Если работу машины изобразить в координатах производительность-время, то при постоянной производительности работа за отрезок времени  $t$  будет равна произведению  $Q$  на  $t$ , то есть позади изображенного на рисунке 4 прямоугольника. Работа элеватора - это количество перемещенного зерна  $E$ .

Колебания производительности нории проще всего проследить по затратам времени на операцию. Если  $Q$  - максимальная (паспортная или техническая) производительность нории (в т/час),  $E$  - количество зерна в перемещаемой партии ( $t$ ), то теоретическое время перемещения этой партии  $t$  в действительности для этого требуется время  $T$ , которое называют периодом внутренней работы.  $T > t$ ;  $T = t +$  потери времени, что неизбежно.

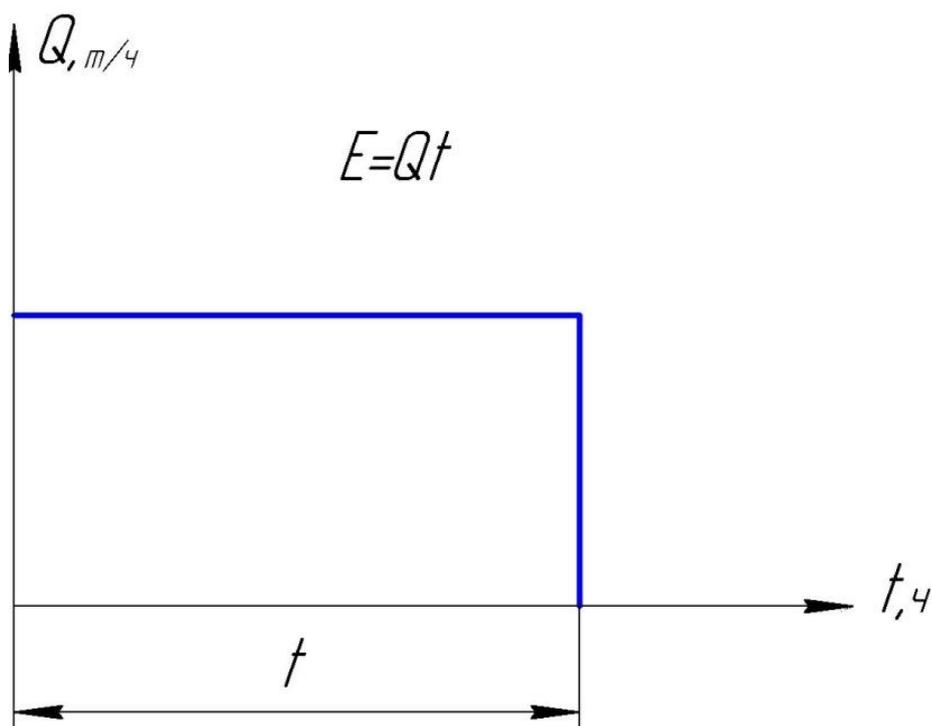


Рисунок 4 - Работа за отрезок времени  $t$

$$t = \frac{E}{Q} \quad (3)$$

Основные статьи потерь времени вызываются рядом особенностей производственного процесса элеватора. Рассмотрим эти особенности.

1. В конце истечения зерна из емкости (а именно так работает «питается» нория) истечение замедляется за счет разрушения динамического разгружающего свода над выпускным отверстием и самосортирования зерна. К концу истечения на наклонных поверхностях выпускного днища остается зерно более засоренное и щуплое, с меньшей объемной массой, с большим коэффициентом внешнего трения; оно вытекает медленнее. Обозначим через  $X$  увеличение времени истечения.  $X$  зависит и от качества поступающего зерна - у сы-

рого и очень засоренного оно значительно больше и сам процесс истечения не равномерен.

2. В норию подается зерно из нескольких емкостей. Между окончанием истечения из одной и открыванием задвижки под следующей емкостью должен пройти определенный промежуток времени - ожидается сигнал, который разрешает пуск зерна из второй емкости после перестройки маршрута (иначе может быть смешивание двух партий зерна). В период ожидания необходимо закончить транспортировку последних порций зерна предыдущей партии, освободить оборудование от остатков зерна и перестроить маршрут: закрыть задвижку опорожненной емкости, переключить самотек на новое направление, передвинуть разгрузочную тележку и т.д. в течение всего этого времени (обозначим его  $t_{ож}$ ) оборудование работает или с неполной нагрузкой, а в основном - в холостую.

Величина  $t_{ож}$  зависит и от системы управления элеватором и в известной мере от протяженности маршрута.

3. Из боязни завала рабочие, обслуживающие транспортные механизмы, стремятся устанавливать сыпь меньше максимальной. Это причина не считается основной, но влияние на длительность операции, безусловно, оказывает.

Поэтому

$$T = t + \text{потери времени} = t + X + t_{ож} \quad (4)$$

В действительности получается следующее.

Средняя производительность нории (рисунок 5) за время  $T$  составит  $Q_{ф}$ ; за счет потерь времени фактическая производительность нории всегда меньше паспортной:  $Q_{ф} < Q$ .

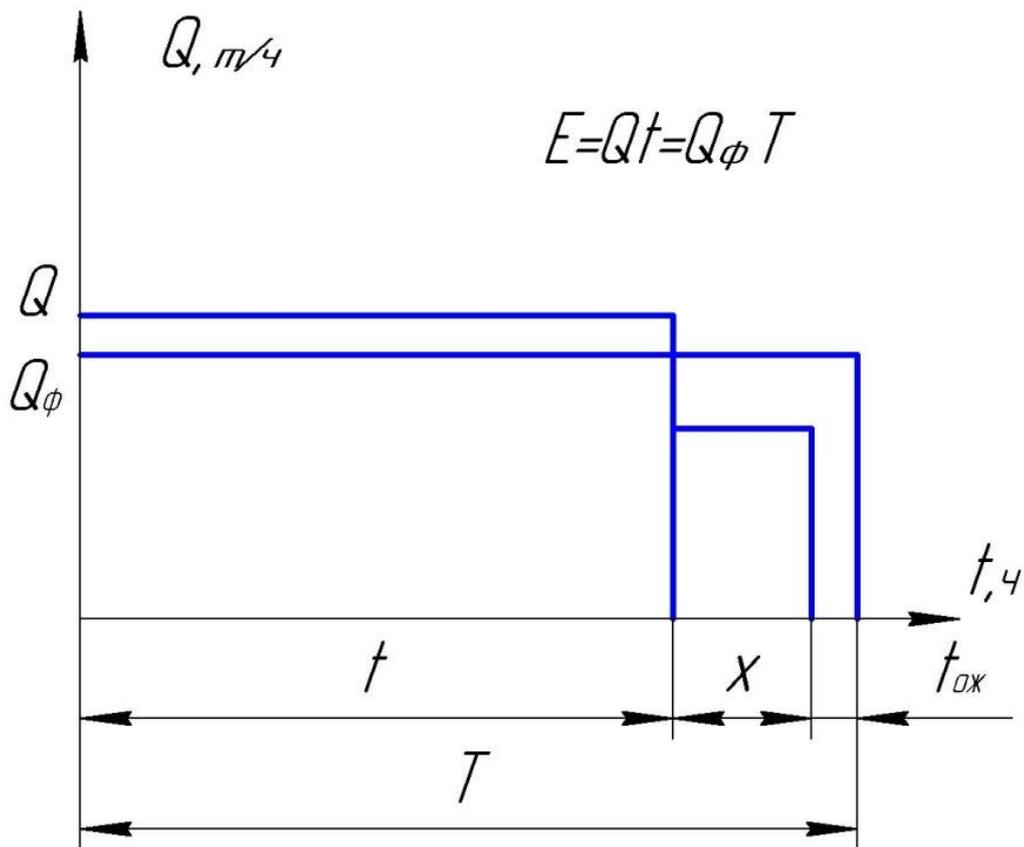


Рисунок 5 - Средняя производительность нории

При установившемся режиме работы фактическая производительность нории в данный момент равна паспортной, но под термином «фактическая производительность» имеют ввиду среднюю за определенный промежуток времени производительность без учета перерывов и иных потерь времени; относит количество перемещенного норией зерна ко всему исследуемому промежутку времени.

Интенсивность использования нории характеризуется отношением ее фактической производительности к паспортной; коэффициент интенсивности использования (или коэффициент использования) нории

$$K_n = \frac{Q_\phi}{Q} \quad (5)$$

Подставив выражение  $K_H$  значения  $Q$  из полученных ранее выражений

$$Q_{\phi} = \frac{E}{T} \quad (6)$$

$$Q = \frac{E}{T} \quad (7)$$

Получим

$$K_H = \frac{Q_{\phi}}{Q} = \frac{E \cdot t}{T \cdot E} = \frac{t}{T} = \frac{t}{t + x + t_{ож}} \quad (8)$$

коэффициент использования нории зависит от замедления истечения из емкости остатков зерна  $X$  от организации производства на элеваторе, которое определяет продолжительность  $t_{ож}$ .  $X$  определяется при помощи эмпирических формул или опытно; более точное определение  $t_{ож}$  графо-аналитическим методом составляет одну из основных задач оперативного расчета.

За сравнительно большой промежуток времени (допустим, в течение суток) нория также может использоваться по-разному.

Использование нории по времени (экстенсивность использования) определяется из соотношения фактического времени работы нории  $T$  и максимально возможно числа часов работы  $\theta$  в течение рассматриваемого периода (в сутки - 24, в месяц - 720, в год - 8640 часов). Коэффициент экстенсивности использования нории

$$K_t = \frac{T}{\theta} \quad (9)$$

Помимо частных коэффициентов  $K_n$  и  $K_t$ , существует обобщающий показатель работы нории, учитывающий и снижение ее производительности, и производительность работы - интегральный коэффициент использования  $K_a$ , который равен отношению фактически поднятого норией зерна к максимально возможному:

$$K_a = \frac{E}{\theta \cdot Q} \quad (10)$$

Для элеватора в целом

$$K_a = \frac{\sum E}{n \cdot \theta \cdot Q} \quad (11)$$

где  $n$  - число основных норий (одинаковой производительности);

$\sum E$  - суммарное количество поднятого нориями зерна.

Учитывая произведение ранее соотношения, получаем

$$K_a = K_n \cdot K_t \quad (12)$$

Проектирования используется нормативные значения коэффициента интенсивности  $K_n$ , рассчитанные в зависимости от производительности нории и вида операции. Коэффициенты интенсивности использования норий колеблются в пределах от 0,7 (даже 0,5) до 0,9. Влияние влажности и засоренности зерна, так же как и влияние системы управления элеватором, учтено нормами приближенно. Для анализа работы действующего элеватора  $K_n$  рассчитывают на основании практических замеров. Коэффициент экстенсивности  $K_t$  зависит от продолжительности исследуемого периода; для максимальных суток периода самой напряженной работы  $K_t$  достигает 0,80-0,95; в наиболее напряжен-

ные месяцы  $K_t = 0,7 - 0,8$ ; с увеличением исследуемого периода  $K_t$  уменьшается. Коэффициент экстенсивности зависит также от типа  $r$  грузооборота элеватора, от соответствия грузообороту количества и производительности норий; если производительность норий выбрана с большим запасом, среднегодовой  $K_t$  невелик.

## 6.4 Графики работы емкости

### 6.4.1 Три вида емкостей

Оперативные емкости участвуют в большинстве операций производственного процесса элеватора. От способа их использования зависит организация операции, а время наполнения и опорожнения влияет на ее продолжительность.

Работу оперативной емкости удобнее изображать и анализировать графически, в системе координат  $E-t$  (количество зерна - время).

Раздельное наполнение и опорожнение

Обозначим:

$E$  - количество зерна, пропущенное через емкость (бункер); или поступившее в емкость за один цикле использования;

$E_6$  - минимально необходимая емкость бункера;

$t_n$  - продолжительность направления;

$t_o$  - продолжительность направления;

$X$  - время истечения остатков зерна («хвостов»).

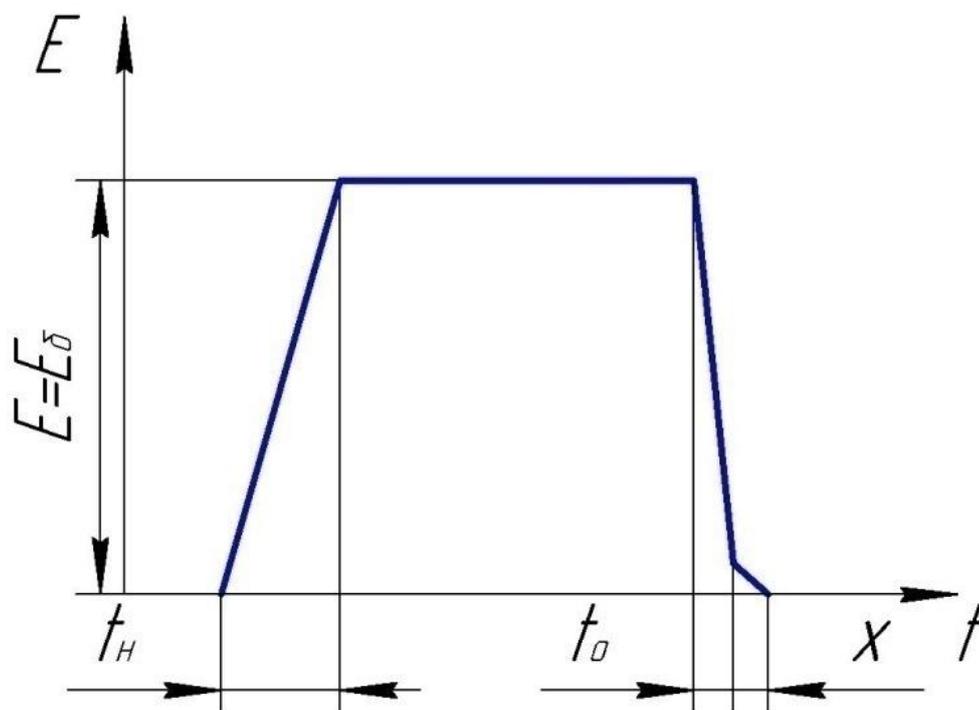


Рисунок 6 – Наполнение емкости

Наполнение емкости (рисунок 6) будет изображаться восходящей прямой, нахождение зерна в бункере без движения покажет горизонтальный отрезок, а опорожнение бункера нисходящая прямая. В выбранных масштабах наклон прямых  $E$  и  $t$ , а значит и величина  $t_n$ ,  $t_0$  зависит от производительности наполнения  $Q_n$  и опорожнения  $Q_0$ , которые определяются производительностью транспортирующих машин, постоянной на рисунке 4. Количество зерна, прошедшее через емкость, составит:

$$E = t_n \cdot Q_n = t_0 \cdot Q_0 = E_6 \quad (13)$$

наполнение и опорожнение бункера раздельное, т.е. операции по времени не совмещаются; в этом случае  $E_6 = E$ .

Второй (частный) случай раздельного наполнения и опорожнения - без перерыва между ними.

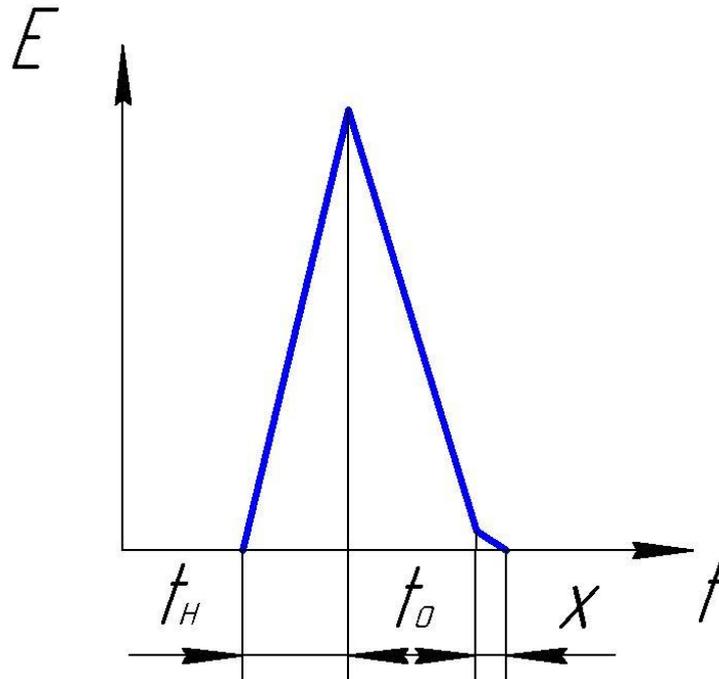


Рисунок 7 - Второй (частный) случай раздельного наполнения и опорожнения

Гораздо чаще наполнение и опорожнение емкости совмещают по времени, то есть, как показано на рисунке 7, начинают выпуск до окончания наполнения. Это сокращает и продолжительность операции, и потребную емкость бункера. В зависимости от соотношения  $Q_H$  и  $Q_O$  и начала опорожнения возможны случаи, приведенные в нижеследующей схеме (обозначения осей и  $X$  опускаем; тонкими линиями покажем наполнение - так, если бы опорожнения не было):

$$Q_H = \text{const}; Q_O = \text{const} \quad (14)$$

## 6.4.2 Схемы наполнения и опорожнения емкости

Наполнение и опорожнение начинаются одновременно (рисунок 8)

1)  $Q_H > Q_O$ ;

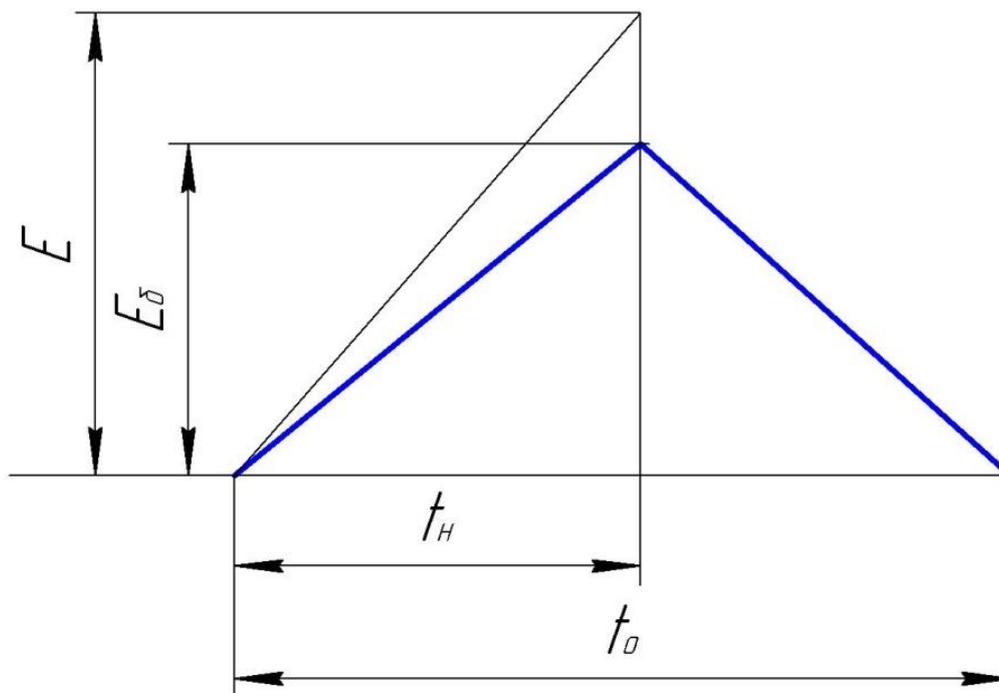


Рисунок 8 - Одновременное наполнение и опорожнение емкости

В течение  $t_H$  происходит накопление зерна с производительностью  $Q_H = Q_O$ . Необходимая емкость бункера:

$$E_{\text{б}} = t_H Q_H - Q_O t_O = t_H Q_H - t_O Q_O \quad (15)$$

2)  $Q_H < Q_O$  (рисунок 9);

Накопления зерна не происходит, теоретически возможно  $E_{\text{б}} = Q$ . Емкость служит самотеком, является лишней. Производительность опорожнения недоиспользуется.

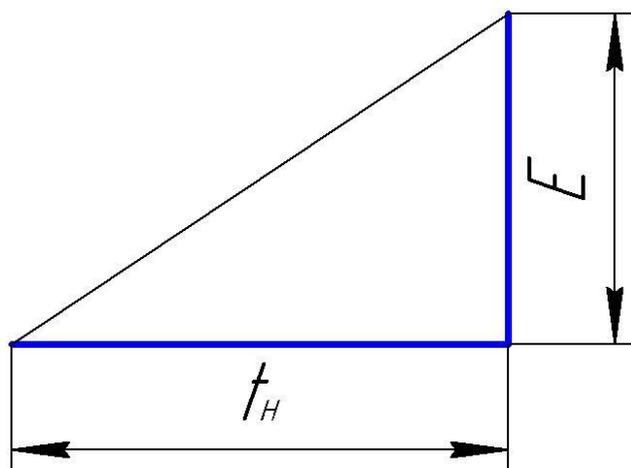


Рисунок 9 - Одновременное наполнение и опорожнение емкости

3)  $Q_H > Q_o$  (рисунок 10);

В течение времени  $t_1$  зерно накапливается с производительностью  $Q_H$ , в течение  $t_2$  - с производительностью  $Q_H = Q_o$  (1-й случай).

$$E_{\sigma} = t_1 Q_H + t_2 Q_H - Q_o = t_1 Q_H + t_2 Q_H + t_2 Q_2 = t_H Q_H - t_2 Q_o \quad (16)$$

4)  $Q_H < Q_o$  (рисунок 11);

Наполнение и опорожнение заканчиваются одновременно. Наиболее экономичный вариант работы бункера с точки зрения использования его емкости при полном использовании производительности опорожнения и при непрерывном наполнении.

$$E_{\sigma} = t_H - t_o Q_H = t_o Q_o - Q_H \quad (17)$$

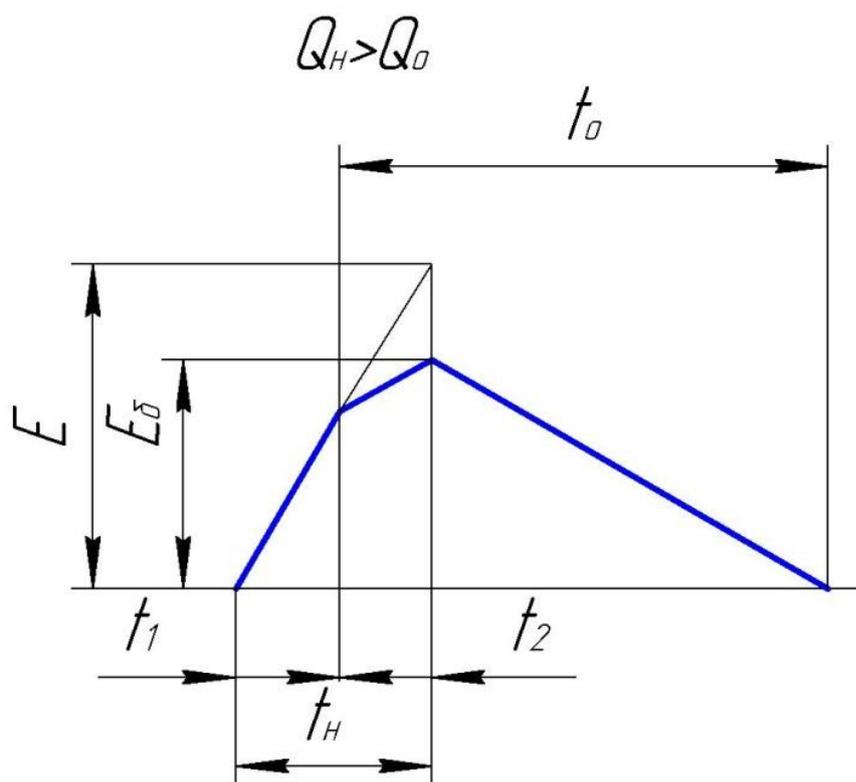


Рисунок 10 - Одновременное наполнение и опорожнение емкости

5) частный случай 4-го  $Q_H < Q_0$  (рисунок 12).

В практике могут быть и комбинации рассмотренных пяти основных случаев; если производительности наполнения и опорожнения при использовании емкости изменяются, число комбинаций увеличивается.

Используя выражения  $t_H$  и  $t_0$  из формулы раздельного наполнения и опорожнения  $E = t_H \cdot Q_H$ ,  $Q_H = t_0 \cdot Q_0$ , для случаев 1-го и 5-го можно получить зависимости  $E$  от  $E_0$ ,  $Q_H$  и  $Q_0$ ; выведенные в результате этого выражения могут быть использованы в результате решения задач, в условиях которых время отсутствует.

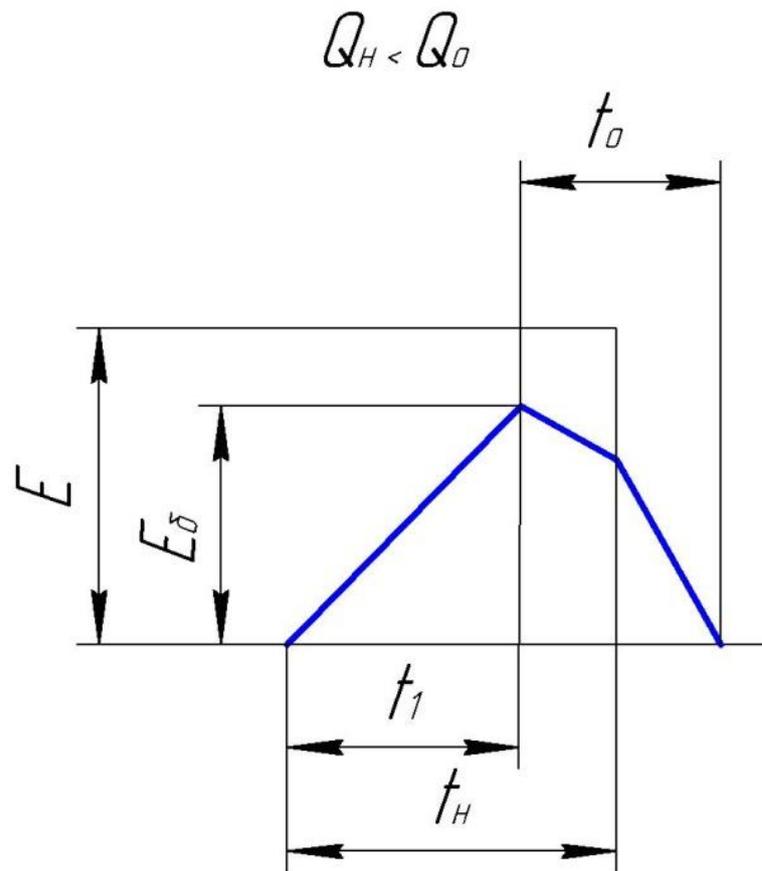


Рисунок 11 - Одновременное наполнение и опорожнение емкости

для 1 случая

$$E = \frac{Q_H}{Q_H - Q_O} E_0 \quad (18)$$

для 5 случая

$$E = \frac{Q_O}{Q_O - Q_H} E_0 \quad (19)$$

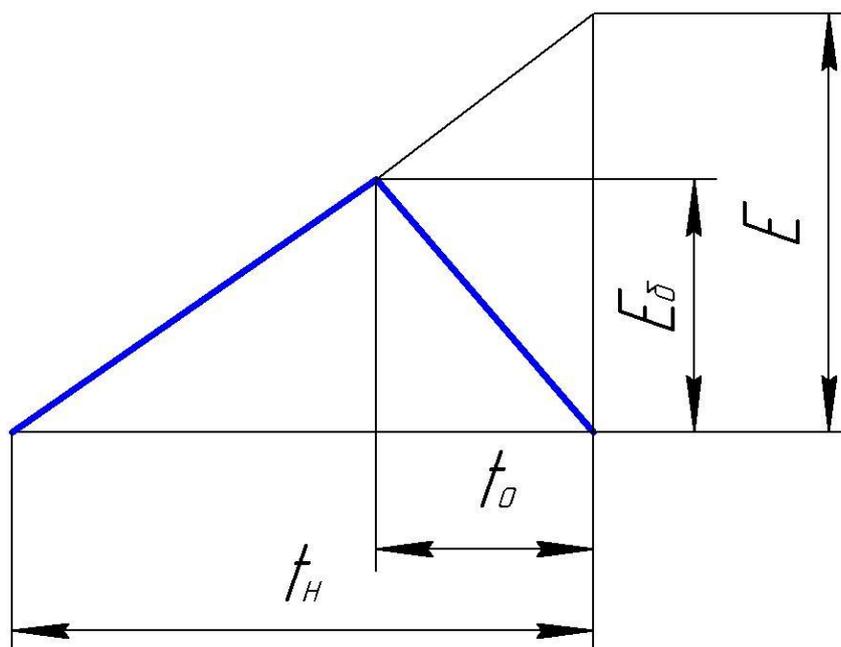


Рисунок 12 - Одновременное наполнение и опорожнение емкости

Недостатком рассмотренного метода графического изображения работы емкости является то обстоятельство, что горизонтальный отрезок прямой на графике изображает и неподвижное зерно, и зерно в движении при  $Q_n = Q_o$ .

### 6.5 Внешняя работа элеватора

Внешняя работа элеватора (прием и отпуск зерна) состоит из транспортных операций; включает разгрузку или погрузку подвижного состава, взвешивание зерна и маневры транспортных средств; внутренняя работа включает технологические операции обработки зерна.

Максимальное использование основного оборудования элеватора обеспечивается достаточной мощностью приемно-отпускных устройств и надлежащей организацией внешней работы.

Рассмотрим график приема зерна в общем виде.

### 6.5.1 Общий вид графика приема зерна

В схеме приема зерна бункеры опорожняются последовательно с помощью одного транспортера, партии зерна в бункерах обособлены, производительности транспортера и нории одинаковы. На маршруте, показанном на рисунке 13, осуществляется внешняя и начинается (у приемного носка башмака нории) внутренняя операция.

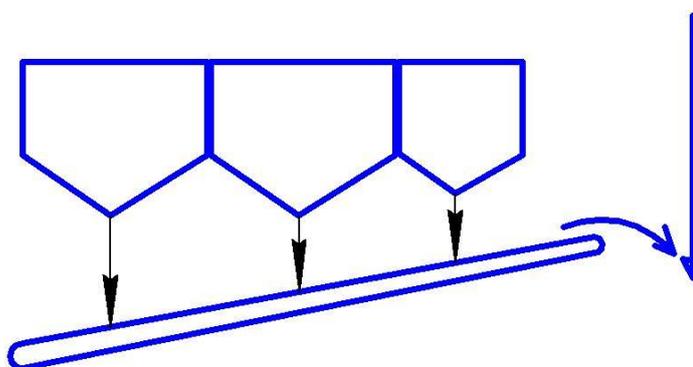


Рисунок 13 – Общий вид графика приема зерна

Чтобы основное оборудование нории использовалось максимально, перерывы в поступлении зерна из приемного устройства должны быть минимальными. Вариант использования приемных емкостей принимаем наиболее экономичный (рисунок 14). Продолжительность наполнения  $t_n$  зависит от средней производительности поступления зерна; продолжительность опорожнения  $t_o$  определяется производительностью транспортера. Период перемещения содержимого одного приемного бункера

$$T = t_o + X + t_{ож} \quad (20)$$

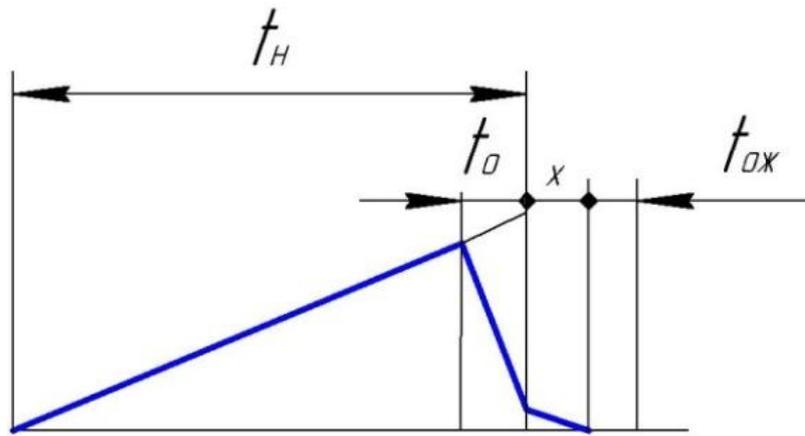


Рисунок 14 - Вариант использования приемных емкостей

Неизбежные потери времени  $X$  и  $t_{ож}$  снижают производительность и нории, и транспортера до некоторой  $Q_{\phi}$  - максимально возможной для данного маршрута и данных условий.

Положим  $t_0 = 12$  мин,  $X = 1$  мин,  $t_{ож} = 5$  мин; паспортная производительность и нории, и транспортера 100 т/ч.

$$E = Q \cdot t_0 = Q_{\phi} \cdot T \quad (21)$$

$$Q_{\phi} = \frac{Q \cdot t_0}{T} = \frac{100 \cdot 0,2}{0,3} = 66,6 \approx 67 \text{ т/ч} \quad (22)$$

(потеря 1/3 времени влечет потерю 1/3 производительности).

Для того чтобы фактическая производительность транспортера и нории была не менее 67 т/ч, выпуск второй партии зерна из бункера следует начать сразу же после окончания  $t_{ож}$ . Если бункер в приемном устройстве один, он к

тому времени (рисунок 15) только начнет наполняться, если даже начать его заполнение сразу после окончания X;

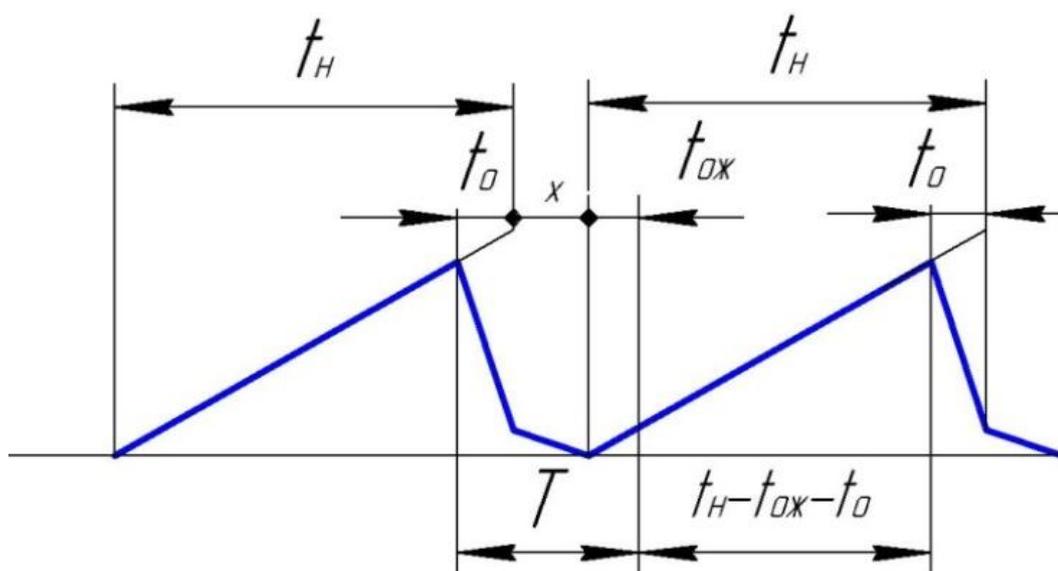


Рисунок 15 - Варианты использования приемных емкостей

Второе опорожнение одного бункера можно начать только после времени  $t_H - t_{ож} - t_0$ , которое пройдет после окончания  $t_{ож}$ . Чтобы таких потерь не было, по окончании  $t_{ож}$  следует начать опорожнение второго наполненного к этому времени бункера (возможно, потребуется и третий, и четвертый).

Исходя из этого, оптимальное количество бункеров приемного устройства, которое обеспечит максимально возможную в данных условиях фактическую производительность нории, можно найти из следующего уравнения:

$$n_6 = \frac{t_H - t_{ож} - t_0}{T} + t \quad (23)$$

При жесткой связи приемного устройства с основной норией оптимальное количество приемных бункеров обеспечивает наибольшую произво-

дительность внутренней работы; максимально используется и нория, и приемное устройство.

Построим график работы приемного устройства для  $n_6 = 3$  (рисунок 16).

В сетке графика каждой машине или емкости отводится отдельная строка; по вертикали в строке емкости показывают количество зерна, по горизонтали - время (оси координат  $E$  и  $T$  в неявном виде сохраняются). Работа машины или механизма в выбранном масштабе показывается прямоугольником, высота которого может меняться в зависимости от изменения фактической производительности.

Полный цикл использования бункеров приемного устройства

$$T_{\text{пр}} = n_6 \cdot T \quad (24)$$

Это уравнение внешней работы элеватора, которое увязывает внешнюю работу с внутренней при отсутствии накопительных емкостей между приемным устройством и основной норией.

#### 6.5.2 Особенности графиков приема с конкретных видов транспорта

Рассмотренные принципы расчета и составления графика используются при планировании работы приемных устройств. Графики различаются благодаря особенностям конкретных видов транспорта.

График приема зерна с железной дороги включает время маневра-перестановки вагонов в приемном устройстве, предусматривает время очистки бункера.

В графике приема зерна с автотранспорта принимают следующие условности:

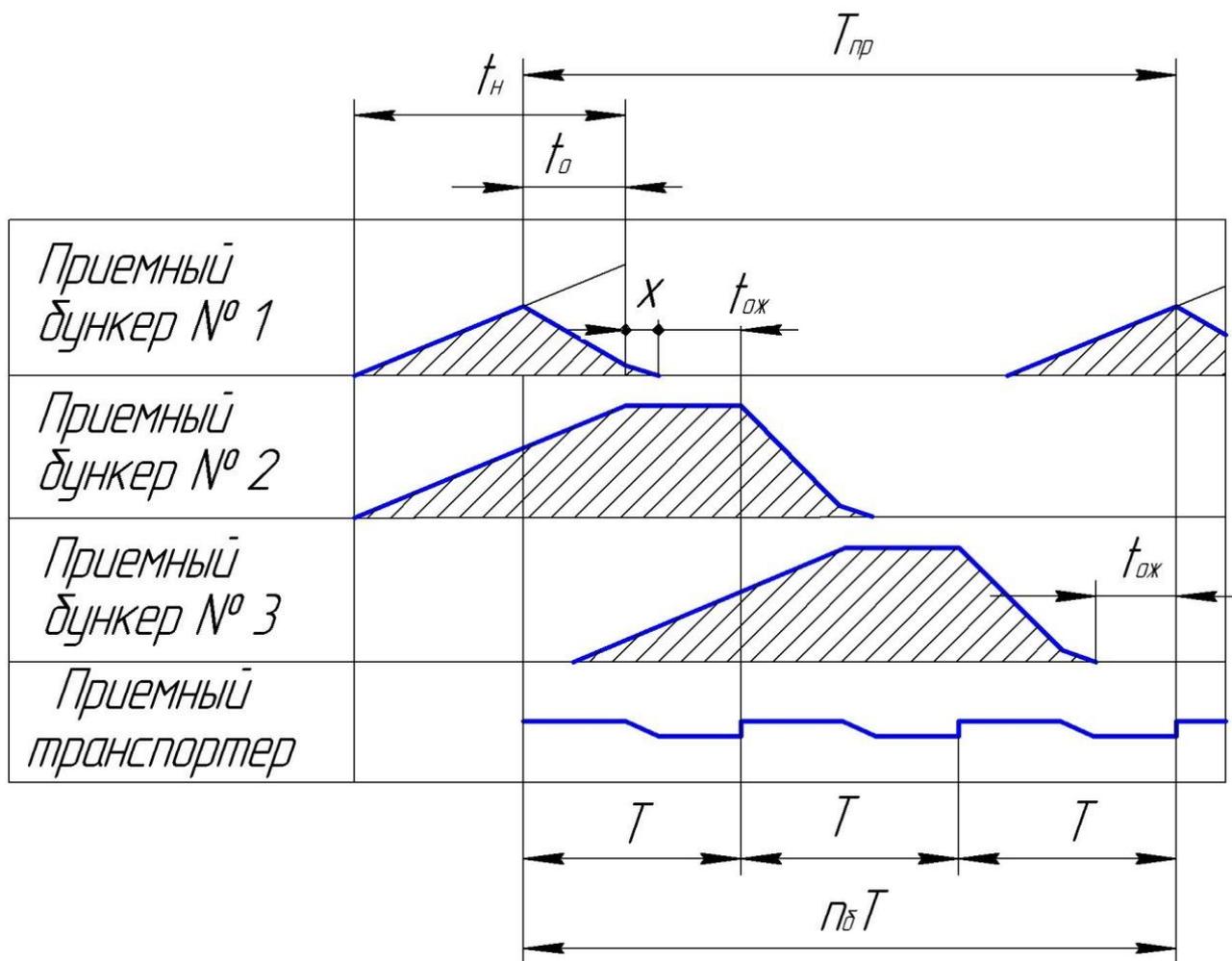


Рисунок 16 - График приемного устройства

- нет смысла изображать разгрузку каждой автомашины в отдельности; наполнение приемного бункера условно показывают непрерывным, со средне производительностью поступления зерна;

- интенсивность поступления разных партий зерна (и соответственно интенсивность наполнения различных бункеров) различна, учесть это практически невозможно, поэтому условно производительность наполнения всех бункеров показывают одинаковой.

В связи с принятыми условностями и мелким масштабом, период  $T$ , как показано на рисунок 17, изображают без расчленения на составляющие ( $t_0$ ,  $x$ ,  $t_{ож}$ ).

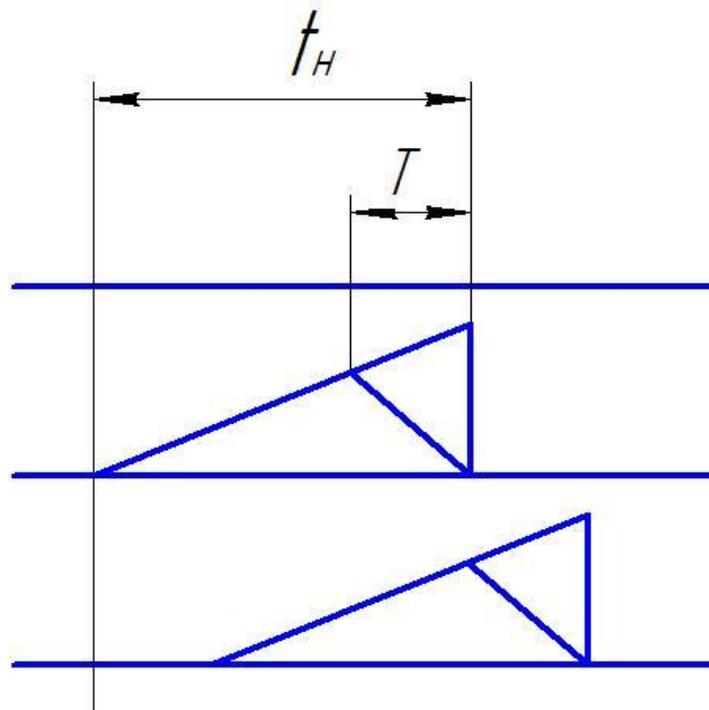


Рисунок 17 - Изображение периода

### 6.5.3 Схемы отпуска зерна

Существуют две основные схемы отпуска зерна элеватором - из отпускных бункеров и из весов непосредственно.

В первой схеме отпускной бункер делает внутреннюю работу независимой от внешней, помогает полнее использовать производительность нории (зерно можно готовить предварительно), сокращает время отпуска.

Отпуск зерна из весов непосредственной нории ставит, по существу, внутреннюю работу в зависимости от внешней и нередко ухудшает использование основного оборудования элеватора.



Чтобы продолжительность цикла взвешивания

$$T_{\text{в}} = t_{\text{нв}} + t_{\text{вз}} + t_2 + x_2 + 2t_{\text{зд}} \quad (25)$$

не повлияла на производительность нории, необходимо соблюдать условие  $T_{\text{в}} \leq t$ , т.е. период работы весов не должен быть больше продолжительности наполнения норией надвесового бункера, что обеспечивается грузоподъемностью весов и продолжительностью цикла их использования.

Если  $T_{\text{в}} > t$ , работа нории сдерживается операцией взвешивания, использование нории ухудшается.

Заметим, что соблюдение условия  $T_{\text{в}} \leq t$  возможно при  $(t_2 + x_2) < t$ , т.е. если производительность транспортирующего оборудования после нории больше производительности нории (подвесовой бункер отсутствует).

6.6.2 График внутренней работы при  $E \leq E_{\text{в}}$  (вес партии перемещаемого зерна меньше либо равен грузоподъемности весов)

Изобразим графически работу по перемещению партии зерна из бункера приемного устройства в силос на хранение согласно рисунку 19, что позволяет получить аналитическое выражение  $t_{\text{ож}}$  - времени работы оборудования в холостую.

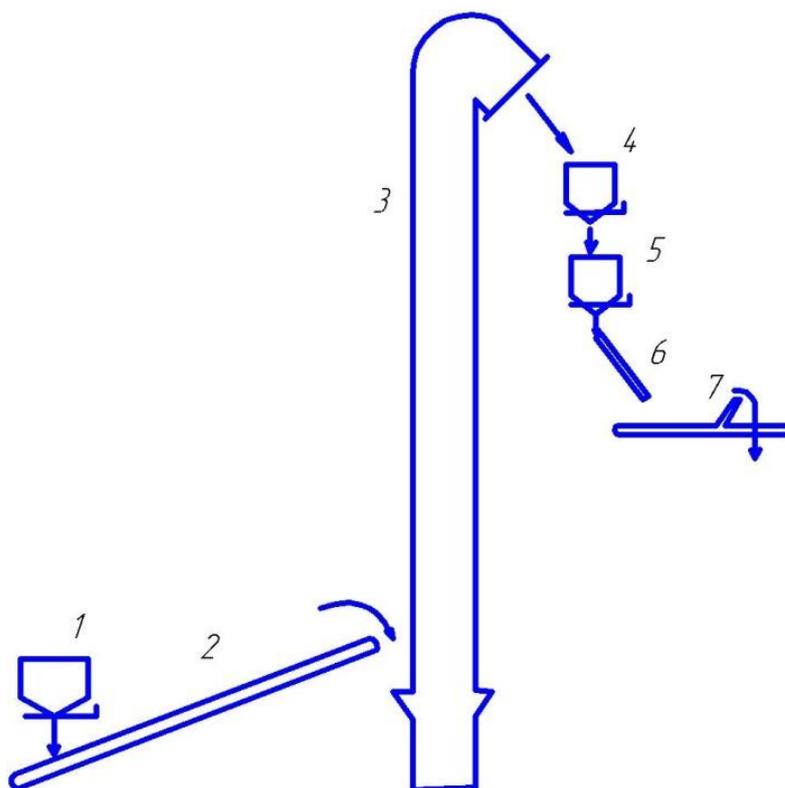


Рисунок 19 - Работа по перемещению партии зерна из бункера в силос

Условия работы. Емкость приемного бункера 1 меньше либо равна емкости ковша весов; к началу работы приемный бункер заполнен. После подачи содержимого бункера по маршруту 1-7 в силос маршрут перестраивается (разгрузочная тележка надсилосного транспортера перемещается к другому силосу). В графике внутренней работы (рисунок 20) в соответствии с рисунком 19 показывается работа семи единиц оборудования и емкостей.

Оборудование и емкости маршрута используются следующим образом.

Получив разрешение, приемщик открывает задвижку приемного бункера 1; зерно сразу же попадает на ленту приемного транспортера 2.

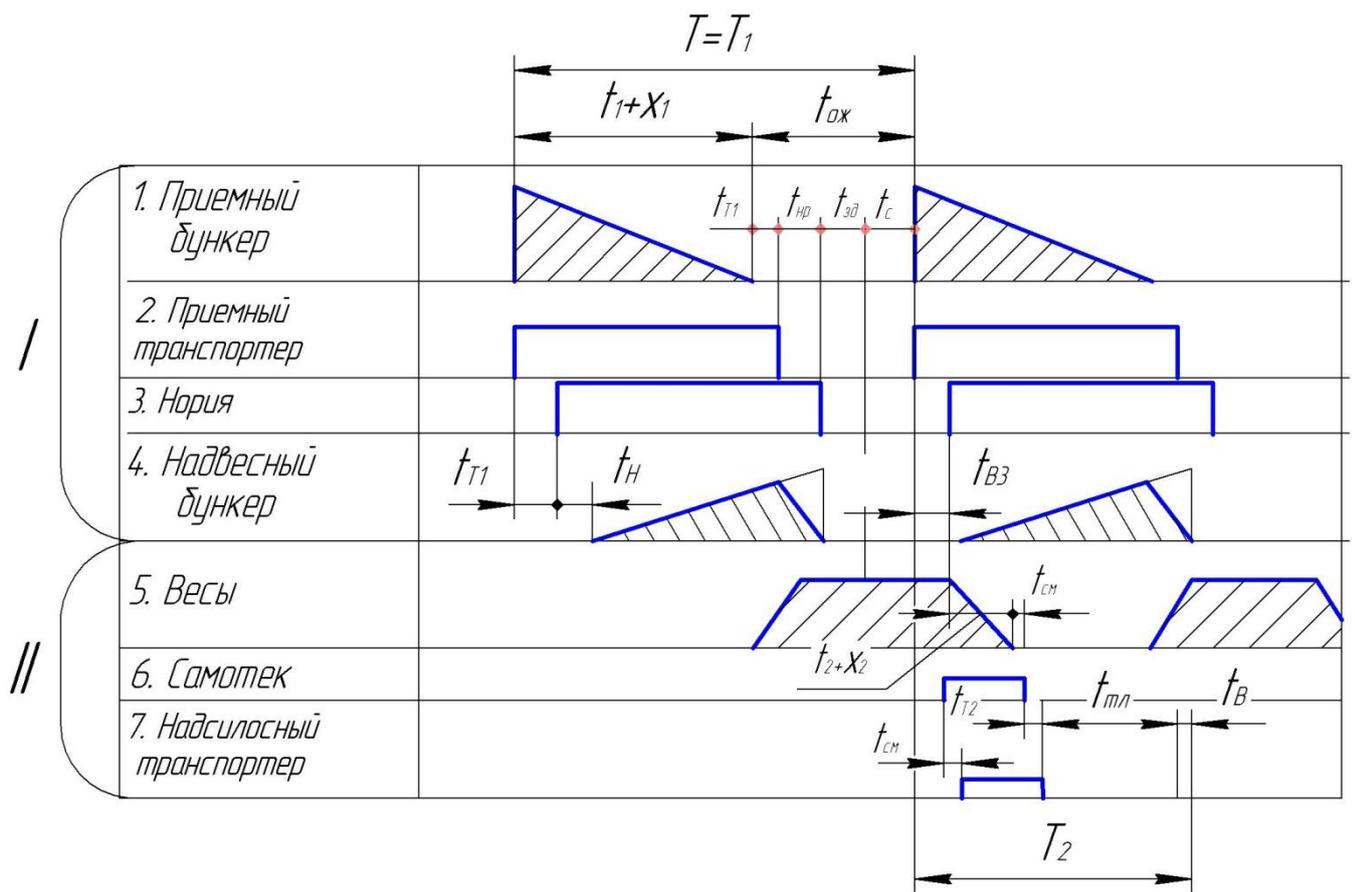


Рисунок 20 - График внутренней работы

В норию первые зерна попадают спустя  $t_{T1}$  – время движения первых порций зерна по транспортеру. Для подъема зерно норией требуется время  $t_H$ ; за период  $t_{T1} + t_H$  зерно достигает надвесного бункера 4.

Истечение зерна из бункера 1 с учетом замедления в конце продолжается  $t_1 + x_1$ , затем задвижка под бункером закрывается; после  $t_1 + x_1$  транспортеру требуется время  $t_{T1}$ , чтобы передать в норию последние порции зерна. Нории нужно время  $t_{HP}$  для дочерпывания остатков зерна в башмаке и подъема последних его порций;  $t_{HP} \approx 3t_H$ ; конец работы нории - это конец наполнения надвесного бункера.

Для подачи зерна в ковш весов весовщик открывает задвижку надвесного бункера в такой момент, чтобы окончание наполнения надвесного бун-

кера (и ковша весов) совпало с концом опорожнения бункера (и подачей норий последнего зерна на одно взвешивание  $E_B$ ).

Затем весовщик закрывает задвижку надвесового бункера  $t_{зд}$  и подает приемщику сигнал  $t_c$ , разрешающий начать транспортирование следующей партии зерна, не ожидая конца перемещения данной партии в силос. Такую возможность дает задвижка надвесового бункера, которая делит маршрут перемещения зерна на два участка: 1 – от приемного бункера, включая надвесовой; 2 – от весов до наполняемого силоса. Благодаря этому уменьшается время ожидания и улучшается использование оборудования, так как работу на 1 участке можно возобновить, не дожидаясь окончания подачи последнего зерна предыдущей партии. С подачей сигнала работы на 1 участке продолжительностью  $T_1$  заканчивается.

На II участке, закрыв задвижку надвесового бункера и подав приемщику сигнал ( $t_{зд} + t_c$ ), весовщик производит взвешивание и открывает задвижку под весами; зерно по самотеку направляется на надсилосный транспортер. Для перемещения первого (и последнего) зерна по самотеку требуется время  $t_{см}$  – последнего зерна по надсилосному транспортеру – время  $t_{Т2}$ .

После прохождения зерна данной партии в силос транспортерщик перестраивает маршрут, перемещая сбрасывающую тележку к новому силосу, и дает сигнал весовщику о готовности 2 участка маршрута. На перемещение сбрасывающей тележки требуется время  $t_{тл}$ , на подачу сигнала –  $t_c$ . Получив сигнал с надсилосного этажа, весовщик может выпускать из ковша весов зерно следующей партии.

Выразим аналитически результаты, полученные с помощью графика. Минимальная длительность операции внутренней работы (из графика) на 1 участке (в этих равенствах не учтены затраты времени на операции, которые проводились одновременно с другими):

$$T_1 = t_1 + x_1 + t_{ож} = t_1 + x_1 + t_{Т1} + t_{нр} + t_{зд} + t_c \quad (26)$$

На 2 участке:

$$T_2 = t_{вз} + t_2 + x_2 + t_{см} + t_2 + t_{тл} + t_c \quad (27)$$

На графике лимитирующим, требующим наибольших затрат времени, является первый участок:  $T_1 > T_2$ ;  $T_1$  и определяет период внутренней работы:  $T = T_1$

Минимальное время ожидания  $t_{ож}$  определяется затратами времени на 1 участке - случай рациональной организации работы, правильно выбранной производительности оборудования на 2 участке  $Q_2$ . При недостаточной  $Q_2$ , неправильной организации работы или при задержке взвешивания, перемещения тележки или подачи сигнала возможно  $T_2 > T_1$ . В этих случаях растет  $t_{ож}$ , увеличивается период внутренней работы  $T$ , уменьшается коэффициент использования нории.

Отсутствие подвесового бункера усложняет использование нории; появляется необходимость в оптимальном соотношении производительности оборудования маршрута. Производительность 2 участка  $Q_2$ , т.е. пропускная способность поворотной распределительной трубы и производительность надсилосного транспорта должны быть больше производительности нории.

Практика эксплуатации элеваторов установила следующие соотношения между производительностями нории, надсилосного транспортера и грузоподъемностью весов (таблица 3).

Таблица 3 - Соотношения между производительностями технологического оборудования

Вид оборудования	Соотношение производительности			
	100	175	350	500
Производительность нории, т/ч	100	175	350	500
Производительность надсилосного транспортера, т/ч	175	350	500	750
Грузоподъёмность ковшовых весов, т	10	20	70	70

## 6.7 Сводный график работы элеватора

### 6.7.1 Сущность и назначение сводного графика

Рассмотренный метод графического изображения операции позволяет представить и оценить отдельные звенья производственного процесса по объёму и во времени. Но этого недостаточно.

Завершающий этап оперативного расчета - сводный график работы всего оборудования элеватора за сутки или смену - показывает. Как именно выполняются отдельные операции, позволяет представить не только их объем и продолжительность, но и последовательность и взаимосвязь.

Так же, как и для отдельных операций, в сетке графика по вертикали перечисляются оборудование и оперативные емкости по ходу технологического процесс, по горизонтали показываются часы суток.

По назначению сводные графики бывают проектными и эксплуатационными.

При проектировании предприятия сводный график его будущей работы позволяет проверить возможность выполнения объема работ, проконтролиро-

вать правильность выбора основного оборудования, мощности приемно-отпускных устройств, емкости оперативных бункеров, дает возможность установить потребность в электроэнергии.

График составляют в разрезе смен. Для этого заданный на максимальные сутки объем операций распределяют по сменам в зависимости от поступления зерна.

Определив объем основных операций за смену, рассчитывают продолжительность каждой операции и изображают графически; из графиков отдельных операций составляется общий (сводный) график. Единого порядка составления не существует, нередко к уже спланированным операциям приходится возвращаться несколько раз.

Составление начинают со смены, в начале которой переходящие остатки зерна в оперативных емкостях минимальны - обычно с утренней (с 8 часов). В первую очередь предусматривают внешние операции, так чтобы время погрузки и разгрузки транспортных средств было минимальным; затем планируют внутреннюю работу.

В работе каждой норрии предусматривают перерыв в 1-2 часа в сутки для профилактического осмотра и мелкого ремонта. Желательно подавать сырое и просушенное, неочищенное и очищенное зерно на разные норрии.

Очистку зерна планируют в потоке, направляя его в ходе приема в надсепараторные бункеры; сушку планируют равномерно, непрерывно в течение всех суток. Чтобы учесть операции очистки и сушки количественно, в конце каждой смены предусматривают опорожнение подсепараторных и подсушильных емкостей; верхние емкости (надсепараторные и надсушильные), напротив, должны быть заполнены для более ритмичной работы следующей смены.

### 6.7.2 Пример составления сводного графика

Составим сводный график работы элеватора  $L-3 \times 175$  в максимальную смену со следующим объемом работы (тонн зерна в максимальные сутки):

Прием с автотранспорта - 900 т,  $K_u = 0,8$ ;

Прием с водного транспорта - 1000 т,  $K_u = 0,8$ ;

Сепарирование - 1900 т,  $K_u = 0,85$ ;

Сушка - 384 т,  $K_u = 0,85$ .

Сушка продолжается 24 часа в сутки, производительность сушилки при снижении влажности зерна с 20 % до 14 % - 16 т/ч.

График составляется на утреннюю смену, отгрузка зерна на железную дорогу не предусматривается.

Коэффициенты интенсивности использования норий и транспортеров  $K_u$  в зависимости от вида операций взяты по справочнику; использование коэффициентов упрощает составление графика, так как фактическая производительность оборудования, рассчитанная на их основе, позволяет учесть время  $X$  и  $t_{ож}$  в неявном виде.

Оборудование, необходимое для осуществления запланированных операций (за исключением нескольких единиц), и его нумерация показаны на рабочей схеме рисунок 46, где нанесена часть транспортных связей, используемых при составлении графика. Производительность приемных транспортеров принята равной производительности основных норий; это соответствует типовым проектам элеваторов. Нумерация оборудования на рисунке 21, соответствующая номерам строк графика (рисунок 24), принята в учебных целях.

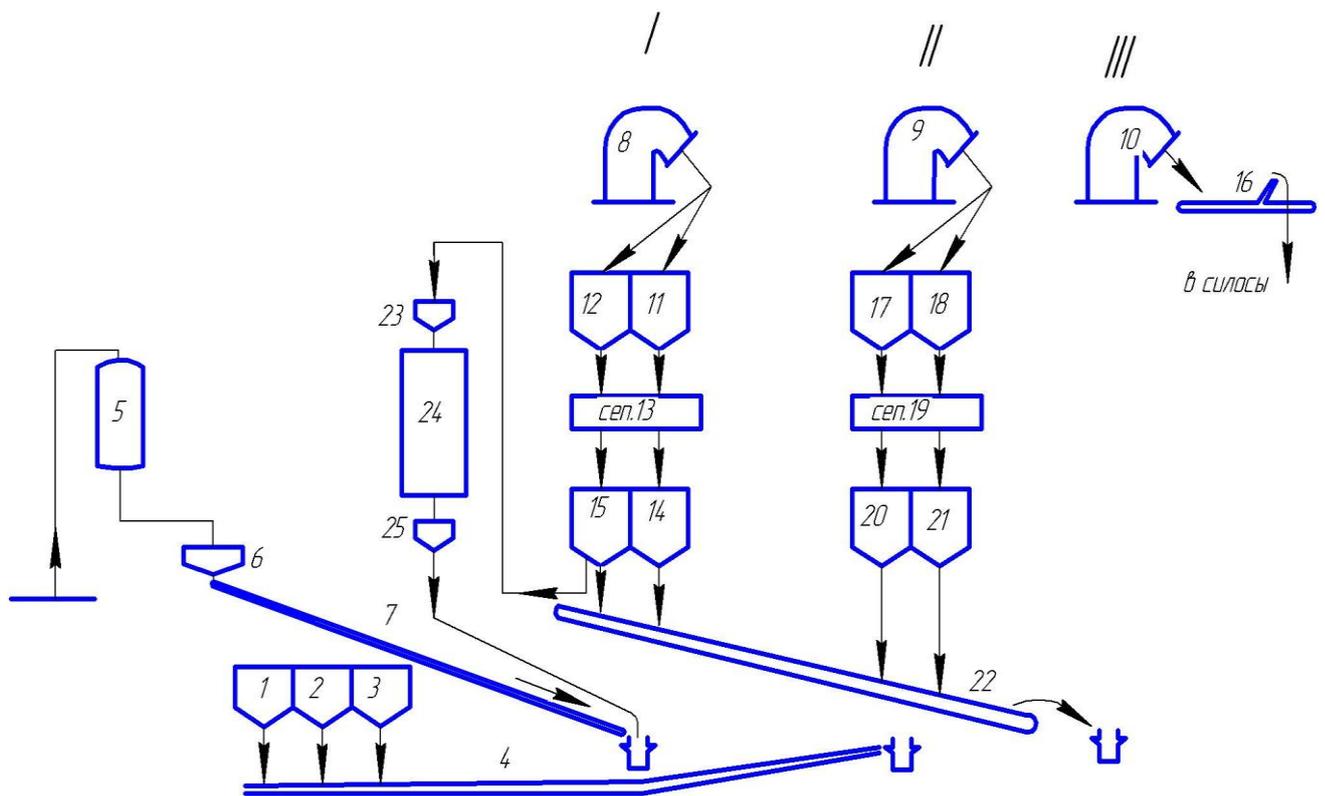


Рисунок 21 - Часть транспортных связей, используемых при составлении графика

Проведем необходимые расчеты.

### 6.7.3 Прием с автотранспорта

Фактическая производительность 4-го транспортера и II нории

$$Q_{\phi} = 175 \cdot 0,8 = 140 \text{ т/ч}$$

Для типового приемного устройства по справочным данным количество точек приема (и приемных бункеров)  $n_6 = 3$ , емкость одного бункера  $E_6 = 30 \text{ т}$ .

Примем, что в первую смену поступает 50, во вторую 30, в третью - 20 % суточного поступления зерна.

В первую смену с автотранспорта поступит зерно  $B_1 = 900 \cdot 0,5 = 450$  т, средняя производительность наполнения одного приемного бункера

$$Q_{м1} = \frac{B_1}{n_б \cdot \theta} = \frac{450}{3 \cdot 8} = 19 \text{ т/ч} \quad (28)$$

где  $\theta$  - продолжительность смены, ч.

Примем  $E = E_б$ , так как разница между  $Q_н$  и  $Q_о$  существенна.

$$t_{н1} = \frac{E_б}{Q_{н1}} \cdot 60 = \frac{30 \cdot 60}{19} = 95 \text{ мин} \quad (29)$$

Продолжительность опорожнения бункера

$$T = \frac{E_б}{Q_ф} \cdot 60 = \frac{30}{1402} \cdot 60 = 13 \text{ мин} \quad (30)$$

График использования приемных бункеров позиции 1, 2, 3 рисунок 24 показан на рисунке 22.

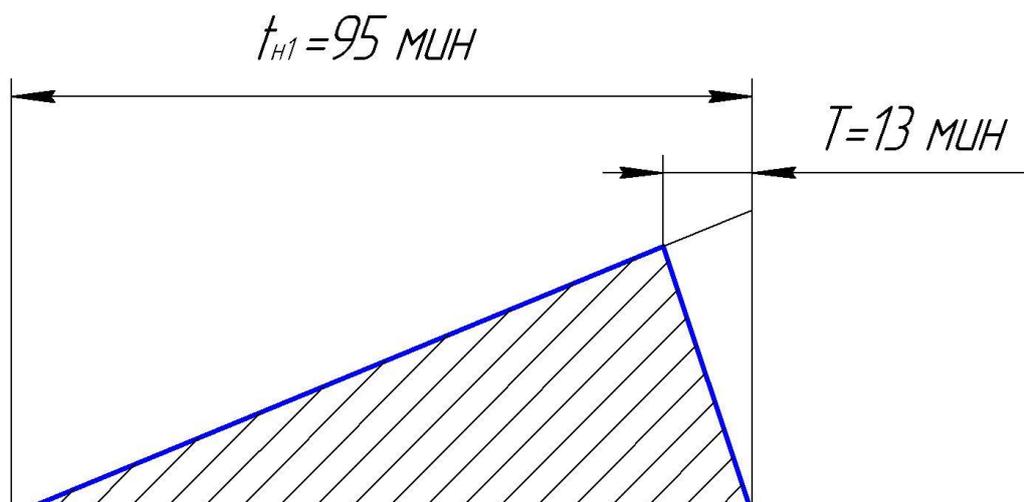


Рисунок 22 – График использования приемных бункеров

#### 6.7.4 Прием с водного транспорта

Примем, что в сутки разгружается одно судно грузоподъемностью  $E_c = 1000$  т; фактическая производительность 7-го транспортера и I нории на операции приема

$$Q_{\phi} = 175 \cdot 0,8 = 140 \text{ т/ч} \quad (31)$$

Принимаем производительность приемной пневматической установки (позиция 5 рисунок 24)  $Q_{\text{пр}} = 100$  т/ч, емкость приемного бункера (позиция 6) 100 т.

По справочным данным, общий (средний коэффициент использования производительности пневматической приемной установки  $K = 0,75$ .

Производительность приемной установки и количество зерна, перемещаемого на различных этапах работы, с учетом рекомендаций в литературе показана ниже в таблице 4.

Таблица 4 - Производительность приемной установки и количество зерна

Этапы	Количество зерна $\alpha$ в долях единицы от $E_c$	Коэффициент использования производительности приемной установки $K_{и}$
I	$\alpha = 0,65$	$K_1 = 1,0$
II	$\alpha = 0,25$	$K_2 = 0,7$
III	$\alpha = 0,10$	$K_3 = 0,3$

Проверим среднее значение коэффициента:

$$K = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3}{\frac{\alpha_1}{K_1} + \frac{\alpha_2}{K_2} + \frac{\alpha_3}{K_3}} = \frac{0,65 + 0,25 + 0,1}{\frac{0,65}{1} + \frac{0,25}{0,7} + \frac{0,1}{0,3}} = 0,746 \quad (32)$$

Из основного соотношения  $t = \frac{E}{Q}$  продолжительность I этапа разгрузки судна

$$T_{пр} - 1 = \frac{\alpha_1 \cdot E_c}{K_1 \cdot Q_{пр}} = \frac{0,65 \cdot 1000}{1,0 \cdot 100} = 6,5 \text{ ч} \quad (33)$$

Разница в производительностях наполнения и опорожнения бункера поз.6 относительно невелика, поэтому за один цикл использования на I этапе разгрузки через бункер можно пропустить зерна значительно больше его емкости:

$$E_1 = \frac{Q_o}{Q_o - Q_n} E_6 \quad (34)$$

$$Q_H = K_1 \cdot Q_{пр} = 1,0 \cdot 100 = 100 \text{ т/ч} \quad (35)$$

$Q_0$  соответствует фактической производительности 7-го транспортера - 140 т/ч.

Количество зерна, пропущенного через бункер

$$E_1 = \frac{140}{140 - 100} \cdot 100 = 350 \text{ т} \quad (36)$$

Принимая тот же, что и выше, вариант использования бункера (рисунок 23) определим его наполнения:

$$t_{нб} = \frac{E_1}{Q_1} = \frac{350}{100} = 3,5 \text{ ч} \quad (37)$$

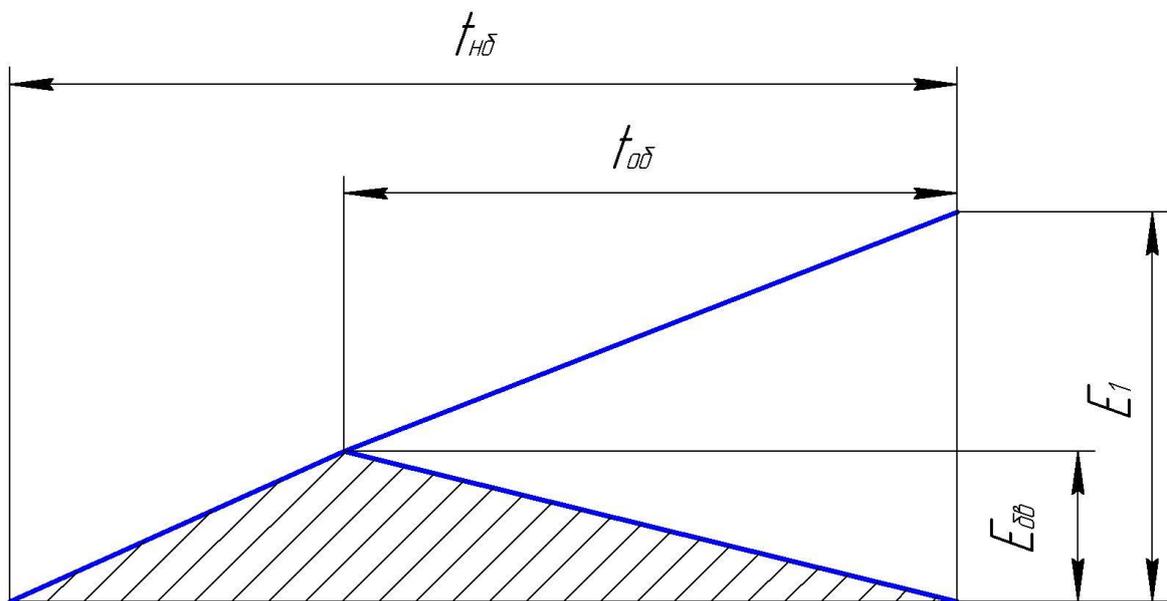


Рисунок 23 – График работы бункера

Продолжительность опорожнения бункера

$$t_{об} = \frac{E_1}{Q_o} = \frac{350}{140} = 2,5 \text{ ч} \quad (38)$$

## 6.8 Построение графика

График (рисунок 24) строится на миллиметровой бумаге. По горизонтали - время смены от 8 до 16 часов (1 ч = 20 мм), по вертикали 25 позиций оборудования и оперативных емкостей по ходу технологического процесса с указанием производительности машин и величины емкостей. В графике не показываются надвесовые бункеры, ковшовые весы, распределительные устройства и транспортеры, обслуживающие сушилку.

В соответствии с рабочей схемой (рисунок 21) заполняется таблица ходов:

0 норий принимают 7-1, 25-1, 4-11, 32-111;

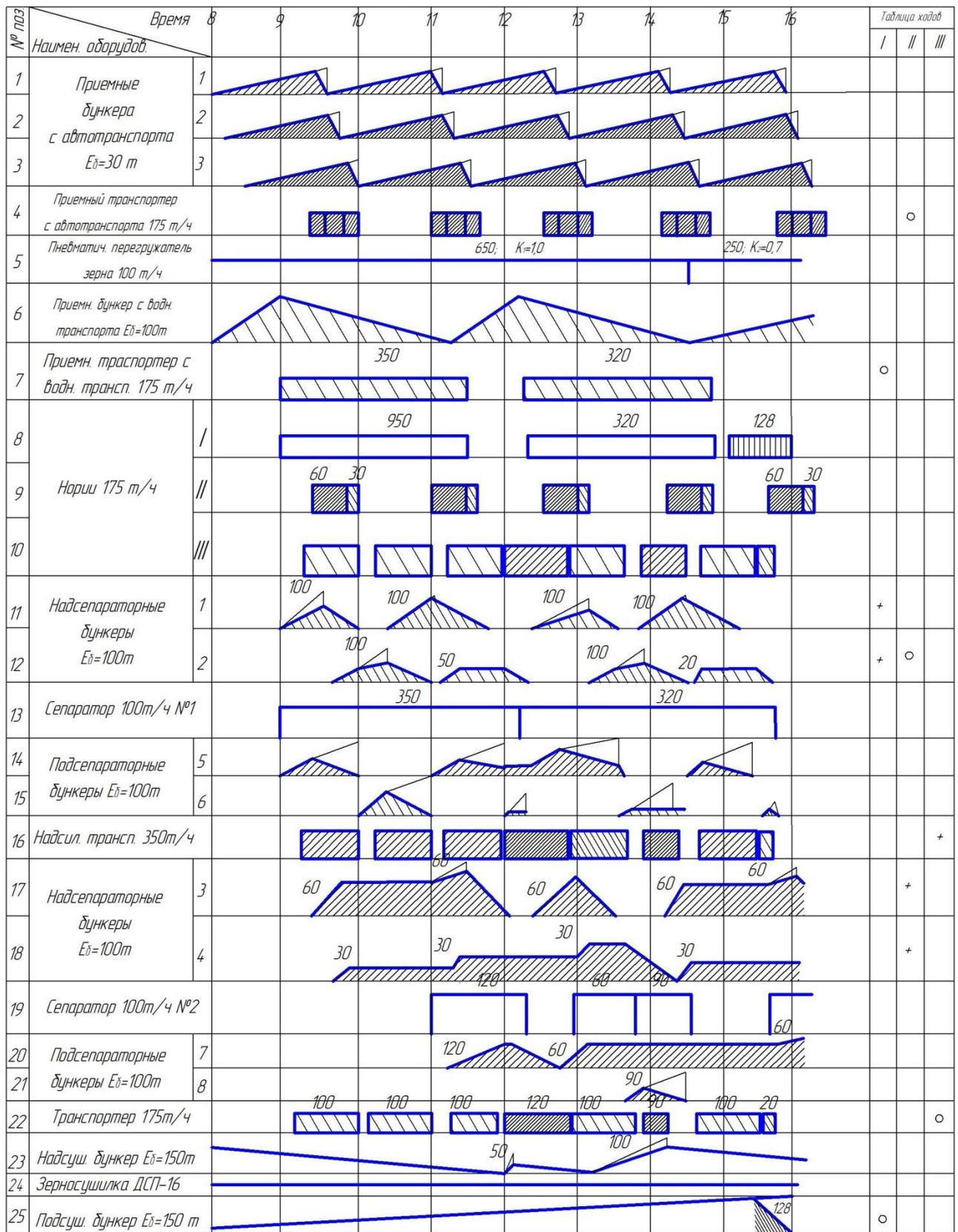
+ норий подают 1-11 и 12, 11-17 и 18, 111-16.

График строится по ходу технологического процесса, начиная с внешних операций.

### 6.8.1 Прием с автотранспорта

Начало наполнения первого бункера в 8.00, окончание наполнения спустя 95 мин (см. расчет), в 9.35. За 13 мин до конца наполнения следует начать опорожнение с тем, чтобы и наполнение, и опорожнение закончилось одновременно; опорожнение первого бункера будет идти с 9.22 до 9.35.

Точно так же первый бункер будет использоваться в течение всей смены; циклы использования заканчиваются в 9.35, 11.10, 12.45, 14.20, 15.55; нанесем на график еще 4 цикла.



○ - нории принимают      + - нории подают

Рисунок 24 - График работы элеватора в первую смену

Примем, что бункеры 1, 2 и 3 опорожняются последовательно, т.е. сразу после опорожнения первого начинает опорожняться второй, затем третий. В этом случае приемный транспортер 4 и все последующее оборудование линии работает наиболее рационально.

Бункеры 1 и 2 начнут заполняться на 95 минут раньше окончания опорожнения - в 8.13 и 8.26.

Дальнейшее использование бункеров 2, 3 в течение всей смены аналогично.

Транспортер 4 опорожняет все три приемных бункера без остановок; начало первого цикла его работы совпадает с началом опорожнения бункера 1 (9.22), окончание - с окончанием опорожнения бункера 3, в 10.01. следующие циклы работы транспортера: 10.57-11.36; 12.32-13.11; 14.07-14.46; 15.42-16.21. Транспортировка остатков зерна из бункеров («хвостов»), период прохождения по ленте транспортера последних порций зерна (что также снижает его производительность) и время ожидания сигнала учтены в сделанном ранее расчете с помощью коэффициента использования транспортера  $K_n$ . На графике  $X$  и  $t_{ож}$  не показываются.

Принимаем, что содержимое 1- и 2-го приемных бункеров можно смешивать, а зерно в 3-ем бункере - другого качества; отметим это различной штриховкой соответствующих частей отрезков (циклов) работы транспортера.

Покажем использование нории II (позиция 9) на этой операции, которое полностью совпадает с использованием транспортера 4. Зерно с автотранспорта норией II подается на очистку, что покажем позднее.

## 6.8.2 Прием с водного транспорта

Пневматический перегружатель зерна (позиция 5) работает непрерывно; покажем это сплошной полосой, которую затем вертикальными линиями подразделим на этапы, различающиеся количеством «поднятого» зерна и фактической производительностью установки. Согласно сделанному расчету, первый этап работы перегружателя с наивысшей (паспортной) производительностью 100 т/ч продолжается 6,5 часа - с 8.00 до 14.30. В 14.30 на графике перегружателя проводим вертикальную черту, разделяющую этапы. Над отрезком работы перегружателя 8.00 - 14.30 указываем количество поданного на этом этапе зерна и коэффициент использования производительности установки (650 т;  $K = 1,0$ ). Второй этап работы перегружателя заканчивается позже окончания смены ( $K_2 = 0,7$ ). На основании этого планируем работу приемного бункера с водного транспорта (позиция 6)

$E_6 = 100$  т,  $E_1 = 350$  т (смотрите расчет); продолжительность цикла использования бункера равна продолжительности его наполнения - 3,5 часа; цикл продолжается с 8.00 до 11.30.

Второй цикл выходит за границу первого этапа работы перегружателя; в 14.30 на графике использования бункера 6 будет перелом вследствие уменьшения производительности наполнения. Так как  $Q_0$  не изменяется, ломаная от точки 14.30 идет вниз под большим углом, продолжительность второго цикла использования бункера сокращается.

Чтобы определить момент окончания опорожнения, надо рассчитать наличие зерна в бункере в 14.30.

### 6.8.3 Расчет

За 3 часа (с 11.30 до 14.30) в бункер поступит  $100 \cdot 3 = 300$  т зерна, будет удалено  $140 \cdot 2 = 280$  т; остаток зерна к 14.30 составит  $300 - 280 = 20$  т.

Следовательно,  $E = 20$  т; производительность опорожнения после 14.30 (итоговая) составит  $140 - 70 = 70$  т/ч; время опорожнения будет равно  $20 : 70 = 0,28$  часа = 17 мин; опорожнение бункера закончится в  $14.30 + 0.17 = 14.47$ , продолжительность второго цикла составит 3 ч 17 мин, в течение которых через бункер пройдет (или будет в него подано)  $E_1 = 100 \cdot 3 + 70 \cdot 0,28 = 320$  т зерна. С 14.47 и до конца смены бункер только наполняется с производительностью 70 т/ч.

Два периода работы 7-го транспортера совпадают со временем опорожнения бункера 6, проставим цифры 350 и 320 над графиком работы транспортера, который подает зерно в норию I.

### 6.8.4 Организация очистки зерна

Согласно заданию, все принятое зерно очищается. Условия поточной обработки требуют, чтобы принимаемое зерно подавалось в надсепараторные бункеры непосредственно.

Принимаем, что зерно очищается за один пропуск через сепаратор, фактическая производительность которого условно принята 100 т/ч.

### 6.8.5 Очистка зерна с автотранспорта

Норией II зерно с автотранспорта подается в надсепараторные бункеры 17 одного качества и 18 (другого качества).

В бункер 17 подано 60 т зерна в период с 9.22 до 9.48; 30 т зерна в бункер 18 - с 9.48 до 10.01. Пока запас зерна в бункерах невелик, сепаратор не работает.

В момент, когда в бункер 17 начинает поступать вторая порция зерна (в 10.57), начинаем сепарирование. Сепаратор 2 (позиция 19) работает безостановочно  $120:100 = 1,2$  часа, с 10.57 до 12.09; в 12.09 заканчивается и первый цикл использования бункера 17.

В бункер 18 вторая партия зерна в 30 т поступает в период с 11.23 до 11.36, третья - с 12.58 до 13.11. 90 т зерна из бункера 18 направляются на очистку сразу же после 60 т зерна другого качества, которое поступает в бункер 17 с 12.32 до 12.58 и идет на очистку с 12.58 до 13.34.

Опорожнение бункера 18 начинается в 13.34. Первый цикл его использования длится с 9.48 до 14.28; второй цикл использования бункера 17 продолжается с 12.32 до 13.34. Второй цикл работы сепаратора 19 продолжается  $150:100 = 1,5$  часа, с 12.58 до 14.28.

Бункер 17 с 14.07 до 14.33 принимает следующие 60 т зерна; с 14.33 до 14.46 30 т зерна принимает бункер 18; третий цикл использования надсепараторных бункеров 17 и 18 кончается за пределами графика, во вторую смену.

Третий цикл работы сепаратора 19 начинается в 15.42, с началом подачи в бункер 17 второй порции зерна. Сепаратор работает до конца смены.

Планируя использование подсепараторных бункеров 20 и 21 (а затем и 14, 15), уменьшением партий обрабатываемого зерна за счет выделения отходов пренебрегаем. Подсепараторные бункеры 20 и 21, 14 и 15 опорожняются по схеме транспортер 20 - нория III - надсилосный транспортер 16 - силосы.

Бункер 20 работает в паре с бункером 17, бункер 21 - с бункером 18; наполнение нижнего бункера совпадает по времени с опорожнением верхнего.

Бункер 20 начинает заполняться одновременно с началом работы сепаратора 19 - в 10.57, с производительностью 100 т/ч. В 11.57 заполненный бункер начинает опорожняться с помощью транспортера 22 с производительностью  $175 \cdot 0,85 = 150$  т/ч. До 12.09 опорожнение бункера 20 идет одновременно с наполнением; продолжительность опорожнения  $120 \cdot 60 : 150 = 48$  мин; первый цикл использования бункера кончается в 12.45.

В соответствии с транспортером 22 работают конечные машины маршрута – нория III (позиция 10) и надсилосный транспортер 16; цикл их работы на этой операции также продолжается с 11.57 до 12.45.

Вторичное наполнение бункера 20, в соответствии с опорожнением бункера 17, продолжается с 12.58 до 13.34; 60 т зерна находятся в бункере без движения до 15.42, когда начинается сепарирование зерна из бункера 17. Второй цикл использования бункера 20 заканчивается во второй смене.

Наполнение бункера 21 совпадает с опорожнением бункера 18 - с 13.34 до 14.28. Чтобы в 14.28 бункер был освобожден, включаем транспортер 22, не дожидаясь конца наполнения, с тем чтобы окончание наполнения бункера совпало с окончанием опорожнения. Перемещение транспортером 90 т поданного в бункер зерна продолжается  $90 \cdot 60 : 150 = 36$  мин; чтобы закончить опорожнение бункера в 14.28, транспортер следует включить на 36 минут раньше, в 13.52. Такой же цикл работы, с 13.52 до 14.28, наносим на график для позиций 10 и 16. Бункер 21, таким образом, используется только один раз.

### 6.8.6 Очистка зерна, принятого с водного транспорта

Очистка производится на сепараторе 13. В надсепараторные бункеры II и 12 нория I подает зерно с производительностью  $175 \cdot 0,8 = 140$  т/ч; 100 т зерна подается за  $100 \cdot 60 : 140 = 43$  мин. Бункеры II и 12 заполняются попеременно, так как зерно однородное.

С 9.00 до 9.43 в бункер II направлено 100 т зерна, сепаратор 13 начинает работу в 9.00 и несколько часов работает непрерывно; бункер II с производительностью, равной производительности сепаратора, освобождается в 10.00.

В 9.43 поток зерна из норией I переключается на бункер 12, который к 10.26 мог быть заполнен. Опорожнение его длится с 10.00 до 11.00.

Второй цикл бункера II начинается в 10.26, наполнение бункера заканчивается в 11.09; опорожнение начинается в 11.00, в течение 9 минут идет одновременно с наполнением и заканчивается в 12.00. Оставшееся от первой подачи норией I зерно (50 т) с водного транспорта за  $50 \cdot 60 : 140 = 21$  мин, с 11.09 до 11.30, подается в бункер 12, некоторое время находится без движения и после опорожнения бункера 11 направляется на сепаратор с 12.00 до 12.30.

Вторая подача зерна с водного транспорта (320 т) распределяется по бункерам 11 и 12 аналогично: бункер 11 наполняется с 12.30 до 13.13 и с 13.56 до 14.39; опорожняется с 12.30 до 13.30 и с 14.30 до 15.30. Бункер 12 наполняется с 13.13 до 13.56; оставшееся от второй подачи 20 т зерна подаются в бункер за 9 минут, с 14.39 до 14.48. Опорожняется бункер 12 с 13.30 до 14.30 и с 15.30 до 15.42. До 15.42 (с 9.00) продолжается непрерывная работа сепаратора 13 по очистке однородного зерна; на графике его работы следует разграничить обработку разных подач зерна вертикальной чертой в 12.30, когда заканчивается очистка первой подачи, и пометить отрезки графика цифрами 350 и 320.

Периоды заполнения подсепараторных бункеров 14 и 15 соответствуют времени опорожнения бункеров 11 и 12. При этом следует учесть, что транс-

портер 22 и связанные с ним концевые машины маршрута 10 и 16 в периоды с 11.57 до 12.45 и с 13.52 до 14.28 заняты перемещением зерна, очищенного на сепараторе 19.

Положим, что бункер 14 работает в паре с 11-м, а 15-й с 12-м; в этом случае бункер 14 заполняется в периоды с 9.00 -10.00, 11.00-12.00, 12.30-13.30, 14.30-15.30; бункер 15 - с 10.00 до 11.00, с 12.00 до 12.30, с 13.30 до 14.30, с 15.30 до 15.42.

Производительность опорожнения бункеров 14 и 15 с помощью само-тека на транспортер 22 составляет 150 т/ч; 100 т зерна - содержимое напол-ненного бункера – транспортер перемещает за  $100 \cdot 60 : 150 = 40$  мин. Опорож-нение бункера 14 длится с 9.20 до 10.00; второй цикл опорожнения, вслед-ствие занятости транспортера 22, должен закончиться в 11.55. За 5 минут наполнения, с 11.55 до 12.00, в бункер будет подано  $100 \cdot 5 : 60 = 8$  т зерна; 92 т зерна транспортер 22 переместит за  $92 \cdot 60 : 150 = 37$  минут, поэтому период второго опорожнения бункера будет длиться с 11.18 до 11.55. Третье опорож-нение бункера 14 начнется в 12.50, после того, как освободится транспортер 22; перемещение транспортером 108 т зерна из бункера продлится  $108 \cdot 60 : 150 = 43$  мин и закончится к 13.33. Четвертое опорожнение бункера 14 продолжается в период с 14.50 до 15.30. Бункер 15 опорожняется с 10.20 до 11.00, с 12.05 до 12.30, когда 50 т зерна передаются отдельным, не показанным на графике транспортером в надсушильный бункер с 13.40 до 14.30, когда в надсушильный бункер направляется еще 100 т зерна, и с 15.34 до 15.42.

Режим выпуска зерна определяет занятость транспортера 22, нории Ш и транспортера 16, который направляет зерно на хранение в силосы; это обо-рудование работает одновременно в следующие периоды: 9.20-10.00, 10.20-11.00, 11.18-11.55, 11.57-12.45, 12.50-13.33, 13.52-14.28, 14.50-15.30, 15.34-15.42.

### 6.8.7 Сушка зерна

Режим подачи зерна на сушку и уборки высушенного зерна выбираем общепринятый - подача три раза в сутки (один раз в смену), уборка - в конце каждой смены.

Зерносушилка 24 на протяжении смены (и суток) работает непрерывно.

Положим, что в надсушильном бункере 23 к началу первой смены был остаток зерна, достаточный для работы сушилки в течение четырех часов:  $16 \cdot 4 = 64$  т. С 12.05 до 12.30 в бункер поступило 50 т, с 13.40 до 14.30 - еще 100 т зерна. На конец смены остаток зерна в бункере 23 составит  $64 + 50 + 100 - 128 = 86$  т.

Подсушильный бункер 25 к началу смены свободен; с началом смены количество зерна в нем непрерывно и равномерно растёт. 128 т зерна из бункера 25 в конце смены (с 15.10 до 16.99) убирается специальным транспортером, не показанным в графике, и норией I.

## 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.