

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

Е.В. Волошин

ВНУТРЕННЯЯ И ВНЕШНЯЯ РАБОТА ЭЛЕВАТОРА

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 Внутренняя и внешняя работа элеватора: учебное пособие / Е.В. Волошин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019 – 103 с.

ISBN

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

УДК 664.72 (075.8)

ББК 36.821 я 73

ISBN

© Волошин Е.В., 2019

© ОГУ, 2019

Содержание

Введение.....	4
1 Оперативный расчет работы элеватора	6
1.1 Сущность оперативного расчета	6
1.2 Параметры внутреннего процесса	9
1.3 Внешние процессы приемки зерна.....	12
1.4 Внешние процессы отпуска зерна	17
1.5 Использование норий.....	18
1.6 Графики работы емкости.....	24
1.7 Внешняя работа элеватора	31
1.8 Внутренняя работа элеватора	37
1.9 Сводный график работы элеватора	43
1.10 Построение графика.....	50
2 Пример составления сводного графика работы элеватора	59
2.1 Прием с автотранспорта	60
2.2 Прием с железнодорожного транспорта.....	63
2.3 Прием с водного транспорта.....	67
2.4 Очистка и сушка зерна.....	69
2.5 Отпуск зерна	71
2.6 Построение графика.....	72
2.7 Анализ графика оперативного расчета работы элеватора	81
3 Объемно - планировочные решения.....	82
3.1 Определение габаритных размеров рабочего здания элеватора	82
3.2 Определение высот этажей рабочего здания и силосного корпуса	85
3.3 Расчет емкости силосов и бункеров и определение габаритных размеров силосных корпусов.....	93
3.4 Увязка основных сооружений элеватора.....	98
Список использованных источников	103

Введение

Одна из задач работников элеваторной промышленности - полнее использовать производственные мощности предприятий. Для ее решения, в частности, необходимо знать ту эксплуатационную производительность, с которой может работать оборудование и которая по ряду причин ниже паспортной. Эти причины заключаются в следующем: необходимость разграничения обработки разных партий зерна во времени; замедление истечения остатков зерна из бункеров и силосов; малая объемная масса некоторых культур; необходимость перестройки маршрутов движения зерна; повышенные влажность и сорность; недостатка в эксплуатации элеваторов.

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 нории 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 транс-

порта 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.

1 Оперативный расчет работы элеватора

1.1 Сущность оперативного расчета

Важнейшим показателем работы промышленного предприятия является использование таких средств производства, как производства, как оборудования, 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.

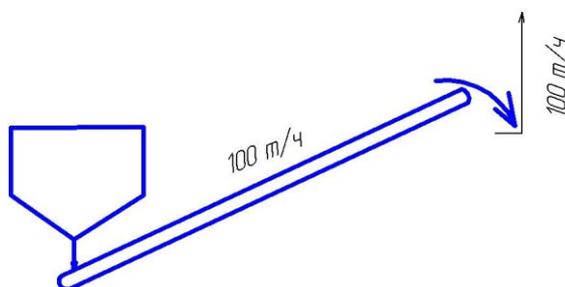


Рисунок 1 - Фактическая производительность оборудования маршрута

Фактическая производительность оборудования маршрута (рисунок 1), в первый час работы всегда меньше 100 т/ч: в начале работы на ленте транспорта 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.

Построение суточного графика работы элеватора позволяет установить: насколько проект (или проведенная реконструкция) удовлетворяет по максимальному суточному объему операций, правильно ли для этого подобрано технологическое и транспортное оборудование, а также оперативные емкости.

При проектировании элеватора строится суточный график работы элеватора в наиболее напряженные сутки.

Распределение максимального суточного объема работы по сменам проводят, ориентируясь на следующие положения:

1) при приеме с автотранспорта в первую смену поступает 40 – 45 %, во вторую 30 – 35 %, в третью 25 – 30 % от суточного поступления зерна;

2) прием с железнодорожного транспорта, а также отпуск на железную дорогу осуществляется подачами с перерывами 2 - 3 часа между ними;

3) прием с водного транспорта и отпуск на воду ведут в соответствии с тоннажем судов и среднесуточных норм погрузки (разгрузки);

4) отпуск зерна на предприятие осуществляется один раз в сутки (обычно в 1-ю или 2-ю смены);

5) сушка зерна ведется непрерывно в течение суток, объем сушки зависит от типа элеватора;

6) очистку зерна проводят в потоке приема и сушки, объема очистки зависит от типа элеватора.

Сводный график вычерчивается на миллиметровке: по вертикали располагают технологическое и транспортное оборудование и оперативные емкости; по горизонтали - время работы.

График оперативного расчета начинают строить с нанесения внешней работы по приему зерна.

Оперативные емкости над сушилками должны быть наполнены к началу очередной смены, под сепараторные и под сушильные опорожняются в конце смены для количественно - качественного учета работы смены. На производственных элеваторах предусматривается время наполнения отпускных бункеров на предприятие.

Внутренние перемещения и составление помольных партий производится в свободное от основных операций время.

В работе норий следует предусматривать перерывы 1 – 2 ч. для профилактического ремонта (обычно это делается в подсчете фактически выполненного объема работы элеватора и определении коэффициентов использования оборудования).

1.2 Параметры внутреннего процесса

Чтобы пользоваться уравнениями и графиками внутреннего процесса элеватора, необходимо знать величины соответствующих параметров. Используя значения параметров внутреннего процесса, можно для элеватора с ковшовыми весами определить оптимальные значения.

Продолжительность истечения зерна. Истечение зерна из бункеров и силосов характеризуется более или менее постоянной производительностью. Теоретическое время истечения зависит от величины перемещаемой партии зерна и производительности того конвейера и норрии, на которые поступает зерно.

Продолжительность истечения остатков зерна из бункеров - одна из существенных потерь времени во внутренней работе элеватора. Под этим параметром понимают разность между полной продолжительностью истечения остатков зерна и временем, в течение которого эти остатки высыпались бы при полной производительности истечения.

Неравномерность истечения. Специальные измерения показывают, что во время истечения зерна из силосов и бункеров при неизменной величине пропускного отверстия наблюдаются изменения производительности истечения тем большие, чем больше влажность и засоренность зерна. Это явление объясняется неоднородностью качества и самосортированием зерна в силосе и бункере. Неравномерность истечения вызывает колебания производительности выпуска и удлиняет продолжительность истечения на 2-10 % по сравнению с теоретической. По этой причине при расчетах следует добавлять величину равную 0,03.

Параметры работы весов. К параметрам работы ковшовых весов относятся:

1) время наполнения ковшовых весов зависит от пропускной способности надвесовой задвижки; в эту величину включают продолжительность операций с задвижкой. Так как при открывании задвижки над весами производительность истечения теоретически увеличивается от нуля до максимума, а при закрывании уменьшается от максимума до нуля;

2) продолжительность взвешивания на ковшовых весах не больше 15 с при достаточной квалификации весовщика и при условии записи результата взвешивания после открывания подвесной задвижки;

3) теоретическое время истечения из весов при отсутствии бункера под весами зависит от величины навески и от производительности оборудования, принимающего зерно из весов;

4) время замедления истечения из весов зависит от конструкции подвесной задвижки. Для расчетов можно принимать следующие значения параметра: для весов с задвижкой, открывающейся вниз - 5 с; для весов со шторной задвижкой, состоящей из двух частей, движущихся в горизонтальном направлении в разные стороны - 30 с.

Передача сигналов. Продолжительность передачи сигналов зависит от системы связи, от организации работы и технического состояния средств связи. В величину, кроме времени, затрачиваемого непосредственно на передачу сигнала, должны входить также дополнительные затраты времени, связанные с вызовом и переходами исполнителей.

Лучший способ передачи сигнала - непосредственная автоматическая сигнализация.

Передача зерна машинами и вспомогательные операции. Продолжительность передачи зерна машинами характеризуется параметрами:

1) продолжительность движения последнего (или первого) зерна по конвейеру зависит от расстояния между насыпным лотком и сбрасывающим барабаном и скорости движения конвейерной ленты;

2) продолжительность подъема первого зерна норией зависит от высоты нории и скорости движения норийной ленты;

3) продолжительность движения последнего (или первого) зерна по самотеку зависит от высоты, конструкции и конфигурации труб, принимающих зерно из весов. Этот промежуток времени незначителен - не больше 0,1 мин.

Для предварительных расчетов можно принимать продолжительность движения последнего (или первого) зерна через ворохоочиститель - 0,5 мин и через сепаратор - 1 мин.

К вспомогательным можно отнести операции с задвижками, передвижными тележками и распределительными устройствами. Время, необходимое на открывание или закрывание задвижки, зависит от ее конструкции и состояния. Для предварительных расчетов можно принять при управлении вручную равным 0,1 мин, при дистанционном управлении с регулированием степени открывания - 0,3 мин.

Время на перемещение сбрасывающей тележки зависит от скорости и длины ее перемещения. Скорость перемещения составляет для тележек с ручным приводом 0,15 м/с, для тележек самоходных и с дистанционным управлением - 0,4-0,6 м/с. При определении величины времени на перемещение сбрасывающей тележки можно принимать равной $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ длины силосного корпуса. К продолжительности перемещения следует добавить подготовительно-заключительное время, которое для тележек с ручным приводом равно 0,4 мин, для самоходных - 0,2 и для тележек с дистанционным управлением - 0,05 мин. Для предварительных расчетов можно принимать - 1 мин.

Приведенные нормы могут быть использованы для расчетов и проекти-

рования. При анализе работы действующих предприятий значения параметров должны быть проверены в конкретных условиях.

Общие положения теории внутреннего технологического процесса можно использовать для наиболее рационального выбора характеристики звеньев потока на элеваторе. Так как нория - основная транспортирующая машина, участвующая во всех маршрутах, остальные звенья потока должны прежде всего обеспечивать возможно лучшее ее использование.

Эта задача оказывается наиболее сложной для элеватора с ковшовыми весами без подвесового бункера. Для таких схем необходимо определить оптимальное соотношение производительности нории, производительности транспортирующего оборудования на втором участке и грузоподъемности весов. При решении поставленной задачи нужно помнить, что для оборудования на втором участке и для весов самый напряженный режим работы - перемещение больших партий зерна.

1.3 Внешние процессы приемки зерна

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

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

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

В устройствах поперечного типа приемные конвейеры расположены поперек путей, второго типа - вдоль путей. При поперечном расположении при-

емных конвейеров маневры выполняют у каждого бункера независимо от других бункеров, так как каждый из них находится на отдельном пути.

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

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

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

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

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

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

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

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

Параметры внешнего процесса при приемке зерна с железнодорожного транспорта. Время разгрузки вагонов механическими лопатами может быть ориентировочно принято равным 36 мин. Для инерционного разгрузчика - 12-15 мин, для разгрузчика ВРГ - 15-18 мин.

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

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

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

Подача с разгрузчиков в две нории 175 т/ч в эксплуатации заставляет снижать загрузку нории и, следовательно, производительность разгрузчика из-

за трудности разделения потока зерна на две половины. Наиболее рациональным следует признать применение при норях 175 т/ч с разгрузчиками накопительных бункеров; при этом коэффициент может иметь максимально возможное значение; кроме того, обеспечивается полное использование разгрузчика.

Приемка зерна с автомобильного транспорта. В этом случае бункера наполняются с перерывами. В течение перерыва разгруженный автомобиль выезжает из проезда, и его место занимает новый, подлежащий разгрузке. Перерыв между разгрузками может быть еще большим, если к моменту выезда у приемного устройства нет очередного автомобиля с направлением в данный проезд.

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

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

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

Приемка зерна с водного транспорта. Особенность внешнего процесса элеватора при разгрузке судов - неравномерное использование производитель-

ности приемной установки. Изменения производительности установки объясняются, во-первых, необходимостью равномерной разгрузки всех трюмов судна для обеспечения его устойчивости и устранения возможной деформации корпуса, во-вторых, трудностью полной механизации трюмных работ. Второе обстоятельство особенно сказывается при использовании для разгрузки норийных установок.

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

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

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

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

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

1.4 Внешние процессы отпуска зерна

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

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

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

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

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

Отпуск зерна на водный транспорт. Расчет внешнего процесса по отпуску зерна на водный транспорт схож с расчетом приемки зерна из судов. Средняя производительность конвейеров, перемещающих зерно из отпускных

силосов в трюмы судов, обычно меньше их номинальной производительности. Это вызывается, во-первых, необходимостью разравнивания зерна, на время которого прекращают подачу зерна в трюм или уменьшают производительность подачи, и, во-вторых, перестановкой отпускных труб.

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

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

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

1.5 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.

1.5.1 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 2 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.

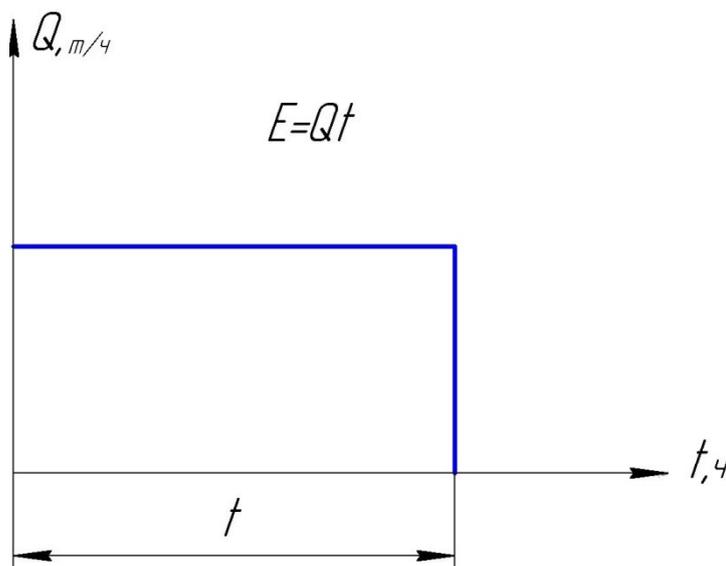


Рисунок 2 - Работа за отрезок времени t

$$t = \frac{E}{Q} \quad (1)$$

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

Поэтому

$$T = t + \text{потери времени} = t + X + t_{ож} \quad (2)$$

В действительности получается следующее.

Средняя производительность нории (рисунок 3) за время T составит Q_{ϕ} ; за счет потерь времени фактическая производительность нории всегда меньше паспортной: $Q_{\phi} < Q$.

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.

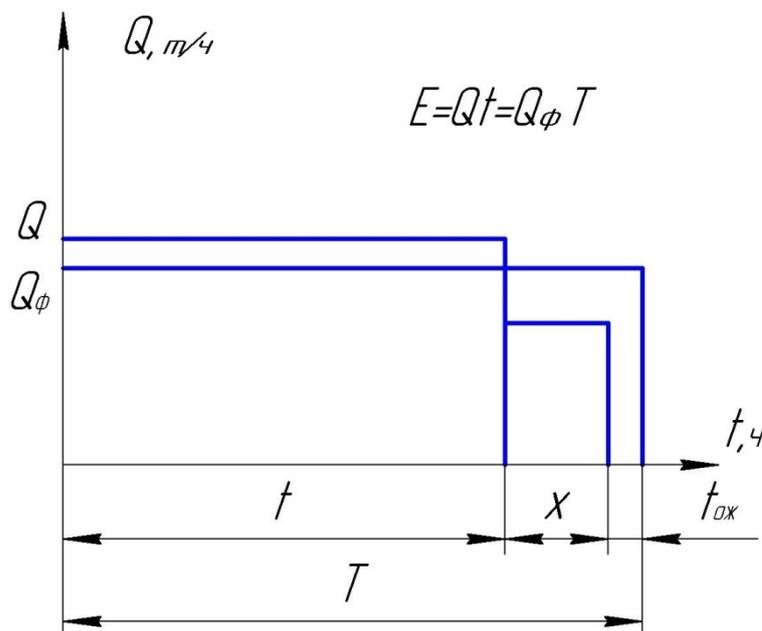


Рисунок 3- Средняя производительность нории

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

$$K_H = \frac{Q_{\phi}}{Q} \quad (3)$$

Подставив выражение K_H значения Q из полученных ранее выражений

$$Q_{\phi} = \frac{E}{T} \quad (4)$$

$$Q = \frac{E}{T} \quad (5)$$

Получим

$$K_H = \frac{Q_{\phi}}{Q} = \frac{E \cdot t}{T \cdot E} = \frac{t}{T} = \frac{t}{t + x + t_{ож}} \quad (6)$$

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 θ в течение рассматриваемого периода (в сутки -

24, в месяц - 720, в год - 8640 часов). Коэффициент экстенсивности использования нории

$$K_t = \frac{T}{\theta} \quad (7)$$

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:

$$K_a = \frac{E}{\theta \cdot Q} \quad (8)$$

Для элеватора в целом

$$K_a = \frac{\sum E}{n \cdot \theta \cdot Q} \quad (9)$$

где n – число основных норий (одинаковой производительности);

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

Учитывая произведение ранее соотношение, получаем

$$K_a = K_n \cdot K_t \quad (10)$$

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 напряженные 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 не велик.

1.6 Графики работы емкости

1.6.1 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»).

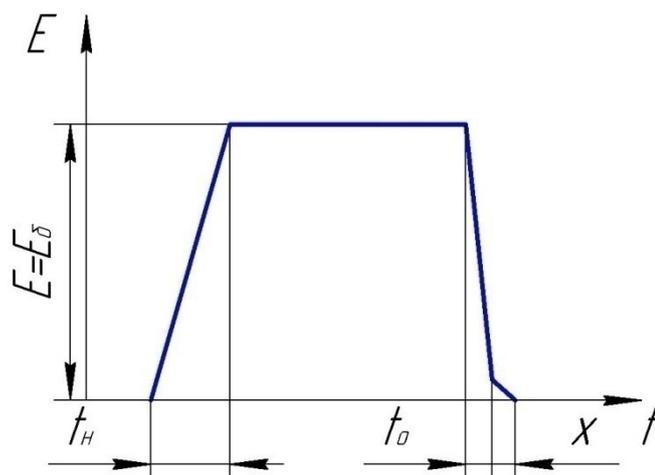


Рисунок 4 – Наполнение емкости

Наполнение емкости (рисунок 4) 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_H , t_0 зависит от производительности наполнения Q_H и опорожнения Q_0 , которые определяются производительностью транспортирующих машин, постоянной на рисунке 4. Количество зерна, прошедшее через емкость, составит:

$$E = t_H \cdot Q_H = t_0 \cdot Q_0 = E_{\delta} \quad (11)$$

наполнение и опорожнение бункера раздельное, т.е. операции по времени не совмещаются; в этом случае $E_{\delta} = E$.

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

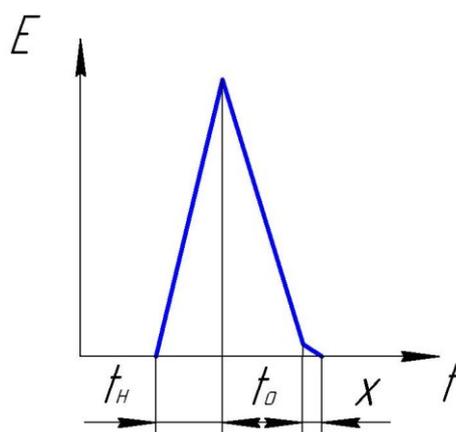


Рисунок 5 - Второй (частный) случай раздельного наполнения и опорожнения

Гораздо чаще наполнение и опорожнение емкости совмещают по времени, то есть, как показано на рисунке 5, начинают выпуск до окончания наполнения. Это сокращает и продолжительность операции, и потребную емкость бункера. В зависимости от соотношения Q_n 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):

$$Q_n = \text{const}; Q_o = \text{const} \quad (12)$$

1.6.2 Схемы наполнения и опорожнения емкости

Наполнение и опорожнение начинаются одновременно (рисунок 6)

1) $Q_n > Q_o$;

В течение t_n происходит накопление зерна с производительностью $Q_n = Q_o$. Необходимая емкость бункера:

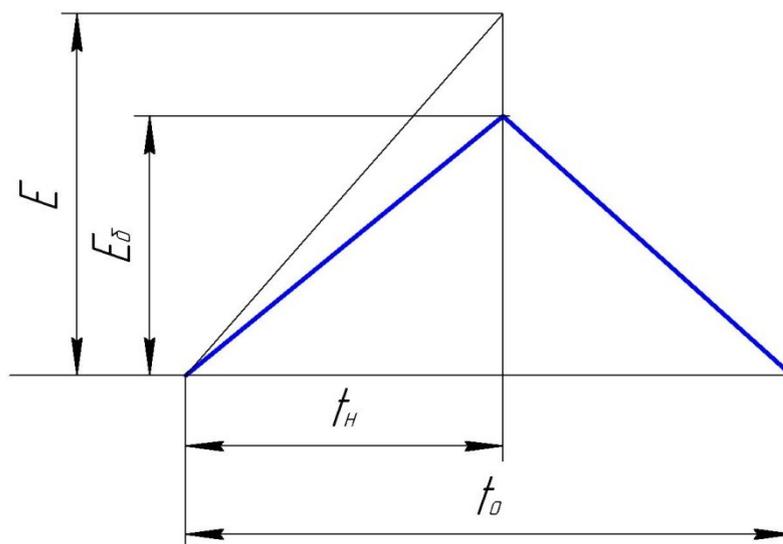


Рисунок 6 - Одновременное наполнение и опорожнение емкости

$$E_{\delta} = t_H(Q_H - Q_o) = (t_o - t_H)Q_o \quad (13)$$

2) $Q_H < Q_o$ (рисунок 7);

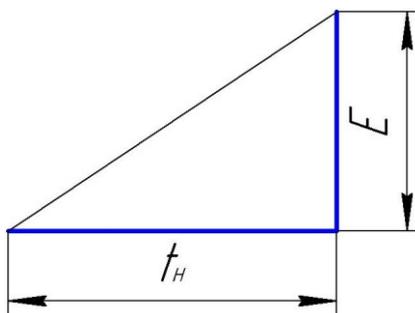


Рисунок 7 - Одновременное наполнение и опорожнение емкости

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

3) $Q_H > Q_0$ (рисунок 8);

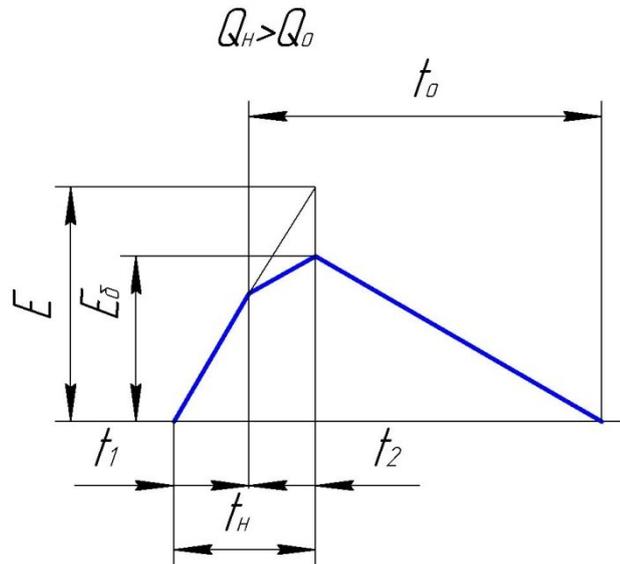


Рисунок 8 - Одновременное наполнение и опорожнение емкости

В течение времени t_1 зерно накапливается с производительностью Q_H , в течение t_2 - с производительностью $Q_H = Q_0$ (1-й случай).

$$E_6 = t_1 Q_H + t_2 (Q_H - Q_0) = t_1 Q_H + t_2 Q_H + t_2 Q_2 = t_H Q_H - t_2 Q_0 \quad (14)$$

4) $Q_H < Q_0$ (рисунок 9);

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.

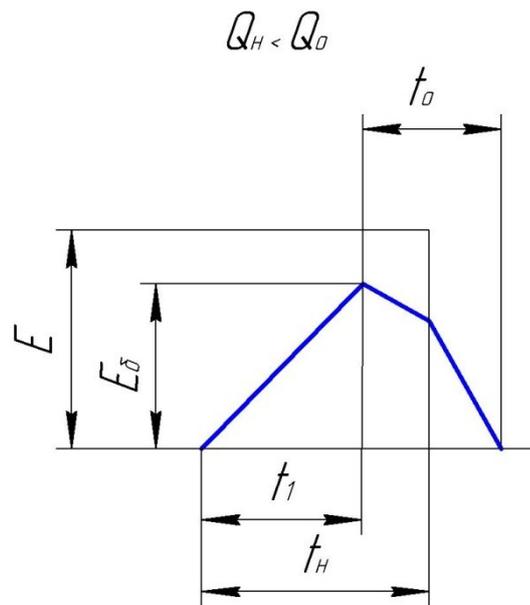


Рисунок 9 - Одновременное наполнение и опорожнение емкости

$$E_{\delta} = (t_H - t_o)Q_H = t_o(Q_O - Q_H) \quad (15)$$

5) частный случай 4-го $Q_H < Q_O$ (рисунок 10).

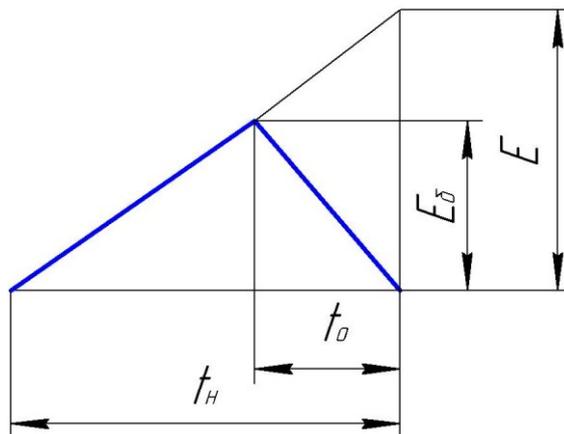


Рисунок 10 - Одновременное наполнение и опорожнение емкости

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_n и t_o из формулы отдельного наполнения и опорожнения $E = t_n \cdot Q_n = t_o \cdot Q_o$, для случаев 1-го и 5-го можно получить зависимости E от E_6 , Q_n и Q_o ; выведенные в результате этого выражения могут быть использованы в результате решения задач, в условиях которых время отсутствует.

для 1 случая

$$E = \frac{Q_n}{Q_n - Q_o} E_6 \quad (16)$$

для 5 случая

$$E = \frac{Q_o}{Q_o - Q_n} E_6 \quad (17)$$

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 $Q_n = Q_o$.

1.7 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.

1.7.1 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 11, осуществляется внешняя и начинается (у приемного носка башмака нории) внутренняя операция.

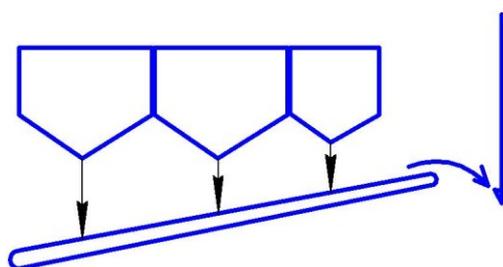


Рисунок 11 – Общий вид графика приема зерна

Чтобы основное оборудование нории использовалось максимально, перерывы в поступлении зерна из приемного устройства должны быть минимальными. Вариант использования приемных емкостей принимаем наиболее эконо-

мичный (рисунок 12а). Продолжительность наполнения t_n зависит от средней производительности поступления зерна; продолжительность опорожнения t_o определяется производительностью транспортера. Период перемещения содержимого одного приемного бункера

$$T = t_o + X + t_{ож} \quad (18)$$

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

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

$$E = Q \cdot t_o = Q_\phi \cdot T \quad (19)$$

$$Q_\phi = \frac{Q \cdot t_o}{T} = \frac{100 \cdot 0,2}{0,3} = 66,6 \approx 67 \text{ т/ч} \quad (20)$$

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

Для того чтобы фактическая производительность транспортера и норрии 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 12б) только начнет наполняться, если даже начать его заполнение сразу после окончания X ;

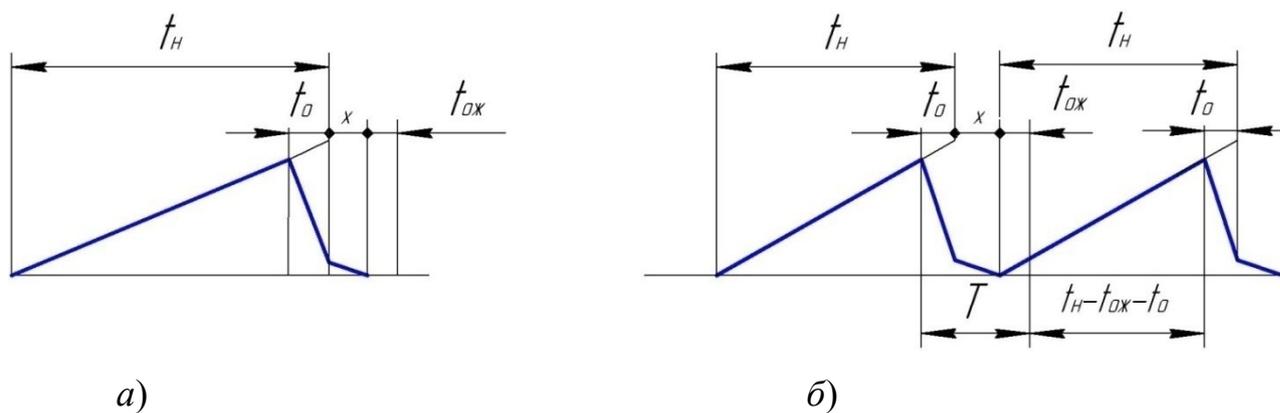


Рисунок 12 - Варианты использования приемных емкостей

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:

$$n_6 = \frac{t_H - t_{ож} - t_0}{T} + t \quad (21)$$

При жесткой связи приемного устройства с основной норией оптимальное количество приемных бункеров обеспечивает наибольшую производительность внутренней работы; максимально используется и нория, и приемное устройство.

Построим график работы приемного устройства для $n_6 = 3$ (рисунок 13).

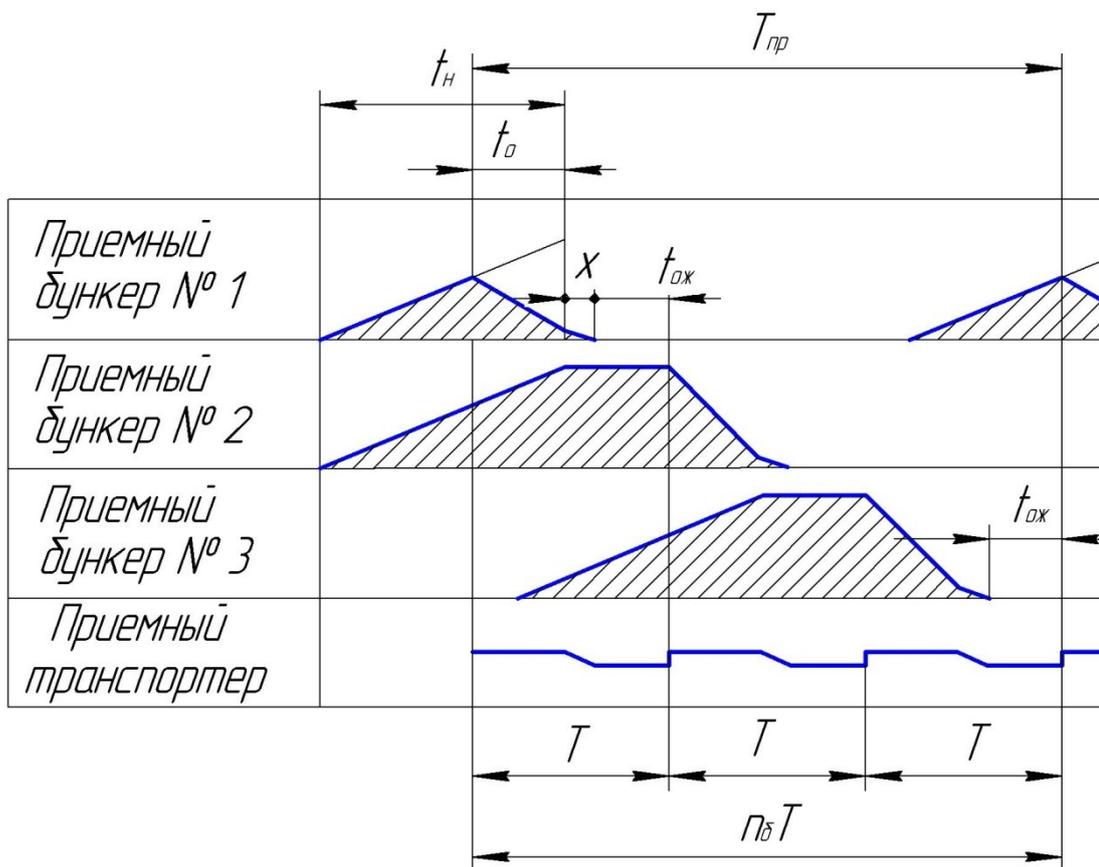


Рисунок 13 - График приемного устройства

В сетке графика каждой машине или емкости отводится отдельная строка; по вертикали в строке емкости показывают количество зерна, по горизонтали - время (оси координат Е и Т 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

$$T_{\text{пр}} = n_\delta \cdot T \quad (22)$$

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

1.7.2 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 условия:

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

2) 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 рисунке 14, изображают без расчленения на составляющие (t_o , x , $t_{ож}$).

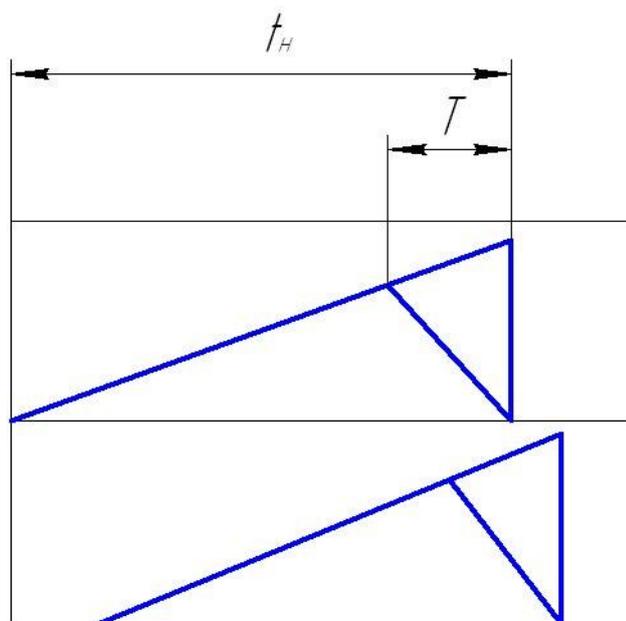


Рисунок 14 - Изображение периода

1.4.3 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.

1.8 Внутренняя работа элеватора

1.8.1 График работы ковшовых весов

Рассмотрим самый напряженный режим работы, когда перемещаются (и, следовательно, взвешиваются) крупные партии зерна.

Нория (рисунок 15) подает зерно в надвесовой бункер непрерывно. Взвешивание зерна организуется следующим образом.

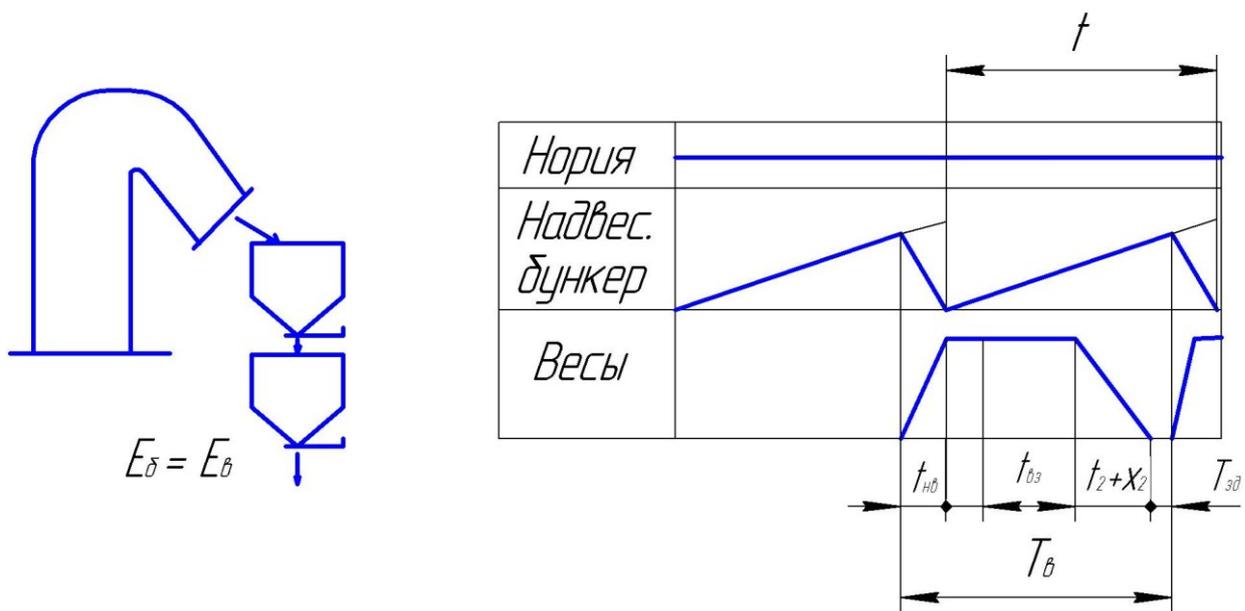


Рисунок 15 - График работы ковшовых весов

Не дожидаясь окончания заполнения надвесового бункера, весовщик открывает его задвижку в такой момент, чтобы наполнение и опорожнение бункера закончилось одновременно. Опорожнение надвесового бункера и наполнение ковша весов $t_{н\beta}$ во времени совпадают. Затем весовщик закрывает задвижку бункера $t_{з\delta}$, взвешивает зерно $t_{\beta\alpha}$ и в период выпуска зерна из весов $t_2 + X_2$ записывает результаты взвешивания. После выпуска зерна задвижка под весами закрывается $t_{з\delta}$.

Чтобы продолжительность цикла взвешивания

$$T_B = t_{нв} + t_{вз} + t_2 + x_2 + 2t_{зд} \quad (23)$$

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

Если $T_B > t$, работа нории сдерживается операцией взвешивания, использование нории ухудшается.

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

1.8.2 График внутренней работы при $E \leq E_B$ (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 16, что позволяет получить аналитическое выражение $t_{ож}$ - времени работы оборудования в холостую.

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 17) в соответствии с рисунком 16 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.

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

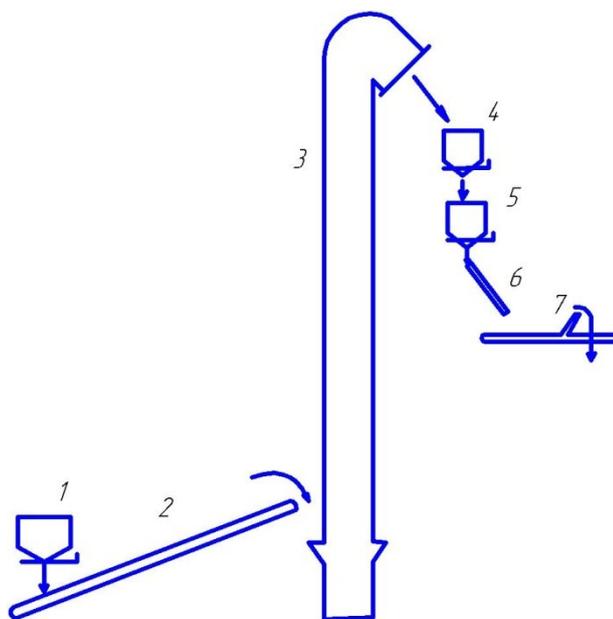


Рисунок 16 - Работа по перемещению партии зерна из бункера в силос

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 $t_{нр}$ для дочерпывания остатков зерна в башмаке и подъема последних его порций; $t_{нр} \approx 3t_n$; конец работы норией - это конец наполнения надвешного бункера.

Для подачи зерна в ковш весов весовщик открывает задвижку надвешного бункера в такой момент, чтобы окончание наполнения надвешного бункера (и ковша весов) совпало с концом опорожнения бункера (и подачей норией последнего зерна на одно взвешивание E_B).

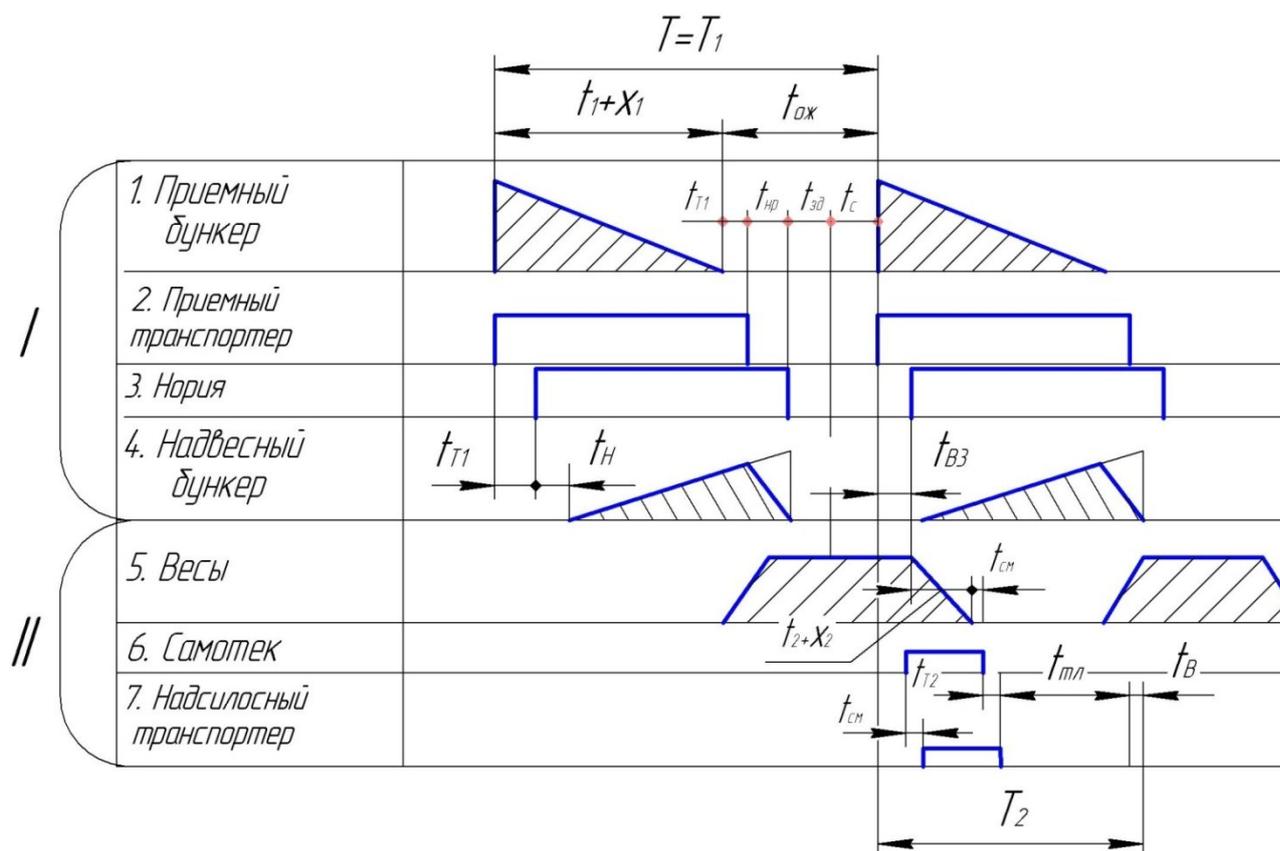


Рисунок 17 - График внутренней работы

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):

$$T_1 = t_1 + x_1 + t_{ож} = t_1 + x_1 + t_{Т1} + t_{нр} + t_{зд} + t_c \quad (24)$$

На 2 участке:

$$T_2 = t_{вз} + t_2 + x_2 + t_{см} + t_2 + t_{ТЛ} + t_c \quad (25)$$

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 $t_{ож}$, уве-

личивается 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 грузоподъёмностью весов (таблица 1).

Таблица 1 - Соотношения между производительностями технологического оборудования

Вид оборудования	Соотношение производительности			
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

1.9 Сводный график работы элеватора

1.9.1 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, проконтролировать 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.

1.9.2 Пример составления сводного графика

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

Прием с автотранспорта - 900 т, $K_{и} = 0,8$;

Прием с водного транспорта - 1000 т, $K_{и} = 0,8$;

Сепарирование - 1900 т, $K_{и} = 0,85$;

Сушка - 384 т, $K_{и} = 0,85$.

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 $K_{и}$ 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 18), 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 18, соответствующая номерам строк графика (рисунок 21), принята в учебных целях.

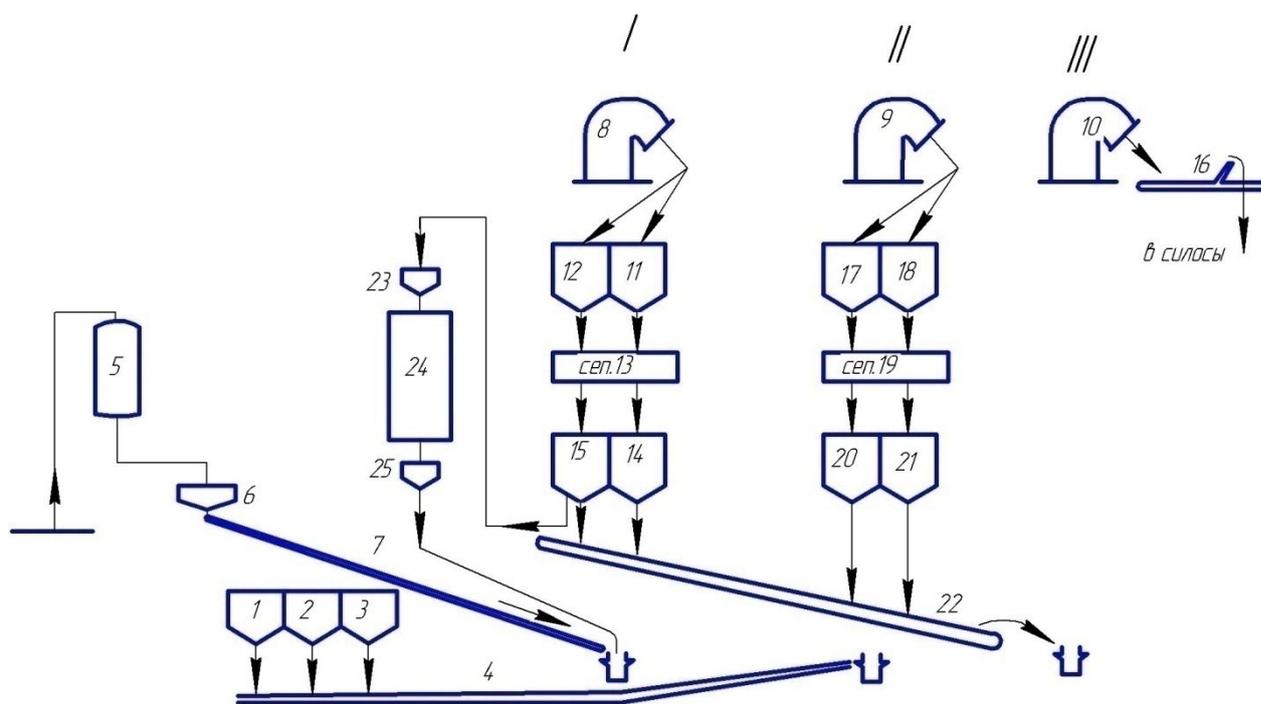


Рисунок 18 - Часть транспортных связей, используемых при составлении графика

Проведем необходимые расчеты.

1.9.3 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) $n_{\phi} = 3$, емкость одного бункера $E_{\phi} = 30$ 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

$$Q_{M1} = \frac{B_1}{n_{\phi} \cdot \theta} = \frac{450}{3 \cdot 8} = 19 \text{ т/ч} \quad (26)$$

где θ - продолжительность смены, ч.

Примем $E = E_{\phi}$, так как разница между $Q_{н}$ и $Q_{о}$ существенна.

$$t_{н1} = \frac{E_{\phi}}{Q_{н1}} \cdot 60 = \frac{30 \cdot 60}{19} = 95 \text{ мин} \quad (27)$$

Продолжительность опорожнения бункера

$$T = \frac{E_{\phi}}{Q_{\phi}} \cdot 60 = \frac{30}{1402} \cdot 60 = 13 \text{ мин} \quad (28)$$

График использования приемных бункеров позиции 1, 2, 3 рисунок 21 показан на рисунке 19.

1.9.4 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

$$Q_{\phi} = 175 \cdot 0,8 = 140 \text{ т/ч} \quad (29)$$

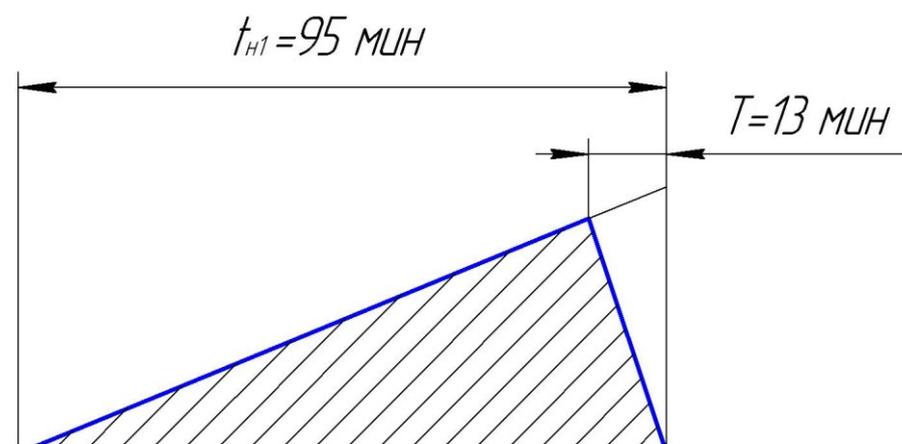


Рисунок 19 – График использования приемных бункеров

Принимаем производительность приемной пневматической установки (позиция 5 рисунок 21) $Q_{\text{пр}} = 100$ 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 2.

Таблица 2 - Производительность приемной установки и количество зерна

Этапы	Количество зерна α 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:

$$K = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3}{\frac{\alpha_1}{K_1} + \frac{\alpha_2}{K_2} + \frac{\alpha_3}{K_3}} = \frac{0,65 + 0,25 + 0,1}{\frac{0,65}{1} + \frac{0,25}{0,7} + \frac{0,1}{0,3}} = 0,746 \quad (30)$$

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

$$T_{пр} - 1 = \frac{\alpha_1 \cdot E_c}{K_1 \cdot Q_{пр}} = \frac{0,65 \cdot 1000}{1,0 \cdot 100} = 6,5 \text{ ч} \quad (31)$$

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:

$$E_1 = \frac{Q_o}{Q_o - Q_n} E_6 \quad (32)$$

$$Q_n = K_1 \cdot Q_{пр} = 1,0 \cdot 100 = 100 \text{ т/ч} \quad (33)$$

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

Количество зерна, пропущенного через бункер

$$E_1 = \frac{140}{140 - 100} \cdot 100 = 350 \text{ т} \quad (34)$$

Принимая тот же, что и выше, вариант использования бункера (рисунок 20) определим его наполнения:

$$t_{\text{нб}} = \frac{E_1}{Q_1} = \frac{350}{100} = 3,5 \text{ ч} \quad (35)$$

Продолжительность опорожнения бункера

$$t_{\text{об}} = \frac{E_1}{Q_0} = \frac{350}{140} = 2,5 \text{ ч} \quad (36)$$

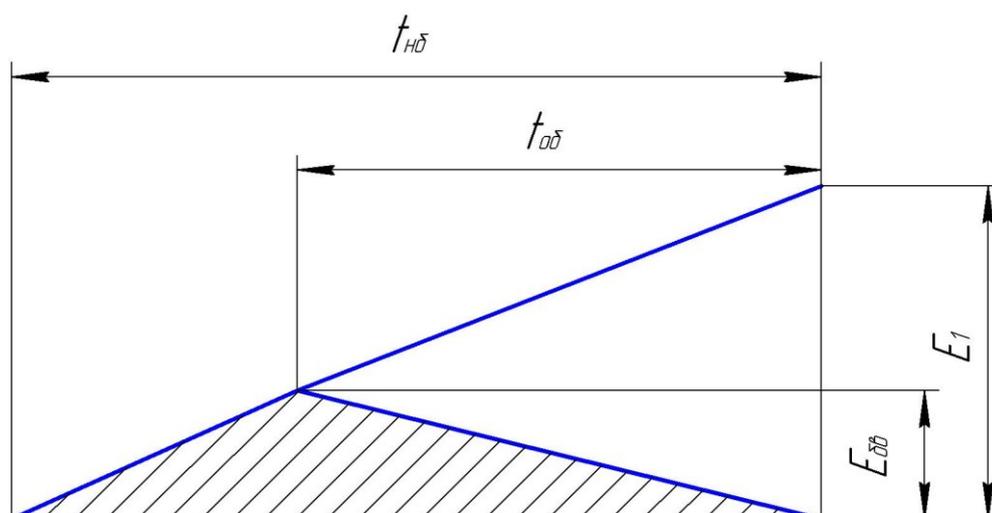


Рисунок 20 – График работы бункера

1.10 Построение графика

График (рисунок 21) 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 навесовые бункеры, ковшовые весы, распределительные устройства и транспортеры, обслуживающие сушилку.

В соответствии с рабочей схемой (рисунок 18) заполняется таблица ходов:

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

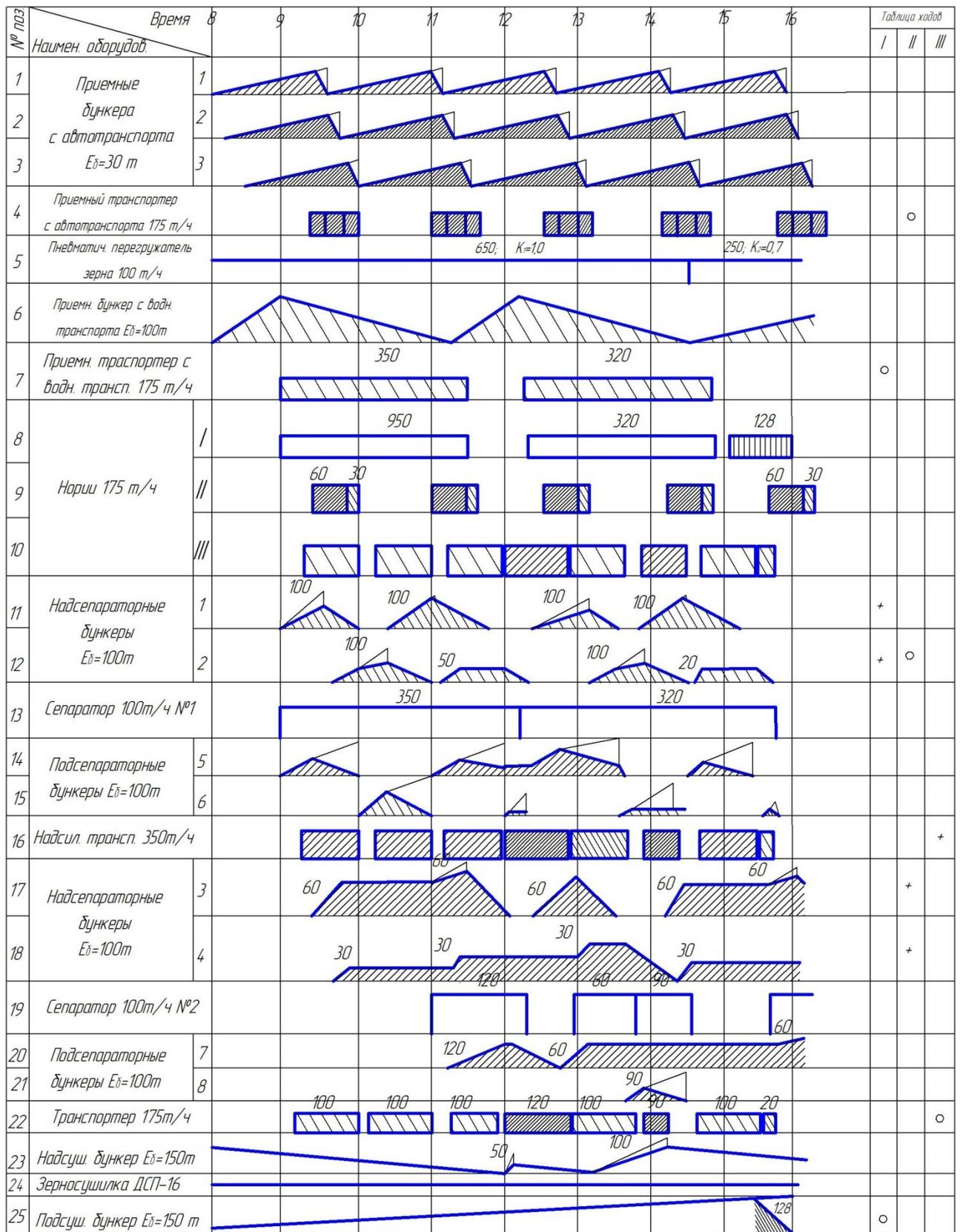
+ норий подают 1-11 и 12, 11-17 и 18, 111-16.

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

1.10.1 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 21 - 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.

1.10.2 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.

1.10.3 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.

1.10.4 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.

1.10.5 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. Бун-

кер 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.

1.10.6 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 нории 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 самотека на транспортер 22 составляет 150 т/ч; 100 т зерна - содержимое наполненного бункера – транспортер перемещает за $100 \cdot 60 : 150 = 40$ мин. Опорожнение бункера 14 длится с 9.20 до 10.00; второй цикл опорожнения, вследствие занятости транспортера 22, должен окончиться 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 опорожнение 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, норрии III и транспортера 16, который направляет зерно на хранение в силосы; это оборудование 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.

1.10.7 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 растет. 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.

2 Пример составления сводного графика работы элеватора

Составить график работы условного элеватора, выполняющего следующие операции в наиболее напряженные сутки:

- прием с автотранспорта	- 3600 т;
- прием с железнодорожного транспорта	- 2000 т;
- прием с водного транспорта	- 1000 т;
- отпуск на мельницу	- 240 т;
- очистка зерна	- 3700 т;
- сушка зерна	- 1000 т;
- внутренние перемещения	- 2400 т.

Допустим, что на элеваторе имеется 6 основных норий производительностью 175 т/ч.

Количество проездов для разгрузки автомобильного транспорта, количество приемных потоков, число бункеров для разгрузки железнодорожных вагонов определено технологическими расчетами и для данного элеватора составляет:

- количество потоков с автотранспорта - 2;
- количество проездов для разгрузки автомобилей - 8;
- количество приемных потоков с железной дороги - 2;
- количество разгрузочных точек с железной дороги - 4;
- пропускная способность водного причала должна быть не менее 69,5 т/ч.

2.1 Прием с автотранспорта

Производительность приемных транспортеров с автотранспорта $Q_{тр} = 175$ т/ч, число транспортеров - 2, следовательно, на каждый из них приходится по 4 бункера.

1) Принимаем, что в 1 – ю смену поступает 45 %, во – вторую – 30 % и в 3-ю – 25 % от суточного приема с автотранспорта. Тогда в 1-ю смену поступит:

$$B_1 = \frac{3600 \cdot 45}{100} = 1620 \text{ т}$$

Фактическая производительность транспортеров рассчитывается по формуле:

$$Q_{тр \text{ ф}} = Q_{тр} \cdot K_{и}, \text{ т/ч} \quad (37)$$

где $K_{и}$ - коэффициент использования оборудования

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

Рассчитываем производительность наполнения приемных бункеров по формуле:

$$Q_{\text{н1}} = \frac{B_1}{n_{\delta} \cdot \Theta}, \text{ т/ч} \quad (38)$$

где B_1 - количества зерна, поступающего в 1 - ю смену, т;

n_{δ} - число бункеров приемного устройства, шт;

Θ - продолжительность смены, ч.

Получаем:

$$Q_{\text{н1}} = \frac{1620}{8,8} = 25,3 \text{ т/ч}$$

4) Определяем продолжительность наполнения и опорожнения бункеров. Так как у нас производительности наполнения ($Q_{\text{н1}} = 25,3 \text{ т/ч}$) и опорожнения ($Q_0 = 140 \text{ т/ч}$) существенно различаются, принимаем случай работы емкости (и его графическое изображение), когда наполнение и опорожнение заканчиваются одновременно (рисунок 22).

Рассчитаем величину партии, прошедшей через бункер за один цикл его использования по формуле:

$$E = \frac{Q_0}{Q_0 - Q_{\text{н}}} E_{\delta}, \text{ т} \quad (39)$$

Получим:

$$E = \frac{140}{140 - 25,3} \cdot 30 = 36,6 \text{ т}$$

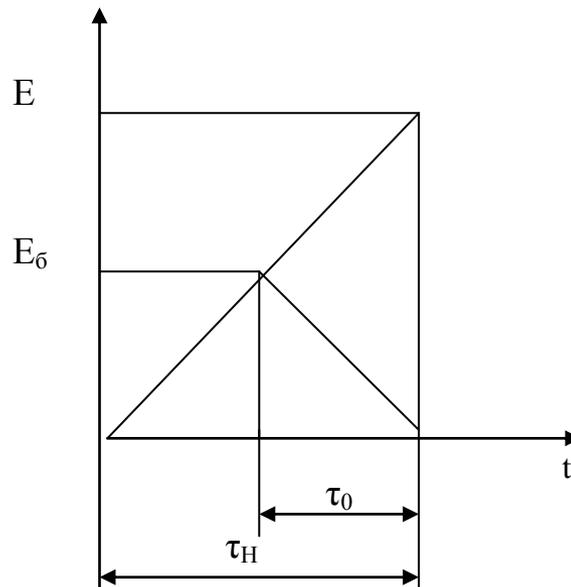


Рисунок 22 - Работа емкости, когда наполнение и опорожнение заканчиваются одновременно

Определим время наполнения бункера:

$$\tau_H = \frac{E}{Q_H} \cdot 60 = \frac{36,6}{25,3} \cdot 60 = 86,79 \approx 87 \text{ мин}$$

и время его опорожнения:

$$\tau_0 = \frac{E}{Q_0} \cdot 60 = \frac{36,6}{140} \cdot 60 = 15,68 \approx 16 \text{ мин}$$

Из приемных бункеров зерно подается в 4 накопительных емкости по 200 т каждая.

Наполнение накопительных емкостей идет с фактической производительностью приемных транспортеров $Q_{\text{трф}} = 140$ т/ч; опорожнение их осуществляется основными нориями элеватора при подаче зерна на обработку (очистку, сушку). Фактическая производительность норий при этом составляет $Q_{\text{нф}} = 150$ т/ч.

Рассчитаем время наполнения накопительной емкости:

$$\tau_{\text{н}} = \frac{E}{Q_{\text{трф}}} \cdot 60 = \frac{200}{140} \cdot 60 = 85,7 \approx 86 \text{ мин}$$

время опорожнения емкости:

$$\tau_{\text{о}} = \frac{E}{Q_{\text{нф}}} \cdot 60 = \frac{200}{150} \cdot 60 = 80 \text{ мин}$$

2.2 Прием с железнодорожного транспорта

Принимаем, что для разгрузки прибыл маршрут $G_{\text{м}} = 3000$ т., разгрузка осуществляется в 3 подачи.

1. Фактическая производительность приемного потока составит:

$$Q_{\text{ф}} = 175 \cdot 0,75 = 131,25 \approx 131 \text{ т/ч}$$

Производительность разгрузочных механизмов определяем по формуле 26, в нашем случае $Q_{\text{рз}} = 98,44$ т/ч (вагонноразгрузчик Хахулина).

2. Определяем время наполнения и опорожнения бункеров. Так как $Q_{\text{н}} < Q_{\text{о}}$ принимаем случай работы емкости, показанный на рисунке 23.

Грузоподъемность вагона $E_{\text{в}} = 63$ т., следовательно,

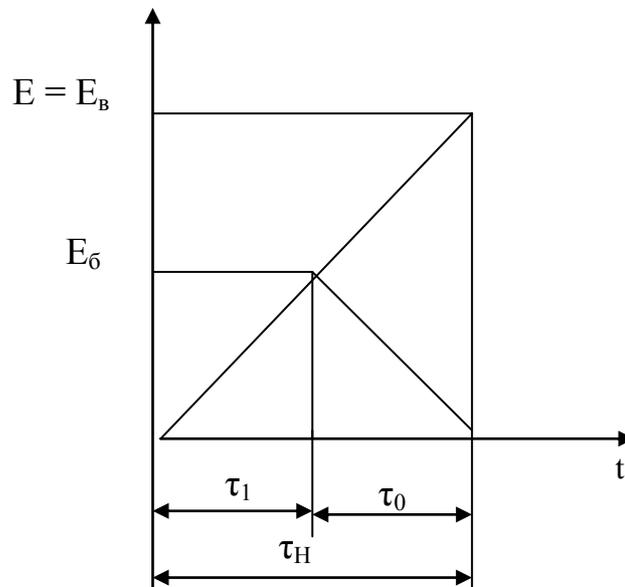


Рисунок 23 – Схема для определения времени чистого наполнения τ_1

$$\tau_H = \frac{E_B}{Q_{PЭ}} \cdot 60 = \frac{63}{98,44} \cdot 60 = 38,39 \approx 38 \text{ мин}$$

Время наполнения бункера равно времени опорожнения вагона.

3. Определяем емкость приемных бункеров. Для этого определим время чистого наполнения τ_1 (рисунок 23).

$$\tau_1 = \tau_H - \tau_0 = 38 - 29 = 9 \text{ мин}$$

В течение τ_1 в бункер подано зерна:

$$E_\delta = \frac{\tau_1 \cdot Q_H}{60} = \frac{9 \cdot 98,44}{60} = 14,76$$

Расчет можно также вести по формуле:

$$E = \frac{Q_O}{Q_O - Q_H} E_\delta$$

где $E = E_B$, отсюда:

$$E_\delta = \frac{Q_O}{Q_O - Q_H} E = \frac{63(131 - 98,44)}{131} = 15,66 \text{ т}$$

Емкость бункеров должна быть не менее 16 т.

4. Разгрузка вагонов - зерновозов производится через нижние люки вагона. Производительность разгрузки, т.е. наполнения бункера Q_H равна 250 т/ч. Производительность опорожнения бункера равна производительности потока, т.е. $Q_\Phi = 131$ т/ч. Следовательно, в данном случае необходимо для более рациональной работы емкости использовать случай, когда наполнение и опорожнение начинаются одновременно (рисунок 24).

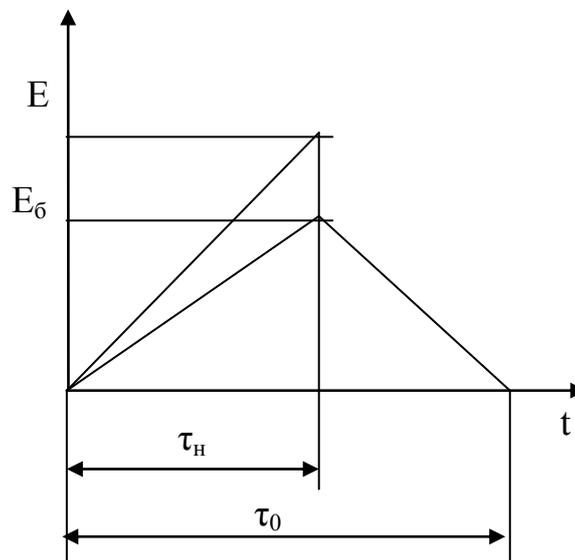


Рисунок 24 - Работа емкости, когда наполнение и опорожнение начинаются одновременно

5. Определим время наполнения бункера:

$$\tau_n = \frac{E_B}{Q_n} \cdot 60 = \frac{63}{250} \cdot 60 = 15 \text{ мин}$$

время опорожнения:

$$\tau_o = \frac{E_B}{Q_o} \cdot 60 = \frac{63}{131} \cdot 60 \approx 29 \text{ мин}$$

6. Определим необходимую емкость бункеров для разгрузки вагонов - зерновозов по формуле:

$$E = \frac{Q_n}{Q_n - Q_o} E_\delta, \text{ т} \quad (40)$$

где $E - E_B$ - величина партии, прошедшей через бункер за цикл его использования

Из формулы 40:

$$E_\delta = \frac{E_B(Q_n - Q_o)}{Q_n} = \frac{63(250 - 131)}{250} \approx 30 \text{ т}$$

Емкость бункеров должна быть не менее 30 т.

2.3 Прием с водного транспорта

Принимаем, что прибывает одно судно грузоподъемностью $E_c = 1000$ т.

Две пневматические установки имеют производительность $Q_{пр} = 50$ т/ч каждая.

Накопительная емкость для приема с водного транспорта - бункер, $E_\delta = 100$ т.

1. Фактическая производительность оборудования на приеме с водного транспорта составит: $Q_\phi = 175 \cdot 0,8 = 140$ т/ч.

Разгрузка судов ведется в 3 этапа (таблица 3).

Таблица 3 – Этапы разгрузки судов

Этапы	Количества зерна в долях от емкости судна, принимаемое на этапе, α_i	Коэффициент использования приемной установки по произ-ти на этапе K_i
1	0,65	1,0
2	0,25	0,7
3	0,10	0,3

2. Определяем продолжительность каждого этапа разгрузки по формуле:

$$T_i = \frac{\alpha_i \cdot E_c}{n \cdot Q_{пр} \cdot K_i}, \text{ ч} \quad (41)$$

где n - количество приемных установок, шт

$$T_1 = \frac{0,65 \cdot 1000}{2 \cdot 50 \cdot 1,0} = 6,5 \text{ ч}$$

$$T_2 = \frac{0,25 \cdot 100}{2 \cdot 50 \cdot 0,7} = 3,6 \text{ ч}$$

$$T_3 = \frac{0,10 \cdot 100}{2 \cdot 50 \cdot 0,3} = 3,3 \text{ ч}$$

3. Производительность наполнения накопительных бункеров меньше производительности опорожнения (рисунок 23). Рассчитываем величину партии зерна, прошедшего через бункер за один цикл его использования на различных этапах по формуле 40

$$E_1 = \frac{140}{140 - 100} \cdot 100 = 350 \text{ т}$$

$$E_2 = \frac{140}{140 - 70} \cdot 100 = 200 \text{ т}$$

$$E_3 = \frac{140}{140 - 30} \cdot 100 = 127 \text{ т}$$

4. Определяем время наполнения τ_n и опорожнения τ_o приемного бункера на каждом этапе по формулам:

$$\tau_{ni} = \frac{E_i}{n \cdot Q_{np} \cdot K_i}, \text{ ч} \quad (42)$$

$$\tau_{oi} = \frac{E_i}{Q_o}, \text{ ч} \quad (43)$$

$$\tau_{H1} = \frac{350}{2 \cdot 50 \cdot 1} = 3,5 \text{ ч}$$

$$\tau_{O1} = \frac{350}{140} = 2,5 \text{ ч}$$

$$\tau_{H2} = \frac{200}{2 \cdot 50 \cdot 0,7} = 2,85 \text{ ч}$$

$$\tau_{O2} = \frac{200}{140} = 1,43 \text{ ч}$$

$$\tau_{H3} = \frac{127}{2 \cdot 50 \cdot 0,3} = 4,23 \text{ ч}$$

$$\tau_{O3} = \frac{137}{140} = 0,91 \text{ ч}$$

2.4 Очистка и сушка зерна

Надсепараторные бункера наполняются с фактической производительностью норий:

$$Q_{нф} = 175 \cdot 0,85 = 148,75 \approx 150 \text{ т/ч}$$

Опорожняются с фактической производительностью сепараторов:

$$Q_{оф} = 100 \cdot 0,6 = 60 \text{ т/ч}$$

Рассчитываем величину партии зерна, прошедшей через бункер за цикл его использования по формуле 40:

$$E = \frac{150}{150 - 60} \cdot 100 = 166,66 \approx 167 \text{ т}$$

Определим время наполнения и опорожнения надсепараторного бункера

$$\tau_n = \frac{167}{150} \cdot 60 = 66,8 \approx 67 \text{ мин}$$

$$\tau_o = \frac{167}{60} \cdot 60 = 167 \text{ мин}$$

Подсепараторные бункера, наоборот, наполняются с производительностью сепаратора, а опорожняются с производительностью норий. При этом величину партий, прошедшей через бункер, определяют по формуле 40:

$$E = \frac{150}{150 - 60} \cdot 100 = 166,66 \approx 167 \text{ т}$$

Время наполнения бункера

$$\tau_n = \frac{167}{60} \cdot 60 = 167 \text{ мин}$$

Время опорожнения

$$\tau_o = \frac{167}{150} \cdot 60 = 66,8 \approx 67 \text{ мин}$$

Опорожнение надсушильного бункера идет с производительностью зерносушилки, время опорожнения бункера:

$$\tau_o = \frac{E_{\delta}}{Q_o} = \frac{400}{50} = 8 \text{ ч (480 мин)}$$

В смену зерно должно подаваться в надсушильный бункер 1 - 2 раза, с таким расчетом, чтобы к концу смены он оказался наполненным (желательно полностью).

Подсушильный бункер наполняется в течение смены и к концу смены должен быть опорожнен. Частичное или полное опорожнение можно осуществлять и во время смены, когда норрии не заняты другими операциями. Время наполнения бункера:

$$\tau_n = \frac{E_{\delta}}{Q_n} \cdot 60 = \frac{400}{50} \cdot 60 = 480 \text{ мин} = 8 \text{ ч}$$

Время опорожнения бункера:

$$\tau_o = \frac{E_{\delta}}{Q_o} \cdot 60 = \frac{400}{150} \cdot 60 = 160 \text{ мин} = 2 \text{ ч } 40 \text{ мин}$$

2.5 Отпуск зерна

При отпуске зерна на железную дорогу, водный транспорт или предприятие предварительно наполняются отпускные бункера, а затем работают отпускные механизмы. Возможно также совместная работа, т.е. одновременное наполнение и опорожнение отпускных бункеров. При этом целесообразно использовать наиболее экономичную работу емкостей.

2.6 Построение графика

Построение графика начинается с нанесения внешней работы по приему зерна с автомобильного, железнодорожного и водного транспорта.

2.6.1 Автомобильный транспорт

2.6.1.1 Приемные бункера

Предположим, что в 8 часов первый бункер начинает наполняться, он наполняется 87 мин до 9 ч 27 мин. В 9 ч 11 мин в бункер будет подано 30 т, т.е. он наполнится и необходимо начать его опорожнение. За один цикл использования бункера через него пройдет 36,6 т. зерна. В 9 ч 27 мин начнется второй цикл использования первого бункера, который закончится через 87 мин. в 10 ч 54 мин. В дальнейшем использование первого бункера будет повторяться до конца смены.

Цикл использования второго бункера сдвинут по отношению к первому на время опорожнения, т.е. на 16 мин. Первое опорожнение 2 - го бункера начнется в 8 ч 00 мин и закончится в 8 ч 16 мин.

Опорожнение третьего бункера начнется в 8 ч 16 мин, закончится в 8 ч 32 мин и т.д.

Период использования $T_{пр}$ приемного устройства с автотранспорта

$$T_{пр} = T \cdot n_{\delta} = 16 \cdot 8 = 128 \text{ мин}$$

Принимаем, что в бункера № 1 и № 2 поступает зерно «первого» качества, в бункера № 3 и № 4 «второго» качества, в бункера № № 5,6,7,8 – «третьего» качества (все эти партии зерна не подлежат смешиванию).

2.6.1.2 Накопительные емкости с автотранспорта

Предположим, что накопительная емкость 1 к началу смены была не заполнена. В 8 ч 00 мин в нее начинает поступать зерно «первого» качества из приемных бункеров 1 и 2. За первые 16 мин. в емкость подано 36,6 т из приемного бункера 2. Затем, начиная с 9 ч 11 мин и до 9 ч 43 мин поступает 73,2 т и с 10 ч 38 мин до 11 ч 10 мин следующие 73,2 т зерна данного качества. К 11 ч 10 мин в емкость 1 подано 183 т зерна. В 12 ч 05 мин в емкость снова начинают подавать зерно из приемного бункера 1. Одновременно с этим необходимо начать опорожнение емкости 1, так как иначе она может переполниться.

Накопительные емкости опорожняются на нории, зерно идет в надсепараторные бункера для первичной очистки.

Итак, в 12 ч 05 мин нория 1 начинает перемещать зерно в надсепараторные бункера 1 и 2 находящиеся над сепаратором № 1.

За 32 мин в накопительную емкость 1 будет подано еще 73,2 т с производительностью 140 т/ч будет выпущено из нее на норию с $Q_{нф} = 150$ т/ч:

$$q = \frac{Q_{н}}{60} \tau = \frac{150}{60} \cdot 32 = 80 \text{ т}$$

Следовательно, к 12 ч 37 мин в емкости 1 будет находиться зерна: $183 + 73,2 - 80 = 176,2$.

Затем до 13 ч 32 мин (т.е. 55 мин) будет идти только опорожнение емкости 1 с производительностью нории $Q_{нф} = 150$ т/ч, и в емкости останется зерна $176,2 - 150/60 \cdot 55 = 38,7$ т.

В 13 ч 32 мин в накопительную емкость 1 вновь подается зерно из приемных бункеров 1 и 2.

При этом 16 минут идет совместная работа емкости, т.е. наполнение и опорожнение, а затем в течение следующих минут только наполнение, которое

заканчивается в 14 ч 04 мин. Затем в 15 ч 00 мин в накопительную емкость 1 вновь подается 73,2 т зерна и одновременно с этим идет отпуск его на норию 1 до 15 ч 32 мин. С 15 ч 32 мин до конца смены емкость 1 опорожняется.

Принимаем, что накопительная емкость 2 к началу смены не заполнена. В 18 ч 10 мин в нее поступает зерно «второго» качества из приемных бункеров № 3 и № 4. К 8 ч 48 мин в накопительную емкость будет подано 73,2 т зерна. Следующее поступление зерна в емкость 2 начнется в 9 ч 43 мин и продлится до 10 ч 15 мин. В 11 ч 10 мин вновь зерно поступает в накопительную емкость 2, но для того, чтобы ее не переполнить в 11 ч 26 мин необходимо совместно с наполнением емкости начать ее опорожнение на норию 2. Совместная работа будет продолжаться 16 мин до 11 ч 42 мин, а затем накопительная емкость 2 будет только опорожняться до 12 ч 37 мин. В 12 ч 37 мин в емкость начинает поступать следующая партия зерна «второго» качества - 73,2 т - из 2 - х приемных бункеров.

Одновременно с этим продолжается отпуск зерна на норию 2. Совместная работа емкости будет продолжаться до 13 ч 09 мин, т.е. 32 мин. Рассчитаем, сколько зерна будет в емкости к этому времени: всего в емкость подано $73,2 \cdot 4 = 292,8$ т.

Начиная с 11 ч 26 мин началось опорожнение емкостей норией 2, до 13 ч 09 мин нория переместила

$$q = \frac{Q_{\text{нф}} \cdot \tau}{60} = \frac{150 \cdot 103}{60} = 257,5 \text{ т}$$

Следовательно, к 13 ч 09 мин в накопительной емкости остается $292,8 - 257,5 = 35,3$ т.

В дальнейшем будет идти только опорожнение накопительной емкости 2 от тех пор, пока надсепараторный бункер 4 не будет наполнен, т.е. до 13 ч 13 мин. К этому времени в емкости остается 25,8 т зерна. С 14 ч 04 мин в нее дает-

ся еще 73,2 т зерна «второго» качества - до 14 ч 36 мин. В 15 ч 06 мин накопительная емкость 2 начинает опорожняться, причем, до 15 ч 33 мин идет «чистое опорожнение», а с 15 ч 33 мин идет совместная работа, которая продолжается до конца смены.

В накопительных емкостях 3 и 4 к 8 ч 00 мин было по 50 т зерна «третьего» качества.

В 8 ч первая партия зерна «третьего» качества подается из приемных бункеров 7 и 8 в накопительную емкость 3 в течение 25 мин, при этом будет подано 58,3 т зерна. Одновременно с наполнением идет опорожнение емкости 3 в надсепараторных бункер в течение 40 мин. Рассчитаем, сколько зерна останется в накопительной емкости к 8 ч 40 мин:

$$50 + 58,3 - 150/60 \cdot 40 = 8,3 \text{ т}$$

В дальнейшем наполнение накопительных емкостей 3 и 4 и их опорожнение в надсепараторные бункера происходит как показано на графике.

Основные нории работают, перемещая зерно из накопительных емкостей в надсепараторные бункера, в следующие отрезки времени:

- нория 1 с 8 ч 00 мин до 8 ч 40 мин, с 9 ч 52 мин до 10 ч 32 мин, с 12 ч 55 мин до 13 ч 48 мин, с 14 ч 13 мин до 14 ч 53 мин, с 14 ч 59 мин до 16 ч 00 мин;

- нория 2 с 11 ч 26 мин до 13 ч 13 мин, с 15 ч 00 мин до 16 ч 00 мин;

- нория 3 с 11 ч 20 мин до 12 ч 00 мин, с 13 ч 00 мин до 13 ч 40 мин, с 14 ч 36 мин до 15 ч 36 мин.

2.6.2 Железнодорожный транспорт

Разгрузка вагонов начинается в 8 ч 00 мин. Предположим, что в бункера 1 и 2 разгружаются обычные вагоны, а в бункера 3 и 4 - вагоны - зерновозы.

В 8 ч 38 мин закончится наполнение бункера 1, опорожнение также заканчивается в 8 ч 38 мин. Бункер 2 к этому времени будет наполнен и в 8 ч 38 мин его можно начать опорожнять. После наполнения бункера 2, т.е. после опорожнения второго вагона, осуществляют маневр.

Следующий цикл использования бункера 1 начинаем с таким расчетом, чтобы его опорожнение можно было начать после того, как опорожнится бункер 2, т.е. в 8 ч 58 мин.

Второй бункер начнет наполняться сразу же после его первого опорожнения, т.е. в 9 ч 07 мин.

Транспортер № 3 (приемный с железной дороги) начинает работать в 8 ч 09 мин и работает без перерыва до 11 ч 03 мин, перемещая партию зерна из 6 вагонов - $63 \cdot 6 = 378$ т. С транспортера 3 зерно поступает на норию 6, и затем на надсилосный транспортер 12 для закладки в силоса.

Из бункеров 3 и 4 зерно поступает на приемный транспортер 4, далее на норию 5, надсилосный транспортер 2 и подается в силоса.

2.6.3 Водный транспорт

Две пневматические установки начинают работать в 8 ч 00 мин и 6,5 ч работают с полной производительностью. В 14 ч 30 мин их производительность уменьшается, что показываем на графике, уменьшая высоту прямоугольника. Приемный транспортер № 5 работает аналогично.

Приемный бункер с водного транспортера начинает наполняться в 8 ч 00 мин и к 9 ч 00 мин заполнен. Далее идет совместная работа, т.е. наполнение и

опорожнение одновременно. К 11 ч 30 мин бункер опорожнится. За это время через него пройдет партия зерна массой 350 т.

Второй цикл использования бункера начнется в 11 ч 30 мин и до 14 ч 30 мин развивается аналогично первому. В 14 ч 30 мин производительность наполнения бункера падает до 70 т/ч, (начинается второй этап разгрузки судна), а производительность опорожнения остается прежней 140 т/ч.

Необходимо рассчитать, когда закончится второй цикл использования бункера.

За 3 ч работы пневмоустановок (с 11 ч 30 мин до 14 ч 30 мин) в бункер подано 300 т зерна. Опорожнение бункера к этому времени (14 ч 30 мин) продолжалась 2 часа, из бункера вытекло $140 \cdot 2 = 280$ т, следовательно, остаток составит $300 - 280 = 20$ т зерна.

Итоговая производительность опорожнения, равна $Q_n - Q_o$ после 14 ч 30 мин составит 70 т/ч. Время опорожнения бункера после 14 ч 30 мин составит: $(20/70) \cdot 60 = 17$ мин (0,28 ч). Продолжительность второго цикла равняется 3 ч 17 мин., в течение которых через бункер пройдет $100 \cdot 3 + 70 \cdot 0,28 = 320$ т зерна.

С 14 ч 17 мин бункер будет только наполняться с производительностью 70 т/ч до конца смены. Нория 4 и надсилосный транспортер № 10 перемещают зерно в силосы в два периода: с 9 ч 00 мин до 11 ч 30 мин и с 12 ч 30 мин до 14 ч 47 мин.

2.6.4 Очистка зерна

Предположим, что все зерно, принимаемое с автотранспорта, очищается. Надсепараторные бункера 1 и 2 работают в паре с подсепараторными 7 и 8, обслуживающая сепаратор № 1. Бункер 3, 4 и 9, 10 работают со вторым сепаратором и т.д.

К 8 часам надсепараторные бункера 1, 2, 3, 4 и 5 были наполнены; бункер 6 начинает наполняться в 8 ч и к 8 ч 40 мин в него подано 100 т зерна. Все

сепараторы начинают работать в 8 часов, прием на сепаратор № 1 очищается зерно «первого» качества, на сепаратор № 2 – «второго» качества, на сепараторе № 3 – «третьего» качества. К 11 ч 20 мин очищено по 200 т зерна на каждом сепараторе.

С 9 ч 52 мин до 10 ч 32 мин в надсепараторный бункер 5 подано 100 т зерна. Опорожнение 5 бункера возможно начать только в 11 ч 20 мин, к этому времени освободится бункер 6. В 11 ч 20 мин вновь начнет наполняться бункер 6, а его опорожнение возможно начать только в 13 ч после опорожнения бункера 5.

В 11 ч 26 мин начинается второй цикл использования бункера 3, одновременно с этим целесообразно начать его опорожнение, так как сепаратор № 2 к этому времени уже 6 мин не загружен. Совместная работа бункера 3 будет продолжаться до его наполнения с 11 ч 26 мин до 12 ч 33 мин. С 12 ч 33 мин до 14 ч 13 мин, в течение 100 мин идет опорожнение бункера.

Сепаратор № 1 по очистке зерна «первого» качества работает с 8 ч до 11 ч 20 мин и с 12 ч 05 мин до 16 ч. Сепаратор № 2 по очистке зерна «второго» качества работает с 8 ч до 11 ч 20 мин и с 11 ч 26 мин до 16 ч. Сепаратор № 3 по очистке зерна «третьего» качества работает с 8 ч до 16 ч.

Работу подсепараторных бункеров рассмотрим на примере бункера 7.

Наполнение бункера начинается с 8 ч. За 100 мин работы сепаратора № 1 с производительностью 60 т/ч бункер наполнится. Следовательно, в 9 ч 40 мин следует начать опорожнение бункера, продолжая его наполнение. Совместная работа будет продолжаться с 9 ч 40 мин до 10 ч 47 мин, пока бункер не будет опорожнен. За это время через бункер пройдет 167 т зерна. С 10 ч 47 мин до 11 ч 20 мин в бункер 7 будет подано еще 33 т зерна. Следующая подача зерна в бункер 7 начнется вместе с началом работы сепаратора № 1 в 12 ч 05 мин. Для наполнения бункера в него надо подать еще $100 - 33 = 67$ т зерна. Такое количество будет подано за $(67/60) \cdot 60 = 67$ мин. Наполнение бункера закончится к 13 ч 12 мин (12 ч 05 мин + 1 ч 07 мин). Однако опорожнение бункера возмож-

но только с 13 ч 13 мин, так как все нории заняты. Опорожнение бункера продолжается $100/150 \cdot 60 = 40$ мин и заканчивается в 13 ч 53 мин.

В 13 ч 12 мин зерно с сепаратора № 1 перебрасывается на наполнение бункера 8.

Подсепараторный бункер 7 с 13 ч 53 мин до 16 ч остается не заполненным. Из подсепараторных бункеров зерна «первого» и «второго» качества поступает на нории и надсилосные транспортеры для закладки в силосы.

2.6.5 Сушка зерна

Зерно «третьего» качества после очистки направляется на сушку. В 8 ч в надсушильном бункере было 200 т зерна. Этого количества зерна достаточно для 4 часов работы зерносушилки. Однако не следует полностью опорожнять надсушильный бункер. Для этого необходимо 2 - 3 раза в смену осуществлять подачу зерна в надсушильную емкость.

Первую подачу зерна в над сушильный бункер осуществим с 9 ч 40 мин до 10 ч 47 мин, подав 167 т зерна. К началу подачи в бункере осталось:

$$200 - \frac{50 \cdot 100}{60} = 117 \text{ т}$$

Затем в течение 67 мин в бункер подано еще 167 т и отпущено на зерносушилку $50/60 \cdot 67 = 56$ т зерна. Следовательно, к 10 ч 47 мин в надсушильном бункере осталось $117 + 167 - 56 = 228$ т зерна.

Следующая подача зерна в надсушильный бункер начинается в 12 ч 07 мин. К этому времени в бункере останется $228 - (50/60) \cdot 80 = 161,3$ т зерна. До 13 ч в бункер будет подано 133 т зерна и какое-то количество уйдет на сушилку. К 13 ч в бункере будет $161,3 + 133 - (50/60) \cdot 53 = 250$ т зерна.

Третья подача зерна в надсушильный бункер начинается в 14 ч 40 мин. К этому моменту в бункере было $250 - (50/60) \cdot 100 = 167$ т зерна. С 14 ч 40 мин до 15 ч 47 мин в бункере будет подано еще 167 т зерна и к 15 ч 47 мин в нем будет: $167 + 167 - (50/60) \cdot 67 = 278$ т зерна.

К концу смены, за 13 мин, из бункера на зерносушилку будет подано $(50/60) \cdot 13 + 10,82 \approx 11$ т зерна, в бункере останется $278 - 11 = 267$ т зерна.

Подсушильный бункер наполняется в течение смены с производительностью равной производительности зерносушилki. С 8 ч до 16 ч в него будет подано $50 \cdot 8 = 400$ т зерна. Опорожнение бункера с производительностью норий следует начать в такой момент времени, чтобы к концу смены бункер был пуст.

Время опорожнения бункера составит $(400/150) \cdot 60 = 2,67$ часа 160 мин.

Следовательно, опорожнение бункера следует начать в 13 ч 20 мин.

2.6.6 Отпуск зерна

Отпуск зерна осуществляется в следующей последовательности: наполняются отпускные бункера, для чего работают транспортеры (подсилосные) и нории. Затем отпускные бункера опорожняются. По времени эти операции могут совпадать или нет.

Подсилосный транспортер № 7 и нория 2 перемещают 250 т зерна для отпуска на мельницу с 8 ч до 9 ч 42 мин, наполняя бункер 15. Подача зерна на мельницу осуществляется транспортером 13. При совместной работе емкости ее опорожнение будет продолжаться $\tau_0 = 250/85 \cdot 60 = 176$ мин. Отпускной транспортер 13 работает с 8 ч до 10 ч 56 мин.

2.7 Анализ графика оперативного расчета работы элеватора

Из графика видно справляется ли элеватор с максимальным суточным объемом работы, заложенным в расчет основного технологического и транспортного оборудования.

Для оценки эффективности использования оборудования необходимо рассчитать коэффициенты K_t и K_Q .

Коэффициент экстенсивности K_t рассчитываем по формуле:

$$K_t = \sum_{i=1}^n \frac{T_i}{n \cdot \Theta} \quad (44)$$

где T_i - фактическое время работы нории в смену (сутки), ч;

Θ - максимально возможное время работы нории в смену (сутки), ч;

n - количество норий, шт.

Коэффициент интегрального использования K_Q рассчитываем по формуле:

$$K_Q = \sum_{i=1}^n \frac{E_{\phi}}{n \cdot \Theta \cdot Q_H} \quad (45)$$

где E_{ϕ} - фактическое количество зерна, перемещенное норией в смену (сутки), т;

Q_H - паспортная производительность нории, т/ч.

Формулу 45 удобно представить для расчета в следующем виде:

$$K_Q = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^N Q_H \cdot K_{ij} \cdot \tau_j}{n \cdot Q_H \cdot \Theta} \quad (46)$$

где Q_H - паспортная производительность нории, т/ч;

K_{ij} - коэффициент интенсивного использования нории в данной операции, ч;

$N - j$ - число различных операций работы нории в смену (сутки);

$n - i$ - число норий элеватора, шт;

τ - время работы нории на данной операции, ч.

3 Объемно - планировочные решения

3.1 Определение габаритных размеров рабочего здания элеватора

Размещение основного оборудования и определение размеров рабочей башни в плане.

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

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

При компоновке оборудования большое внимание должно быть уделено компактности рабочих башен, степени использования производственной площадки. Оборудование должно размещаться с учетом обеспечения удобства об-

служивания, соблюдения норм проходов в соответствии с правилами охраны труда и техники безопасности.

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

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

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

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

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

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

Размеры рабочего здания в плане выбираются кратными 3 м.

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

Рассмотрим различные варианты расположения оборудования в плане.

На рисунке 25 изображены варианты расположения норий и весов.

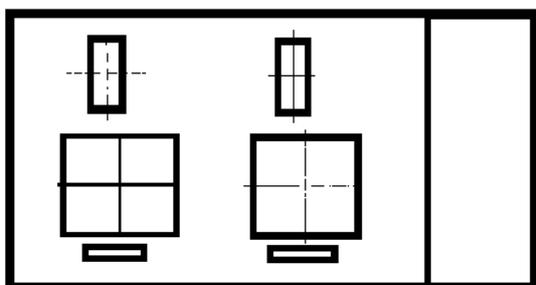
В вариантах I и II заполнение надвесовых бункеров более удобно по сравнению с вариантами III и IV, но ширина здания увеличивается.

В вариантах III и IV заполнения навесовых бункеров осуществляется самотеком, расположенным под углом 90° к направлению потока зерна, что увеличивает высоту этажа.

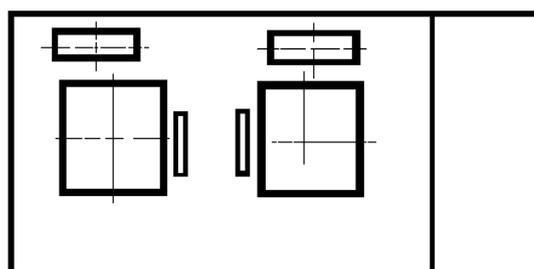
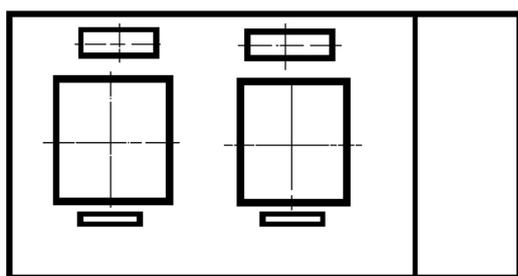
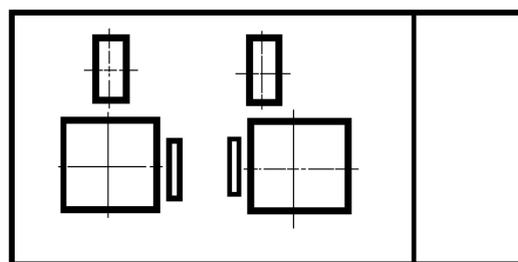
Двое весов могут быть расположены шкалами по фронту (варианты I и III), в этом случае совершение рабочего места, и шкалам друг к другу (вариант II и IV), при этом несколько удобнее обслуживание весов. Расположение трех и более комплектов весов удобные шкалами по фронту.

На рисунке 26 приведены различные варианты расположения норий и сепараторов.

Вариант I



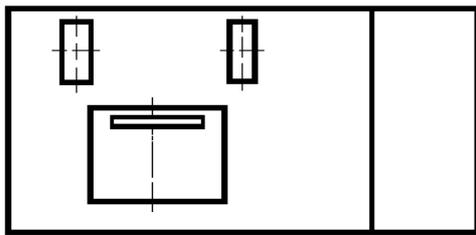
Вариант II



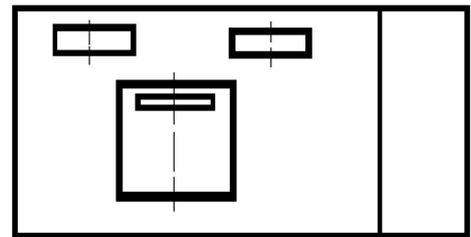
Вариант III

Вариант IV

Рисунок 25 - Варианты расположения норий и весов



Вариант I



Вариант II

Рисунок 26 - Варианты расположения норий и сепараторов

При расположении оборудования по варианту I увеличивается ширина рабочей башни.

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

3.2 Определение высот этажей рабочего здания и силосного корпуса

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

Согласно требованиям по технике безопасности, высота производственных помещений предприятий от пола до потолка должна быть не менее 3,2 м; высота помещения до выступающих конструктивных элементов перекрытия - не менее 2,6 м; минимальная высота прохода (транспортные галереи, тоннели элеваторов) - 1,8 м.

Высота этажа головок норий (рисунок 27) складывается из следующих элементов:

h_1 - высота проекции самотека на вертикальную плоскость;

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

h_4 - высота монтажная (0,7 м);

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

Высота этажа надвесовых бункеров определяется по формуле:

$$H = \frac{E_6}{F \cdot \varphi \cdot \gamma}, \text{ м} \quad (47)$$

где E_6 - емкость над весового бункера, т;

F - площадь бункера, м^2 ;

φ - коэффициент использования объема бункера;

γ - объемная масса зерна, $\text{т}/\text{м}^3$.

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

Высота весового этажа в случае установки ковшовых весов (рисунок 28) складывается из:

h_1 - высоты весов;

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

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

При установке автоматических весов (рисунок 29) высота этажа складывается из:

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

h_2 - высоты весов;

h_3 - высоты конусной части надвесового бункера.

Высота этажа поворотных труб (рисунок 30) включает:

h_1 - высоту поворотной трубы с патрубками;

h_2 - высоту конусной части под весового бункера;

h_3 - высоту цилиндрической части под весового бункера.

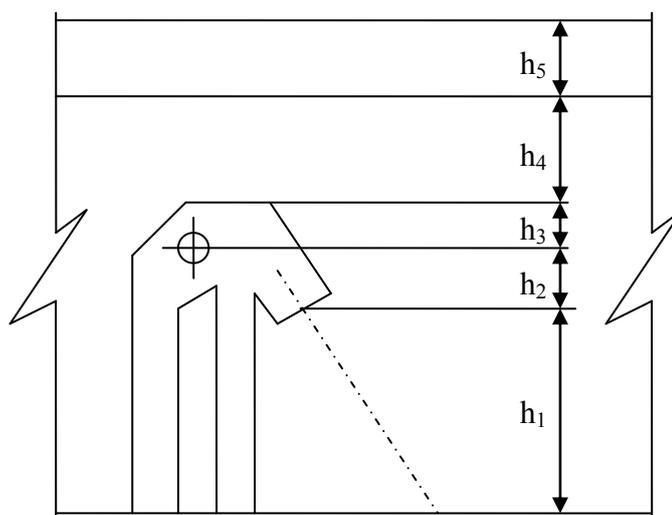


Рисунок 27 - Этаж головок норий

Высота распределительного этажа (рисунок 31) складывается из:

h_1 - высоты над силосного транспортера;

h_2 - высоты насыпного лотка;

h_3, h_5 - высот, необходимых для установки секторов;

h_4 - высоты проекции диктующего самотека на вертикальную плоскость.

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

Высота сепараторного этажа (рисунок 32) включает:

h_1 - высоту расположения приемного отверстия сепараторов;

h_2 - высоту приемной коробки;

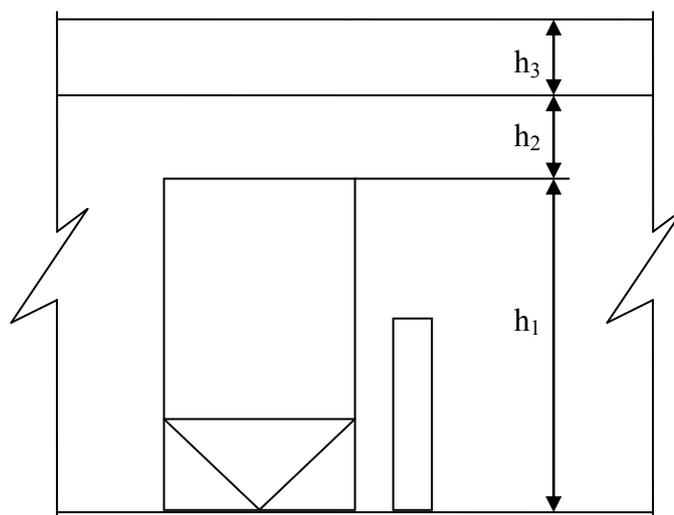


Рисунок 28 - Весовой этаж (весы ковшовые)

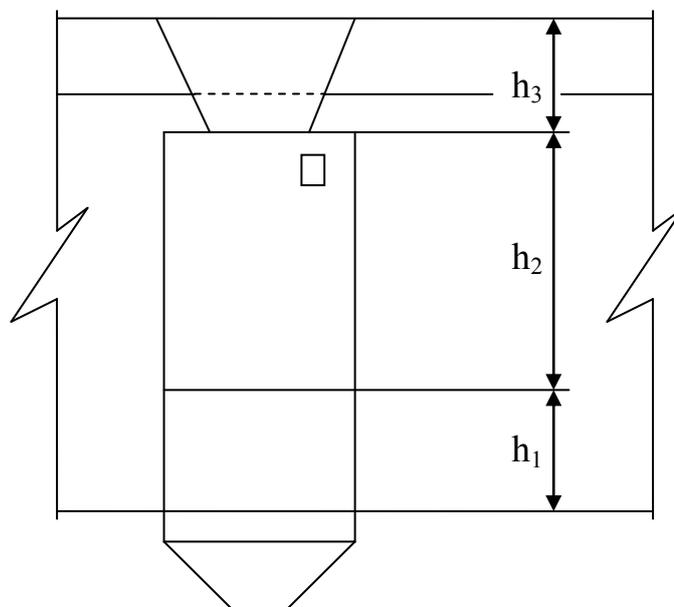


Рисунок 29 - Весовой этаж (весы автоматические)

h_3, h_5 - высоты, необходимые для установки секторов;

h_4 - высоту проекции диктующего самотека на вертикальную плоскость (диктующим является самотек на сепаратор из наиболее отдаленного отверстия над сепараторного бункера);

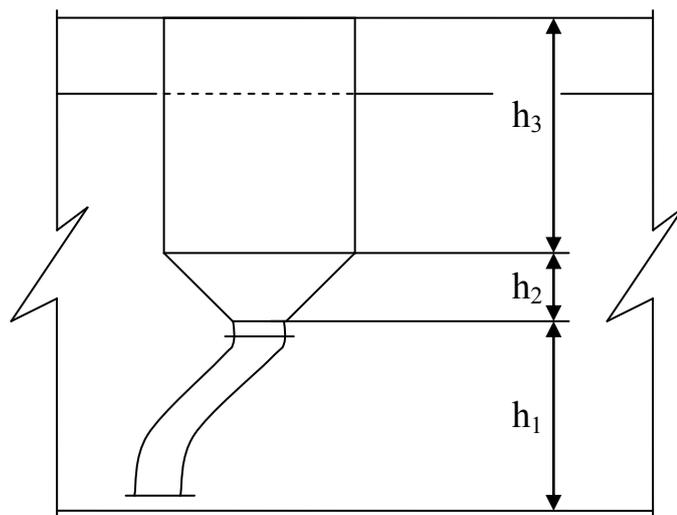


Рисунок 30 - Этаж поворотных труб

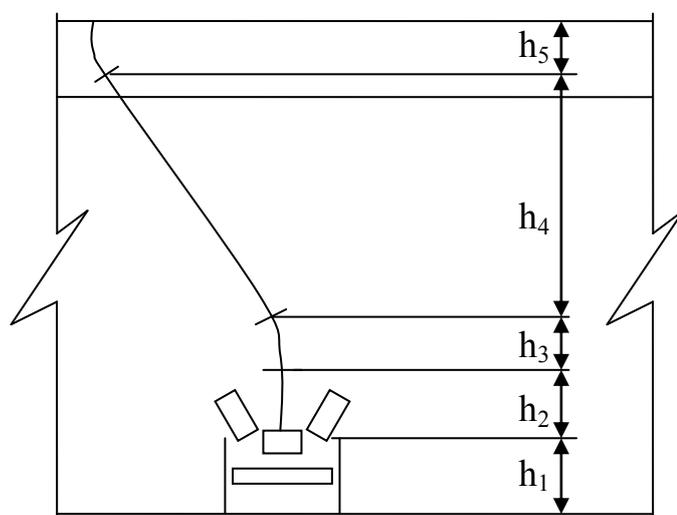


Рисунок 31 - Распределительный этаж

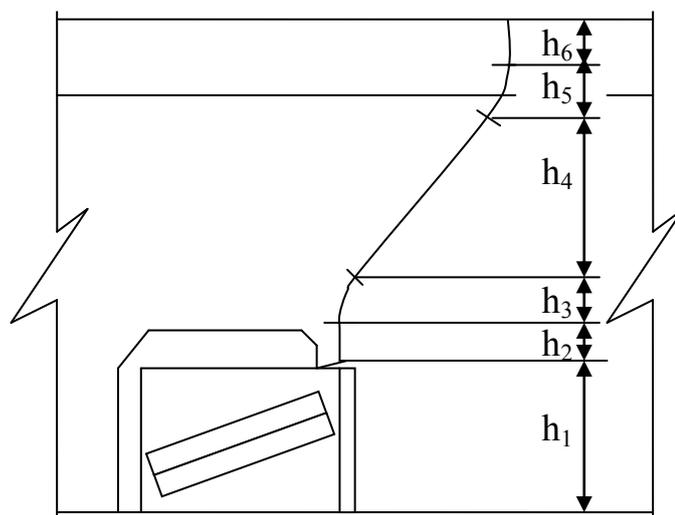


Рисунок 32 - Сепараторный этаж

h_6 - высоту, необходимую для установки патрубка под бункером.

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

После определения высоты этих этажей уточняется емкость бункеров рабочей башни.

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

высоты этого этажа иногда целесообразно подачу отходов на контрольные сепараторы осуществлять при помощи шнеков.

Высота этажа башмаков норий (рисунок 33) складывается из:

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

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

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

h_4, h_6 - высот, необходимых для установки секторов;

h_5 - высоты проекции диктующего самотека на вертикальную плоскость;

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

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

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

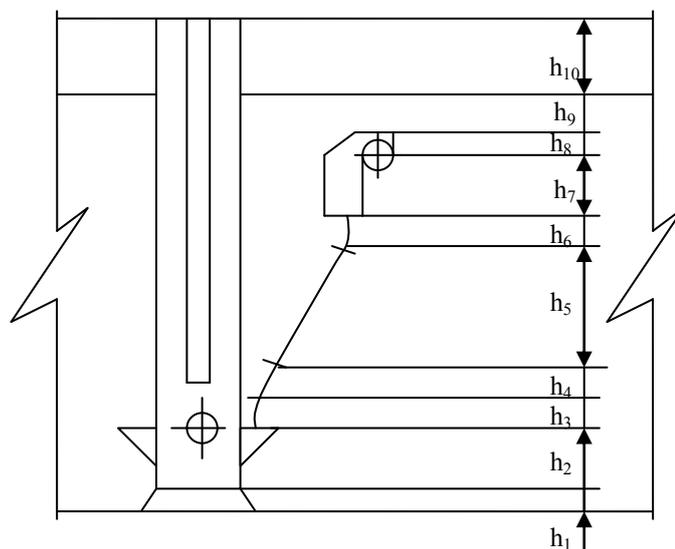


Рисунок 33 - Этаж башмаков норий

Высота под силосного этажа (рисунок 34) складывается из:

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

h_2 - высоты, необходимой для установки насыпного лотка;

h_3, h_5 - высот, необходимых для установки секторов;

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

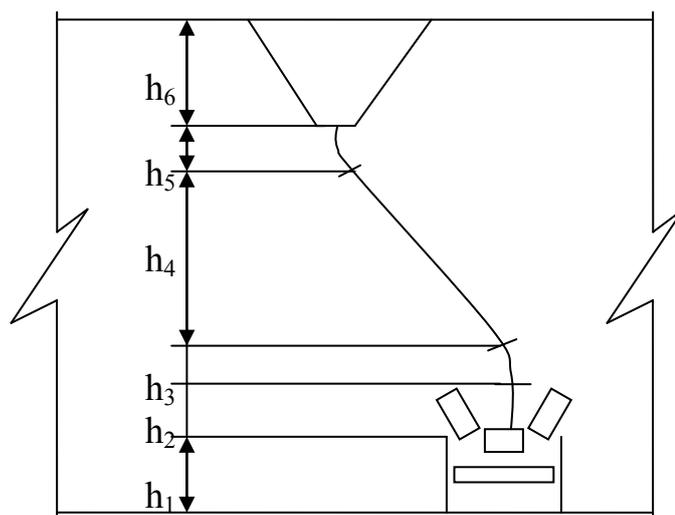


Рисунок 34 - Подсилосный этаж

h_6 - высоты подвесной воронки силоса.

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

3.3 Расчет емкости силосов и бункеров и определение габаритных размеров силосных корпусов

Емкость силосов круглой формы при впуске и выпуске зерна по центральной оси (рисунок 35) определяют по следующей формуле:

$$V_c = (V_1 + V_2 + V_3), \text{ м}^3 \quad (48)$$

где V_c - общий объем зерновой массы в силосе;

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

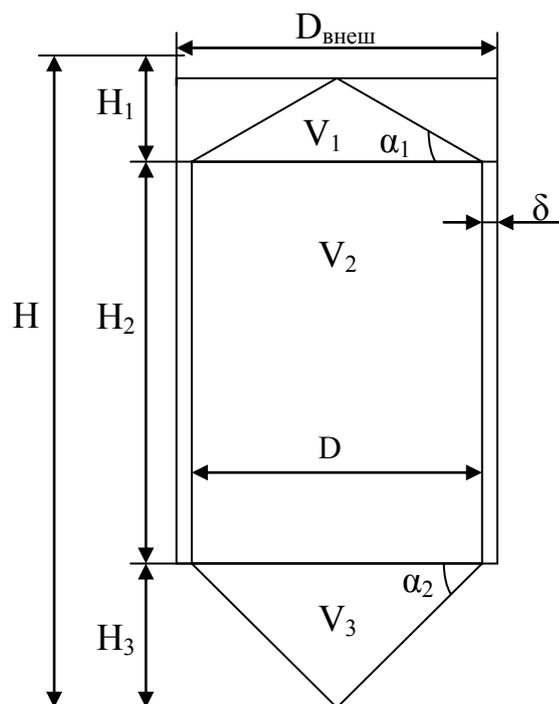
$$H_1 = \frac{D}{2} \text{tg } \alpha_1$$

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

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

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

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



α_1 - угол естественного откоса зерна ($\alpha_1 = 26^\circ$); $\alpha_2 = 36^\circ$ (для сухого зерна); $\alpha_2 = 45^\circ$ (для сырого зерна); H - высота силоса; D - внутренний диаметр силоса; $D = D_{\text{внеш}} - 2\delta$ м; δ - толщина стены силоса (для силосов из монолитного железобетона $\delta = 0,15$ м (150 мм) для сборных железобетонных силосов $\delta = 0,08$ м (80 мм)).

Рисунок 35 - Расположение зерна в круглом силосе

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

$$P_c = \gamma \cdot V_c, \text{ Т} \quad (49)$$

где γ - объемная масса зерна (для пшеницы $\gamma = 0,75$ т/м³).

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

$$P_{зв} = 0,25\gamma D^2(1/3H_1 + H_2 + 1/3H_3), \text{ т} \quad (50)$$

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

$$P_{кв} = \gamma B^2(1/3H_1 + H_2 + 1/3H_3), \text{ т} \quad (51)$$

где B - внутренний размер стороны силоса, м

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

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

Емкость бункера со сторонами A и B приближенно определяется по формуле:

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

где φ - коэффициент использования объема бункера;

$F = A \cdot B$ - площадь бункера, м^2 ;

H - высота бункера, м;

γ - объемная масса зерна, $\text{т}/\text{м}^3$.

Определение необходимой емкости элеватора и емкость одного силоса, приступают к выбору расположения силоса (сетки силосов) и расчету их числа. При выборе сетки силосов помимо емкости элеватора следует учитывать минимальное количество надсилосных и подсилосных транспортеров, размер

участка для строительства. Обычно силосы располагают в 3 - 4 ряда. В случае строительства элеватора большей емкости и наличия небольшого участка для строительства нужно переходить и многорядному расположению силосов, но при этом количество над и под силосных транспортеров увеличивается.

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

$$N = \frac{E}{E_{ск}} \quad (53)$$

где E - емкость элеватора, тыс.т.

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

Общая емкость силосного корпуса

$$E_{ск} = P_c \cdot n \cdot m + P_{зв}(n-1)(m-1), \text{ т} \quad (54)$$

Отсюда

$$m = \frac{E_{ск} + P_{зв}(n-1)}{n \cdot P_c + P_{зв}(n-1)} \quad (55)$$

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

Длина

$$L_{ск} = D_{внеш} \cdot m, \text{ м} \quad (56)$$

Ширина

$$B_{\text{ск}} = D_{\text{внеш}} \cdot n, \text{ м} \quad (57)$$

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

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

После окончательного определения n и m уточняют емкость силосного корпуса:

$$E_{\text{ск}} = E_{\text{кк}} + E_{\text{зв}} \quad (58)$$

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

$$E_{\text{кк}} = P_c \cdot n \cdot m \quad (59)$$

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

$$E_{\text{зв}} = P_{\text{зв}}(n-1)(m-1) \quad (60)$$

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

Общее число силосов квадратной формы в одном ряду равно:

$$m = \frac{E_{\text{СКВ}}}{P_{\text{КВС}} \cdot n} \quad (61)$$

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

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

где $V_{\text{ВНЕШ}}$ - внешний размер стороны силоса

3.4 Увязка основных сооружений элеватора

3.4.1 Расположение основных сооружений на территории

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

Рабочее здание располагают по отношению к силосному корпусу по двум вариантам: 1) длинной осью рабочего здания перпендикулярно продольной оси силосного корпуса и 2) параллельно; наиболее часто используемой первый вариант.

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

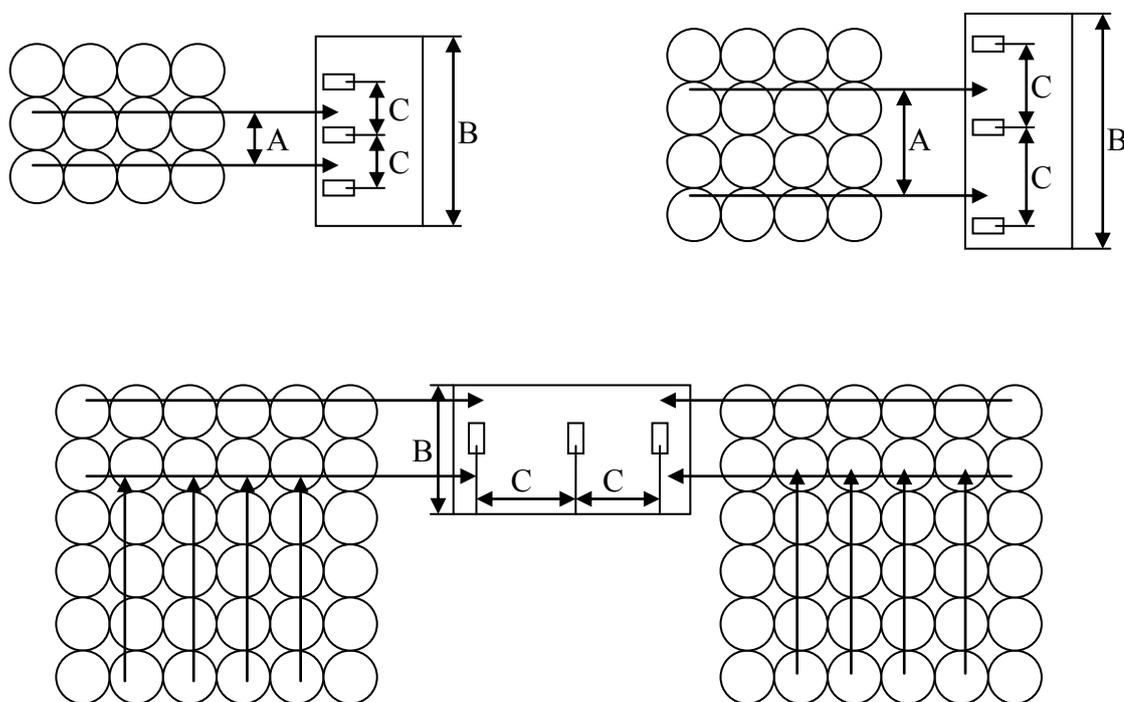
Выбор сетки силосов зависит от типа силосного корпуса. Расположение квадратных силосов может быть только рядовое, расположение круглых силосов, как правило, рядовое, в исключительных случаях допускается шахматное.

Количество рядов силосов зависит от размеров рабочего здания и схемы привязки силосов к рабочему зданию (рисунок 36).

Наиболее распространен случай трехрядного расположения силосов (рисунок 36а). При четырехрядном расположении силосов (рисунок 36б) применяют 3 надсилосных транспортера и 2 подсилосных. Если применяются силоса большей емкости (рисунок 36в), то транспортеры можно расположить, как показано на рисунке. Во всех случаях необходимо взаимоувязывать размеры А, В и С.

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

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



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

Рисунок 36 - Варианты привязки силосных корпусов

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

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

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

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

3.4.2 Привязка силосов и приемных устройств к рабочему зданию элеватора

Величину разрыва между силосным корпусом и рабочим зданием определяют по высоте подъема сбрасывающих лотков приемного транспортера, необходимой для обеспечения подачи зерна с транспортера на нории (рисунок 37).

Расстояние между началом подъема ленты и сбрасывающим барабаном транспортера

$$L_0 = h_9 \cdot \operatorname{ctg} \alpha = (h + h_8 - h_1) \operatorname{ctg} \alpha, \quad \text{м} \quad (62)$$

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

$$L = L_0 - (l_1 - l_2), \text{ м} \quad (63)$$

В соответствии с рисунком 37:

h - высота от пола подсилосного этажа до уровня земли,

h_1 - высота транспортера (принимать по нормалям, но не менее 0,6 м);

h_2 - высота, необходимая для расположения самотека от наиболее удаленного ряда силосов под требуемым углом наклона, определяется по формуле (64);

h_3 - расстояние от пола до приемного лотка нории, принимают по нормалям нории, м;

h_4 - высота самотечной трубы от сбрасывающего лотка до приемного носка нории, определяют так же как h_2 , м;

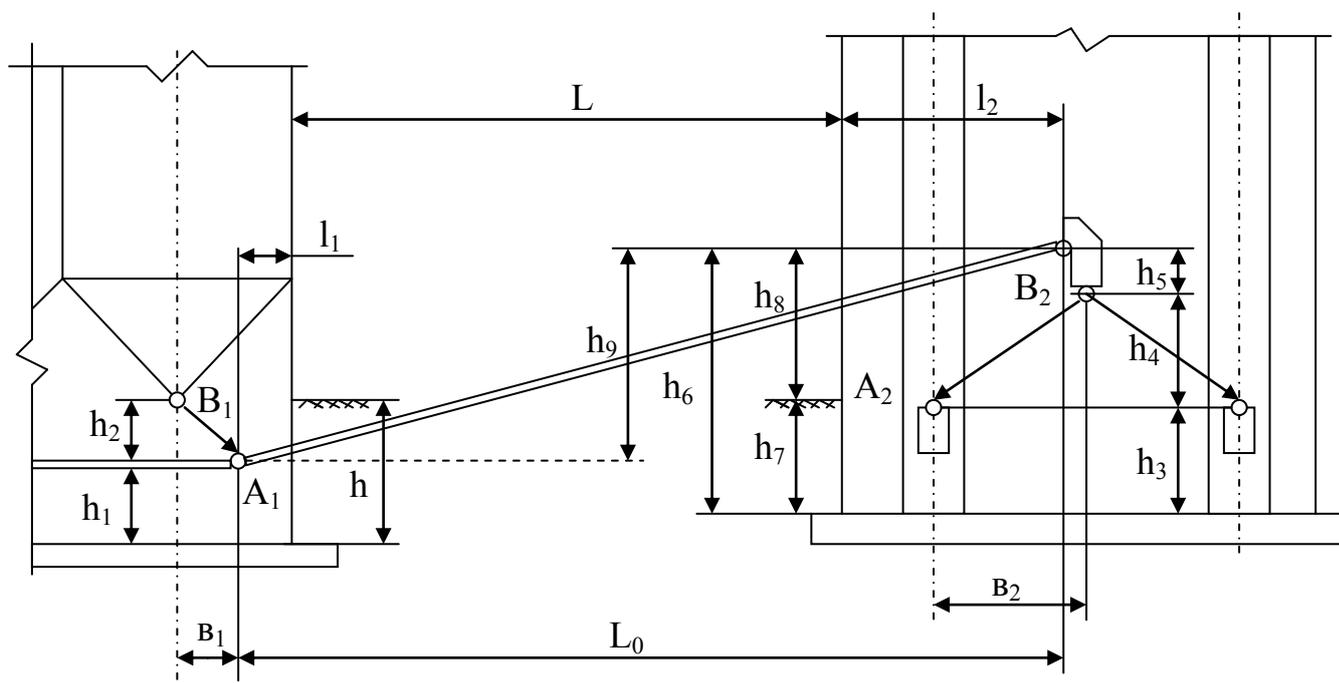


Рисунок 37 - Определение расстояния между силосным корпусом и рабочим зданием элеватора

h_5 - конструктивный размер сбрасывающего лотка, принимают по нормам транспортера, м;

h_6 - высота от пола рабочего здания до оси сбрасывающего барабана транспортера, м;

h_7 - высота от пола рабочего здания до уровня земли, м;

h_8 - высота от уровня земли до оси барабана, м;

h_9 - высота подъема ленты транспортера, м;

α - угол подъема ленты транспортера для зерна пшеницы принимать не более 16° , для проса и гороха не более 10° ;

l_1 - расстояние от начала подъема ленты транспортера до стены силосного корпуса, м;

l_2 - расстояние от оси барабана транспортера до стены рабочего здания элеватора, м.

$$h_2 = v_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_0 \quad (64)$$

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

α_0 - угол наклона самотека принимается в зависимости от влажности зерна W , %: при W до 20 % - $\alpha_0 = 36^\circ$; при W более 20 % - $\alpha_0 = 45^\circ$.

Привязка приемных устройств осуществляется аналогично. Высота (рисунок 37) определяется при этом необходимостью размещения патрубков, больших самотечных труб и приемных лотков, принимать не менее 0,8 м.

Список использованных источников

1. Платонов, П.Н. Элеваторы и склады / П.Н. Платонов, С.П. Пунков, В.Б. Фасман. 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Агропромиздат, 1987. - 319 с.
2. Пунков, С.П. Хранение зерна, элеваторно-складское хозяйство и зерносушение / С.П. Пунков, А.И. Стародубцева.- 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Агропромиздат, 1990. - 367 с.
3. Гячев, Л.В. Основы теории бункеров и силосов: учебное пособие / Л.В. Гячев. - Барнаул: АлГТУ, 1986. – 84 с.
4. Общий технологический регламент для элеваторов и хлебоприемных предприятий / Л.И. Мачихина и др. - Москва: Изд-во Россельхозакадемии, 2006. – 78 с.
5. Мачихина, Л.И. Научные основы продовольственной безопасности зерна (хранение и переработка) / Л.И. Мачихина, Л.В. Алексеева, Л.С. Львова. – Москва: ДеЛи Принт, 2007. – 382 с.
6. Атаназевич, В.И. Сушка зерна / В.И. Атаназевич. – Москва: ДеЛи Принт, 2007. – 480 с.
7. Малин, Н.И. Технология хранения зерна / Н.И. Малин. – Москва: КолосС, 2005. – 280 с.