

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ И ПЕРЕПОДГОТОВКИ
РУКОВОДИТЕЛЕЙ И СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Кафедра управления грузовой и коммерческой работой

ЛОГИСТИКА СКЛАДИРОВАНИЯ И ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ РАБОТЫ

Практикум

Гомель 2019

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ И ПЕРЕПОДГОТОВКИ
РУКОВОДИТЕЛЕЙ И СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Кафедра управления грузовой и коммерческой работой

ЛОГИСТИКА СКЛАДИРОВАНИЯ И ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ РАБОТЫ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением высших учебных заведений
Республики Беларусь по образованию в области экономики и организации произ-
водства для студентов вузов специальности 1-27 02 01 «Транспортная логистика
(по направлениям)» по направлению специальности 1-27 02 01-02
«Транспортная логистика (железнодорожный транспорт)»*

Гомель 2019

УДК 656.062 (075.8)

ББК 65.40

Л69

С о с т а в и т е л и: Н. П. Берлин; Е. В. Малиновский; Я. Я. Вербищук

Р е ц е н з е н т ы: начальник грузового отдела транспортного РУП «Гомельское отделение Белорусской железной дороги» *С. В. Хмелев*; заведующий кафедрой «Коммерция и логистика» учреждения образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации» *О. В. Пигунова*

Логистика складирования и погрузочно-разгрузочные работы :
Л69 практикум / сост.: Н. П. Берлин, Е. В. Малиновский, Я. Я. Вербищук ;
М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. –
Гомель : БелГУТ, 2019. – 119 с.
ISBN 978-985-554-854-7

Приведены методики и примеры определения параметров основных систем управления запасами, месторасположения и принадлежности склада, его размеров и технического оснащения для выполнения погрузочно-разгрузочных и складских работ. Рассматриваются сфера применения, конструкция подъемно-транспортных машин и устройств, используемых на складах, технология их работы.

Предназначен для проведения практических занятий и выполнения лабораторных работ студентами специальностей «Транспортная логистика (по направлениям)» и «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте», слушателям Института повышения квалификации и переподготовки руководителей и специалистов транспортного комплекса Республики Беларусь.

УДК 656.062 (075.8)

ББК 65.40

ISBN 978-985-554-854-7

© Берлин Н. П., Малиновский Е. В.,
Вербищук Я. Я., составление, 2019
© Оформление. БелГУТ, 2019

ВВЕДЕНИЕ

Затраты на создание и хранение запасов составляют значительную часть общих издержек в логистической системе доставки товаров и поэтому представляют собой один из важнейших факторов, определяющих соответствующую политику субъектов хозяйствования и воздействующих на уровень логистического обслуживания в целом.

Логистика запасов и складирования представляет собой отрасль логистики, рассматривающую вопросы формирования запасов, разработки методов организации складского хозяйства, системы закупок, приемки, хранения, учета товаров и управления запасами с целью минимизации затрат, связанной со складированием и переработкой товаров.

Являясь составной частью интегрированной логистики, логистика запасов и складирования направлена на повышение эффективности создания запасов и их хранения, обеспечение надлежащего уровня обслуживания потребителей. Поэтому современные инженеры-экономисты и логисты должны обладать соответствующими знаниями в области логистики запасов и складирования.

В предлагаемом практикуме рассматриваются основные системы управления запасами и расчет их параметров, решение задач, связанных с оценкой склада как элемента макрологистической системы. Подробно изложены вопросы выбора типа склада для хранения различных видов грузов, подъемно-транспортных машин и устройств, приведены методики и примеры определения параметров и технического оснащения складов, оценки экономической эффективности вариантов производства работ на складе.

Раздел практикума, связанный с лабораторными занятиями, содержит теоретические положения и методические материалы, позволяющие студентам получить при выполнении соответствующих лабораторных работ необходимые практические навыки.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Логистическая система управления запасами проектируется с целью непрерывного обеспечения потребителя каким-либо видом материальных ресурсов. Реализация этой цели достигается решением следующих задач:

- учет текущего уровня запаса на различных складах;
- определение размера гарантийного (страхового) запаса;
- расчет размера заказа;
- определение интервала времени между заказами [11].

Система управления запасами – это комплекс мероприятий по созданию и пополнению запасов, организации непрерывного контроля и оперативного планирования поставок.

В процессе управления запасами важно установить момент или точку заказа и требуемое количество ресурсов.

Точка заказа представляет собой установленный максимальный уровень запаса, при снижении до которого подается заказ на поставку очередной партии материальных ресурсов.

Размер заказа – это количество материальных ресурсов, на которое должен быть сделан заказ для пополнения их запаса до максимально желательного уровня.

Регулировать размер заказа можно изменением объема партий, интервала между поставками или совместно объема и интервала поставки.

Для условий отсутствия отклонения от запланированных показателей и равномерного потребления запасов в теории управления запасами разработаны две основные системы, на которых базируются все остальные [11]:

1 Система управления запасами с фиксированным размером заказа.

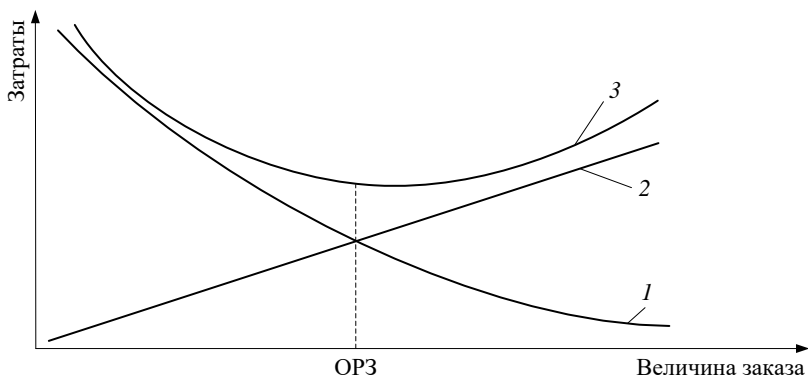
2 Система управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами.

Система с фиксированным размером заказа предусматривает поступление материальных ресурсов заранее определенными оптимальными партиями через изменяющиеся интервалы времени. Таким образом, основной параметр системы – это размер заказа, который строго зафиксирован и не изменяется ни при каких условиях работы системы. Поэтому определение оптимального размера заказа является первой задачей, которая решается при работе с данной системой управления запасами.

Оптимальный размер заказа представляет собой такую его величину, при которой сумма затрат на выполнение заказа и на хранение запасов является минимальной (рисунок 1) [12].

Из рисунка 1 видно, что затраты на выполнение заказов с увеличением размера заказа уменьшаются, подчиняясь гиперболической зависимости

(кривая 1); затраты на хранение партии поставки возрастают прямо пропорционально размеру заказа (линия 2); кривая общих затрат (кривая 3) имеет вогнутый характер, что говорит о наличии минимума, соответствующего оптимальному размеру заказа (ОРЗ) [12].



1 – затраты на выполнение заказа; 2 – затраты на хранение; 3 – суммарные затраты

Рисунок 1 – Зависимость затрат от размера заказа

Издержки на хранение запасов отражают затраты на содержание и грузопереработку запаса на складе. Затраты на выполнение заказа представляют собой расходы, связанные с размещением заказа у поставщиков и его транспортировкой. Поскольку рассматривается проблема управления запасами в логистической системе отдельной организации или экономики в целом, то критерием оптимизации должен быть минимум совокупных затрат на хранение запасов и выполнение заказа [11].

Оптимальный размер заказа по критерию минимизации совокупных затрат на выполнение заказа и хранение запаса рассчитывается по формуле Уилсона [11]:

$$\text{ОРЗ} = \sqrt{\frac{2AS}{i}}, \quad (1)$$

где ОРЗ – оптимальный размер заказа, т (шт.);

A – затраты на поставку (выполнение) одного заказа, руб.;

S – потребность в заказываемом материальном ресурсе, т (шт.);

i – затраты на хранение единицы заказываемого материального ресурса, руб./т (шт.).

Исходные данные для расчета параметров системы следующие:

– потребность в заказываемом материальном ресурсе (S);

– время поставки (выполнения заказа) ($T_{п}$);

– возможная задержка поставки ($T_{зп}$);

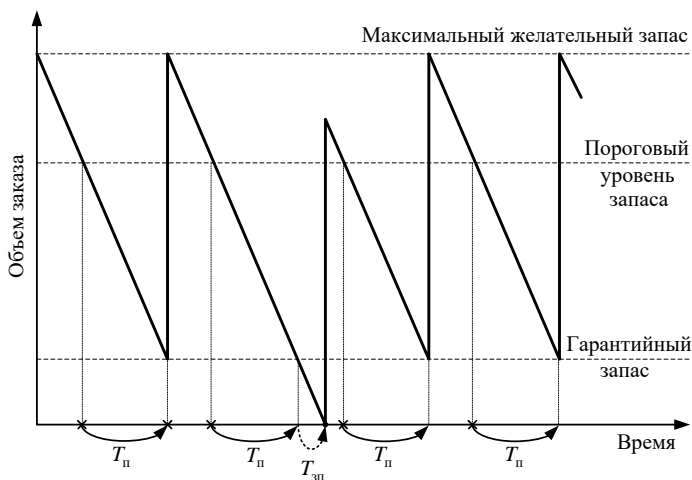
– оптимальный размер заказа (ОРЗ) [12].

Гарантийный (страховой) запас позволяет обеспечивать потребность на время предполагаемой задержки поставки. При этом *под возможной задержкой поставки подразумевается максимально возможная задержка*. Восполнение гарантийного запаса производится в ходе последующих поставок через использование второго расчетного параметра данной системы – порогового уровня запаса [11].

Пороговый уровень запаса определяет уровень запаса, при достижении которого производится очередной заказ. Величина порогового уровня рассчитывается таким образом, что поступление заказа на склад происходит в момент снижения текущего запаса до гарантийного уровня. При расчете порогового уровня задержка поставки не учитывается [11].

Третий основной параметр системы управления запасами с фиксированным размером заказа – **максимальный желательный запас**. В отличие от предыдущих двух параметров, он не оказывает непосредственного воздействия на функционирование системы в целом. Этот уровень запаса определяется для отслеживания целесообразной загрузки площади склада с точки зрения критерия минимизации совокупных затрат [11].

Графически функционирование системы с фиксированным размером заказа показано на рисунке 2 [11].



Условные обозначения:

T_p – время поставки; $T_{зп}$ – время задержки поставки; x – момент заказа

Рисунок 2 – График движения запасов в системе управления запасами с фиксированным размером заказа

На рисунке 2 вторая поставка производится с задержкой, которая равна максимально возможной. В этом случае расходуется весь гарантийный за-

пас, а первый поступивший заказ пополняет систему до уровня выше порогового.

В том случае если поступивший заказ пополняет систему до уровня, который ниже порогового, то новый заказ делается в день поступления заказа, что позволит в дальнейшем постепенно привести систему в нормальное состояние при условии отсутствия задержек поставки в это время.

Порядок расчетов параметров системы управления запасами с фиксированным размером заказа приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет параметров системы управления запасами с фиксированным размером заказа [11]

Показатель	Формула для расчета
Оптимальный размер заказа, т (шт.)	Формула (1)
Ожидаемое дневное потребление, т (шт.)/сут	$ОДП = S / N$ (N – количество рабочих дней за рассматриваемый период времени)
Срок расходования заказа, сут	$T_{рз} = ОРЗ / ОДП$
Ожидаемое потребление за время поставки (выполнения заказа), т (шт.)	$ОП = ОДП \cdot T_{п}$
Гарантийный запас, т (шт.)	$ГЗ = ОДП \cdot T_{зп}$
Пороговый уровень запаса, т (шт.)	$ПУ = ГЗ + ОП$
Максимальный желательный запас, т (шт.)	$МЖЗ = ОРЗ + ГЗ$
Срок расходования запаса до порогового уровня, сут	$T_{пу} = (МЖЗ - ПУ) / ОДП$

Пример 1. Определить параметры системы управления запасами с фиксированным размером заказа при следующих исходных данных:

- потребность в ресурсах для производства – 10 т/сут;
- количество рабочих дней в течение года – 254;
- затраты на поставку заказа – 200 у.д.е./заказ;
- расстояние доставки заказа – 320 км;
- цена единицы ресурса – 1000 у.д.е./т;
- стоимость хранения ресурса на складе равна 5 % от его цены;
- возможная задержка поставки принимается в размере 40 % от планируемого времени поставки.

Решение. Годовая потребность в рассматриваемом материальном ресурсе для производства при суточной потребности 10 т/сут

$$S = 365 \cdot 10 = 3650 \text{ т/год.}$$

Оптимальный размер заказа определяется по формуле (1)

$$ОРЗ = \sqrt{\frac{2 \cdot 200 \cdot 3650}{0,05 \cdot 1000}} = 170,88 \approx 171 \text{ т.}$$

При осуществлении поставки железнодорожным транспортом во внутриверхотранспортном сообщении время поставки может быть определено в соответствии с

нормативным сроком доставки груза, который рассчитывается согласно правилам исчисления сроков доставки грузов, перевозимых железнодорожным транспортом общего пользования, следующим образом:

$$T_{\text{п}} = 3 + L / v,$$

где L – расстояние доставки, км;

v – скорость доставки, км/сут

$$T_{\text{п}} = 3 + 320 / 200 = 4,6 \approx 5 \text{ сут.}$$

Возможная задержка поставки в соответствии с исходными данными:

$$T_{\text{зп}} = 0,4 \cdot T_{\text{п}} = 0,4 \cdot 5 = 2 \text{ сут.}$$

Дальнейшие расчеты выполняются по формулам таблицы 1.

Ожидаемое дневное потребление

$$\text{ОДП} = 3650 / 254 = 14,4 \text{ т/сут.}$$

Продолжительность (срок) расходования заказа

$$T_{\text{рз}} = 171 / 14,4 = 11,9 \text{ сут.}$$

Ожидаемое потребление за время поставки

$$\text{ОП} = 5 \cdot 14,4 = 72 \text{ т.}$$

Гарантийный запас

$$\text{ГЗ} = 14,4 \cdot 2 = 28,8 \text{ т.}$$

Пороговый уровень запаса

$$\text{ПУ} = 28,8 + 72 = 100,8 \text{ т.}$$

Максимальный желательный запас

$$\text{МЖЗ} = 171 + 28,8 = 199,8 \text{ т.}$$

Продолжительность (срок) расходования запаса до порогового уровня

$$T_{\text{рпу}} = (199,8 - 100,8) / 14,4 = 6,9 \approx 7 \text{ сут.}$$

В системе с фиксированным интервалом времени между заказами заказы делаются в строго определенные моменты времени, которые отстоят друг от друга на равные интервалы (1 раз в месяц, 1 раз в 10 дней и т. п.).

Интервал времени между заказами рассчитывается по формуле

$$I = N : \frac{S}{\text{ОРЗ}}. \quad (2)$$

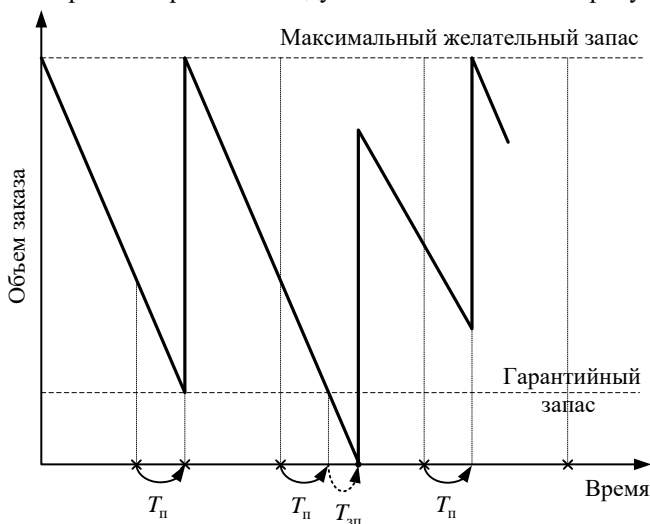
Полученный с помощью формулы (2) интервал времени между заказами не может рассматриваться как обязательный к применению. Он может быть скорректирован на основе экспертных оценок [11].

Исходные данные для расчета параметров системы аналогичны используемым для системы управления запасами с фиксированным размером заказа с учетом дополнительного показателя – интервала времени между заказами.

Гарантийный (страховой) запас, как и для системы с фиксированным размером заказа, позволяет обеспечивать потребность на время предполагаемой задержки поставки, под которой также подразумевается максимально возможная задержка. Восполнение гарантийного запаса производится в ходе

последующих поставок через пересчет размера заказа таким образом, чтобы его поставка увеличила запас до максимального желательного уровня.

Графически функционирование системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами показано на рисунке 3 [11].



Условные обозначения:

$T_{п}$ – время поставки; $T_{зп}$ – время задержки поставки; x – момент заказа

Рисунок 3 – График движения запасов в системе управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами

Так как в рассматриваемой системе момент заказа заранее определен и не изменяется ни при каких обстоятельствах, постоянно пересчитываемым параметром является именно размер заказа. Его вычисление основывается на прогнозируемом уровне потребления до момента поступления заказа на склад.

Расчет размера заказа в системе с фиксированным интервалом времени между заказами производится по формуле [11]:

$$PЗ = MЖЗ - TЗ + ОП, \quad (3)$$

где MЖЗ – максимальный желательный запас;

TЗ – текущий размер запасов на складе на момент осуществления заказа;

ОП – ожидаемое потребление за время поставки (выполнения заказа).

Как видно из формулы (3), размер заказа рассчитывается таким образом, что при условии точного соответствия фактического потребления за время поставки ожидаемая поставка пополняет запас на складе до максимального желательного уровня.

В случае, если размер предыдущей поставки не пополнил запас до максимального желательного уровня, а момент второго заказа наступил еще до поставки первой партии, то при расчете размера следующей партии поставки необходимо учитывать еще не поступивший заказ $PЗ_{n-1}$ [11]:

$$PЗ_{n} = MJЗ - TЗ + ОП - PЗ_{n-1}. \quad (4)$$

Порядок расчетов параметров системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет параметров системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами [11]

Показатель	Формула для расчета
Оптимальный размер заказа, т (шт.)	Формула (1)
Интервал времени между заказами, сут	Формула (2)
Ожидаемое дневное потребление, т (шт.)/сут	$ОДП = S / N$
Ожидаемое потребление за время поставки (выполнения заказа), т (шт.)	$ОП = ОДП \cdot T_{п}$
Максимальное потребление за время поставки, т (шт.)	$МП = (T_{п} + T_{зп}) \cdot ОДП$
Гарантийный запас, т (шт.)	$ГЗ = МП - ОП$
Максимальный желательный запас, т (шт.)	$МЖЗ = ГЗ + I \cdot ОДП$
Размер заказа, т (шт.)	Формула (3) или (4)

Пример 2. Определить параметры системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами при исходных данных, указанных в примере 1. Текущий размер запаса на складе на момент осуществления заказа равен 102,1 т.

Решение. При годовой потребности в рассматриваемом ресурсе $S = 3650$ т/год и оптимальном размере заказа $ОРЗ = 171$ т, определенном по формуле (1) в примере 1, интервал времени между заказами, рассчитанный по формуле (2),

$$I = 254 : \frac{3650}{171} = 11,9 \approx 12 \text{ сут.}$$

Время поставки $T_{п} = 5$ сут., возможная задержка поставки $T_{зп} = 2$ сут, ожидаемое дневное потребление $ОДП = 14,4$ т/сут и ожидаемое потребление за время поставки $ОП = 72$ т определены аналогично расчету этих величин в примере 1.

Максимальное потребление за время поставки

$$МП = 14,4 \cdot (5 + 2) = 100,8 \text{ т.}$$

Гарантийный запас

$$ГЗ = 100,8 - 72 = 28,8 \text{ т.}$$

Максимальный желательный запас

$$МЖЗ = 28,8 + 12 \cdot 14,4 = 201,6 \text{ т.}$$

Размер заказа

$$PЗ=201,6-102,1+72=171,5 \text{ т.}$$

Сравнение рассмотренных систем управления запасами приводит к выводу о наличии у них взаимных недостатков и преимуществ.

Системы с непрерывной проверкой фактического уровня запасов позволяют работать в условиях сравнительно низкого запаса, защищая в то же время организацию от дефицита. Следовательно, условиями применения этих систем являются:

- большие потери от отсутствия запасов;
- значительные затраты по содержанию запаса;
- высокая степень неопределенности спроса (спрос на товар плохо прогнозируется).

Применение данных систем позволяет экономить затраты по содержанию запасов за счет сокращения отвлекаемых в запасы финансовых ресурсов, а также сокращая потребность в складских площадях и людских ресурсах.

К недостаткам систем с непрерывной проверкой запасов относят необходимость постоянного контроля размера запасов [4].

Системы с периодической проверкой состояния запасов (с фиксированным интервалом) позволяют проводить учет остатков лишь периодически. Применяют их при низких удельных издержках на хранение.

Данные системы хорошо работают в условиях, когда можно с достаточной степенью уверенности предугадать размер спроса. В противном случае неожиданно возросший спрос в период между заказами может привести к дефицитному состоянию.

Таким образом, основные условия применения систем с периодической проверкой состояния запасов:

- низкие затраты по содержанию запаса;
- хорошая предсказуемость спроса.

К преимуществам системы относят отсутствие необходимости в постоянном контроле наличия запасов на складе, к недостаткам – сравнительно высокий уровень среднего запаса [4].

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ СКЛАДА В РЕГИОНЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ИСПОЛЬЗУЕМОГО СКЛАДА

Для решения одной из фундаментальных логистических задач – **определения месторасположения склада** в обслуживаемом регионе – необходимо знать: месторасположение фирм-производителей и потребителей данной продукции; объемы поставок продукции; маршруты доставки (характеристика транспортной сети); затраты или тарифы на транспортные услуги и др. [12].

Задача размещения склада формируется как поиск оптимального или субоптимального (близкого к оптимальному) решения, для нахождения которого могут использоваться разнообразные методы.

1 Экспертный метод (метод взвешивания). В основе метода лежит выделение перечня факторов, оказывающих влияние на размещение складских объектов и выделение веса этих факторов с точки зрения влияния на конечный результат [10].

Указанный метод предполагает выполнение следующих этапов:

- определение перечня значимых для принятия решения факторов;
- оценка веса каждого фактора для определения его относительной значимости в деятельности субъекта хозяйствования;
- выбор шкалы для измерения каждого фактора;
- получение оценки значения каждого фактора для каждого варианта размещения склада;
- получение итоговой оценки вариантов размещения путем перемножения оценок значений факторов на весовые оценки каждого фактора;
- принятие решения о размещении складов, основываясь на максимизации итоговой оценки.

Этот метод достаточно популярен, так как позволяет учитывать не только количественные, но и качественные факторы [10].

2 Метод размещения с учетом окупаемости (затрат). Этот метод основывается на анализе затрат и объемов выпуска продукции с целью принятия экономически обоснованного решения по размещению хозяйственных объектов в целом и складов в частности. Данный метод предполагает выполнение следующих этапов:

- определение постоянных и переменных издержек для каждого варианта размещения склада;
- построение графика затрат для каждого варианта размещения с изображением складской мощности по оси абсцисс и издержек по оси ординат;
- выбор варианта размещения, которому соответствуют минимальные совокупные издержки для определения оптимального объема складирования [10].

3 Геометрический (гравитационный) метод. Данный метод учитывает как расположение поставщиков и потребителей, так и объемы поставок, величину транспортных затрат (тарифов). Он основывается на предположении, что издержки прямо пропорциональны как количеству перевозимых товаров, так и дальности перевозок. Для его применения на карту региона обслуживания наносят координатные оси и отмечают координаты точек, в которых размещаются поставщики и потребители.

В том случае, когда транспортный тариф на перевозку грузов одинаковый для поставщиков и потребителей, месторасположение склада определяется в виде координат центра тяжести грузовых потоков по формулам [12]:

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}; \quad (1)$$

$$Y_c = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}. \quad (2)$$

где X_c, Y_c – координаты склада, км;

n – количество поставщиков и потребителей;

X_i, Y_i – соответственно расстояние от начала осей координат до расположения i -го поставщика или i -го потребителя, км;

Q_i – объем материального потока i -го поставщика или i -го потребителя, т.

Пример 1. В результате проведенного отделом логистики анализа рынков сбыта предприятия выявлена необходимость открытия нового склада, что позволит снизить затраты на доставку грузов от поставщиков, приблизит потребителей продукции и расширит возможности привлечения к сотрудничеству новых партнеров. Требуется определить месторасположение нового склада в обслуживаемом регионе [12]. Данные о расположении поставщиков и потребителей, прогнозируемые объемы поставок представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика поставщиков и потребителей

Показатель	Поставщик				Потребитель		
	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П _{Т1}	П _{Т2}	П _{Т3}
Координата X, км	70	170	460	350	290	450	190
Координата Y, км	140	730	140	510	380	600	410
Объем поставок, т	150	170	320	210	240	380	250

Решение. Координаты месторасположения склада определим по формулам (1) и (2). Для удобства промежуточные расчеты представлены в виде таблицы 2.

Координата по оси X:

$$X_c = \frac{548200}{1720} = 319 \text{ км.}$$

Координата по оси Y:

$$Y_c = \frac{718700}{1720} = 418 \text{ км.}$$

Следовательно, координаты расположения нового склада предприятия (СК) составляют 319 км и 418 км (рисунк 1).

Таблица 2 – Результаты расчетов для определения месторасположения склада

		$X_i Q_i$	$Y_i Q_i$	Q_i
Поставщики	П ₁	70 · 150 = 10500	140 · 150 = 21000	150
	П ₂	170 · 170 = 28900	730 · 170 = 124100	170
	П ₃	460 · 320 = 147200	140 · 320 = 44800	320
	П ₄	350 · 210 = 73500	510 · 210 = 107100	210
Потребители	П _{Т1}	290 · 240 = 69600	380 · 240 = 91200	240
	П _{Т2}	450 · 380 = 171000	600 · 380 = 228000	380
	П _{Т3}	190 · 250 = 47500	410 · 250 = 102500	250
<i>Итого</i>		548200	718700	1720

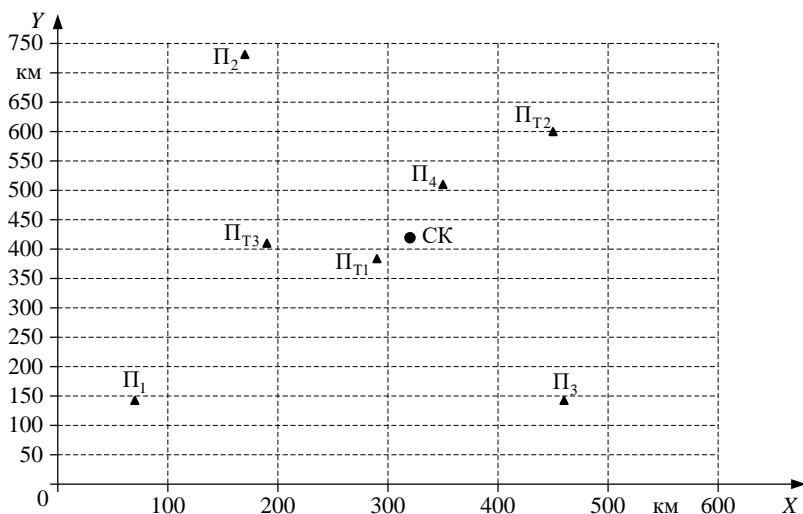


Рисунок 1 – Месторасположение поставщиков, потребителей и нового склада предприятия

В случае, когда транспортный тариф на перевозку грузов для поставщиков и потребителей различный, месторасположение склада определяется как центр равновесной системы транспортных затрат. Расчет координат склада производится по формулам [12]:

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^n T_i X_i Q_i}{\sum_{i=1}^n T_i Q_i}; \quad (3)$$

$$Y_c = \frac{\sum_{i=1}^n T_i Y_i Q_i}{\sum_{i=1}^n T_i Q_i}, \quad (4)$$

где T_i – транспортный тариф для i -го поставщика или i -го потребителя, у.д.е./т·км.

Пример 2 [12]. В соответствии с условиями примера 1 требуется определить месторасположение склада в обслуживаемом регионе при исходных данных о поставщиках, потребителях, объемах поставок и транспортных тарифах, указанных в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика поставщиков и потребителей

Показатель	Поставщик				Потребитель		
	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П _{Т1}	П _{Т2}	П _{Т3}
Координата X, км	70	170	460	350	290	450	190
Координата Y, км	140	730	140	510	380	600	410
Тариф на перевозку, у.д.е./т·км	0,7	0,8	0,6	0,9	1,2	1,1	1,2
Объем поставок, т	150	170	320	210	240	380	250

Решение. Координаты месторасположения склада определим по формулам (3) и (4). Для удобства промежуточные расчеты представлены в виде таблицы 4.

Координата по оси X:

$$X_c = \frac{513560}{1628} = 315 \text{ км.}$$

Координата по оси Y:

$$Y_c = \frac{720490}{1628} = 443 \text{ км.}$$

Следовательно, координаты расположения нового склада предприятия (СК) составляют 315 и 443 км (рисунок 2).

Таблица 4 – Результаты расчетов для определения месторасположения склада

		$T_i X_i Q_i$	$T_i Y_i Q_i$	$T_i Q_i$
Поставщики	П ₁	0,7 · 70 · 150 = 7350	0,7 · 140 · 150 = 14700	0,7 · 150 = 105
	П ₂	0,8 · 170 · 170 = 23120	0,8 · 730 · 170 = 99280	0,8 · 170 = 136
	П ₃	0,6 · 460 · 320 = 88320	0,6 · 140 · 320 = 26880	0,6 · 320 = 192
	П ₄	0,9 · 350 · 210 = 66150	0,9 · 510 · 210 = 96390	0,9 · 210 = 189
Потребители	П _{Т1}	1,2 · 290 · 240 = 83520	1,2 · 380 · 240 = 109440	1,2 · 240 = 288
	П _{Т2}	1,1 · 450 · 380 = 188100	1,1 · 600 · 380 = 250800	1,1 · 380 = 418
	П _{Т3}	1,2 · 190 · 250 = 57000	1,2 · 410 · 250 = 123000	1,2 · 250 = 300
<i>Итого</i>		513560	720490	1628

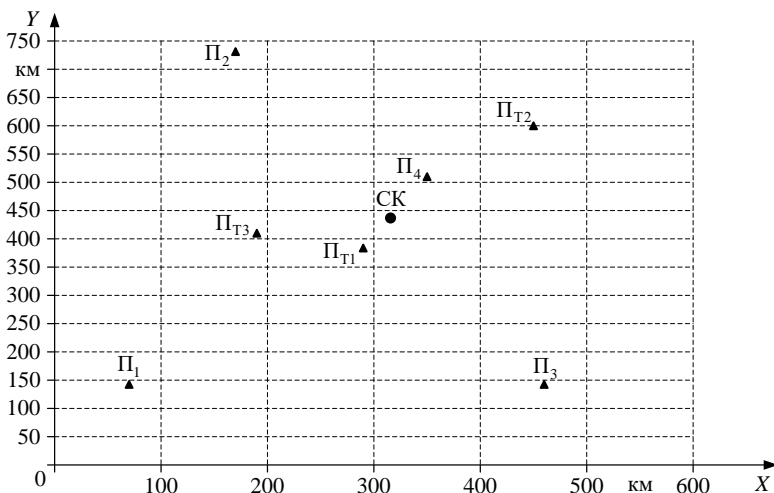


Рисунок 2 – Месторасположение поставщиков, потребителей и нового склада предприятия

Определение принадлежности используемого склада

Одно из важных решений, которое должен принять субъект хозяйствования в сфере логистики складирования, – это выбор организационной формы управления складом, так как логистическая цепь может быть организована с использованием собственных складов или с применением складов общего пользования [4].

В общем случае предпочтение варианту с собственным складом должно отдаваться при наличии:

- стабильно большого объема и разновидностей складироваемых ресурсов;
- высокой оборачиваемости данных ресурсов;
- приемлемого уровня конкуренции (удовлетворение потребностей покупателей более эффективно при использовании собственных складов).

К услугам складов общего пользования целесообразно прибегать:

- при низких объемах товарооборота предприятия;
- хранении товаров сезонного спроса;
- отсутствии достаточных финансовых средств на создание собственного склада [4].

Выбор между организацией собственного склада и использованием для размещения запаса склада общего пользования (наемного склада) относится к классу решений «сделать или купить». При этом сравниваются затраты на хранение товаров на наемном и собственном складе, которые во втором случае подразделяются на условно-постоянные и переменные [4].

Основой для принятия решения служит полученное значение так называемого «грузооборота безразличия», при котором затраты на хранение за-

паса на собственном складе (F) равны расходам за пользование услугами наемного склада (Z) [4].

Процесс принятия такого решения включает в себя следующее [12]:

1 В системе координат (рисунок 3) строится график функции $Z(Q)$, характеризующий зависимость затрат по хранению товаров на наемном складе от объема грузооборота:

$$Z(Q) = C_{\text{сут}} D_{\text{к}} \frac{3Q}{D_{\text{р}} q}, \quad (5)$$

где $C_{\text{сут}}$ – суточная стоимость использования 1 м² грузовой площади наемного склада, у.д.е.;

3 – размер запаса, дней оборота;

Q – годовой грузооборот, т/год;

$D_{\text{к}}$ – число дней хранения запасов на наемном складе за год (календарных);

$D_{\text{р}}$ – число рабочих дней в году;

q – удельная нагрузка на 1 м² площади при хранении на наемном складе, т/м².

График функции $Z(Q)$ строится из предположения, что она носит линейный характер [12].

2 Строится график функции $F(Q)$, показывающий зависимость суммарных затрат по хранению товаров на собственном складе:

$$F(Q) = F_{\text{пер}}(Q) + F_{\text{пост}}(Q), \quad (6)$$

где $F_{\text{пер}}(Q)$ – зависимость затрат на грузопереработку на собственном складе от объема грузооборота (переменные затраты);

$F_{\text{пост}}(Q)$ – зависимость условно-постоянных затрат на собственном складе от объема грузооборота.

Функция $F_{\text{пер}}(Q)$ принимается линейной и определяется с учетом расценок за выполнение логистических операций [12]:

$$F_{\text{пер}}(Q) = QdD_{\text{р}}, \quad (7)$$

где d – стоимость обработки 1 т грузопотока на собственном складе, у.д.е./т.

График функции $F_{\text{пост}}(Q)$ параллелен оси абсцисс, так как условно-постоянные затраты принимаются независимыми от грузооборота.

3 На пересечении графиков функций $Z(Q)$ и $F(Q)$ находят абсциссу точки $Q_{\text{без}}$, в которой затраты на хранение запаса на собственном складе

равны расходам за пользование услугами наемного склада. Эта точка называется «грузооборотом безразличия» [12].

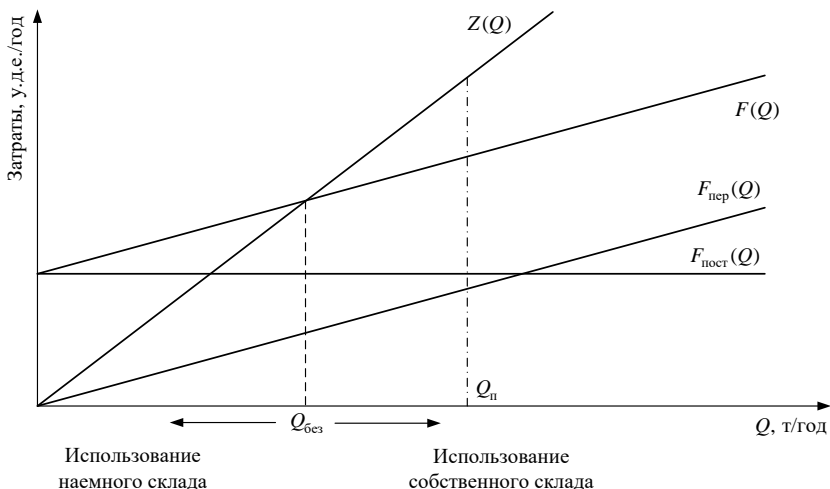


Рисунок 3 – Выбор решения о пользовании услугами собственного или наемного склада

Аналитически значение «грузооборота безразличия» можно найти по формуле

$$Q_{\text{без}} = \frac{QF_{\text{пост}}(Q)}{Z(Q) - F_{\text{пер}}(Q)}. \quad (8)$$

4 При грузообороте большем, чем $Q_{\text{без}}$, определяется расчетный срок окупаемости инвестиций (капитальных вложений) в организацию собственного склада [12]:

$$t_{\text{ок}}^{\text{р}} = \frac{\text{ИН}}{Z(Q) - F(Q)}, \quad (9)$$

где ИН – инвестиции (капитальные вложения), необходимые для организации собственного склада, у.д.е.

Решение о строительстве собственного склада принимается в случае, если расчетный срок окупаемости удовлетворяет инвестора ($t_{\text{ок}}^{\text{р}} \leq t_{\text{ок}}^{\text{н}}$).

Пример 3 [12]. Определить целесообразность строительства собственного склада субъекта хозяйствования при следующих исходных данных:

- 1) прогнозируемый годовой грузооборот будущего склада составляет 20000 т;
- 2) длительность нахождения товарных запасов на складе – 25 дней;
- 3) на строительство склада предполагается выделить 2000 тыс. у.д.е.;
- 4) условно-постоянные затраты, связанные с функционированием склада, составляют 800 тыс. у.д.е.;

- 5) стоимость обработки 1 т грузопотока – 0,6 у.д.е. в сутки;
- 6) удельная нагрузка на 1 м² площади при хранении на складе – 0,7 т/м²;
- 7) средняя стоимость использования 1 м² грузовой площади наемного склада в рассматриваемом регионе составляет 4,2 у.д.е. в сутки;
- 8) количество рабочих дней склада – 253, год невысокосный;
- 9) срок окупаемости капитальных вложений, удовлетворяющий инвестора, составляет 5 лет.

Решение.

1 Построим график функции $Z(Q)$, показывающий зависимость затрат, связанных с хранением товарной продукции на наемном складе, от грузооборота (рисунок 4):

$$Z(0) = 0 \text{ тыс. у.д.е.};$$

$$Z(20000) = 4,2 \cdot 365 \cdot \frac{25 \cdot 20000}{253 \cdot 0,7} = 4328 \text{ тыс. у.д.е.}$$

2 График функции переменных затрат строится по следующим данным:

$$F_{\text{пер}}(0) = 0 \text{ тыс. у.д.е.};$$

$$F_{\text{пер}}(20000) = 20000 \cdot 0,6 \cdot 253 = 3036 \text{ тыс. у.д.е.}$$

Условно-постоянные затраты не зависят от объема грузооборота и, следовательно,

$$F_{\text{пост}}(0) = F_{\text{пост}}(20000) = 800 \text{ тыс. у.д.е.}$$

График общих затрат на функционирование собственного склада строится исходя из следующих данных:

$$F(0) = 0 + 800 = 800 \text{ тыс. у.д.е.}; \quad F(20000) = 3036 + 800 = 3836 \text{ тыс. у.д.е.}$$

3 На пересечении графиков функций $Z(Q)$ и $F(Q)$ находим «грузооборот безразличия», примерное значение которого составляет 12400 т (рисунок 4).

Более точно данное значение можно получить по формуле (8):

$$Q_{\text{без}} = \frac{20000 \cdot 800 \cdot 10^3}{(4328 - 3036) \cdot 10^3} = 12384 \text{ т.}$$

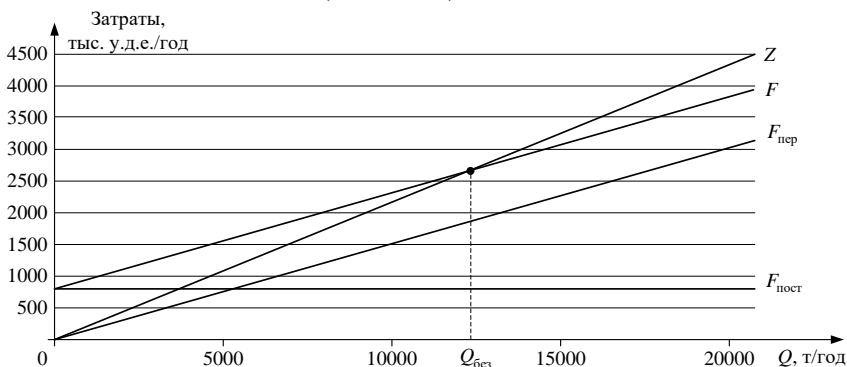


Рисунок 4 – Определение «грузооборота безразличия»

4 Так как прогнозируемый грузооборот склада превышает «грузооборот безразличия», то определяется расчетный срок окупаемости инвестиций в создание собственного склада по формуле (9)

$$t_{\text{ок}}^p = \frac{2000 \cdot 10^3}{(4328 - 3836) \cdot 10^3} = 4,1 \text{ года.}$$

Таким образом, расчетный срок окупаемости инвестиций в строительство нового склада составляет менее срока, удовлетворяющего инвестора ($t_{\text{ок}}^и = 5$ лет), что позволяет сделать вывод о целесообразности строительства собственного склада.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ОБЪЕМОВ РАБОТ, ВЫБОР ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН И РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ СХЕМ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ НА СКЛАДЕ

Склады – это комплексы производственных зданий, инженерных сооружений, подъемно-транспортных машин и оборудования, средств вычислительной техники (управляющих, регулирующих и контролирующих их работу), предназначенные для приемки, размещения, накопления, хранения, переработки, отпуска и доставки продукции потребителям.

В связи с многообразием складов для их классификации используют достаточно большое количество различных признаков [1].

По номенклатуре грузов различают склады *универсальные* (хранение и переработка грузов широкой номенклатуры, различных по свойствам и наименованию) и *специализированные* (хранение грузов с однородными физико-механическими свойствами).

По виду хранимой продукции существуют склады:

- *сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих;*
- *незавершенного производства;*
- *готовой продукции;*
- *тары и упаковки;*
- *отходов производства;*
- *инструментов.*

По форме собственности различают склады:

- *собственные* (отдельных субъектов хозяйствования);
- *коммерческие* (общего пользования);
- *арендуемые.*

В зависимости от сроков хранения грузов: для *краткосрочного* и *долгосрочного* хранения.

По степени технической вооруженности: *немеханизированные; частично механизированные; механизированные; автоматизированные.*

По способам хранения грузов (в зависимости от их транспортной характеристики): *открытого хранения* (площадки), предназначенные для грузов, транспортная характеристика которых не изменяется от воздействия внешней среды; *полузакрытого хранения* (площадки под

навесом, могут иметь от одной до трех легких стен для защиты от ветра), предназначенные для размещения грузов, транспортная характеристика которых не зависит от изменения температуры, влажности окружающей среды и так далее, но зависит от непосредственного воздействия атмосферных осадков; *закрытого хранения* (отапливаемые и неотапливаемые здания и сооружения, имеющие кровлю и ограждения со всех сторон), на которых размещают для хранения грузы, требующие защиты от воздействия внешней среды.

По объёмно-планировочным решениям складских зданий и сооружений: *однопролетные и многопролетные* (под пролетом понимается расстояние между продольно расположенными несущими стенами или колоннами), а также *одноэтажные и многоэтажные*.

Объёмно-планировочные решения складов, оснащение их подъёмно-транспортным и другим оборудованием зависят от транспортной характеристики груза. Поэтому в зависимости от вида груза, размещенного на складе, они бывают для тарно-упаковочных и штучных грузов, контейнеров, тяжеловесных грузов, металла и металлических изделий, машин и оборудования, строительных материалов, навалочных грузов, химических грузов и минеральных удобрений, зерновых и сельскохозяйственных продуктов, лесных, наливных и других видов грузов.

Для хранения грузов с одной и той же транспортной характеристикой могут создаваться склады с различными конструктивными особенностями. Например, для тарно-упаковочных и штучных грузов строят закрытые склады павильонного типа: штабельные и стеллажные; для навалочных грузов – силосы, бункеры, штабельные, эстакадно-штабельные, эстакадно-штабельно-тоннельные и хребтовые склады; для грузов, не боящихся атмосферных осадков, а также перевозимых в контейнерах – открытые площадки; для наливных грузов – резервуары; для скоропортящихся продуктов – изотермические склады, склады-холодильники с машинным охлаждением; для сельхозпродуктов – овощехранилища и фруктохранилища различных типов [1].

По классности склады делятся на четыре класса: А, В, С и D.

Класс склада определяется в зависимости от следующих параметров: конструктивно-планировочные решения; наличие и состояние инженерных систем; местоположение и транспортная доступность; площадь застройки территории; прилегающая территория.

В логистической системе склад представляет собой структуру, осуществляющую преобразование входящих и выходящих потоков.

Исходными данными для определения основных параметров складов являются грузопотоки и режим работы.

Общая величина грузопотока складывается из грузопотоков прибытия, отправления и внутрискладской грузопереработки [10]:

$$Q_{\Gamma} = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{вн}} + Q_{\text{отпр}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – годовой объем грузопотока по прибытию на склад, т;

$Q_{\text{вн}}$ – годовой объем внутрискладской грузопереработки, т;

$Q_{\text{отпр}}$ – годовой объем грузопотока по отправлению со склада, т.

Исходя из прогнозируемой (планируемой) величины годового грузопотока определяют предполагаемый среднесуточный грузопоток

$$Q_{\text{сут}}^{\text{сп}} = Q_{\text{г}} / T, \quad (2)$$

где T – продолжительность работы склада в течение года, сут.

Режим работы склада можно рассматривать как детерминированный или как случайный процесс. При детерминированном режиме работы предполагается поступление груза (транспортных средств под погрузку или выгрузку) равномерно или в строго фиксированные моменты времени, через определенные интервалы, продолжительность обработки каждой партии груза также четко определена и не отклоняется от среднего значения. Однако такой режим работы на практике встречается крайне редко, и для складов более реальным является случайный характер поведения обслуживаемых потоков. При данном процессе время поступления груза, его количество и продолжительность обработки значительно отклоняются от среднего значения, т. е. носят вероятностный характер [13].

Поэтому для повышения уровня надежности расчетов вводят расчетный коэффициент неравномерности (k_n), а при определении параметров и технического оснащения складов используют не среднесуточные, а *расчетные размеры суточного грузопотока* $Q_{\text{сут}}^{\text{р}}$, которые учитывают вероятностные колебания грузопотоков и могут быть определены по заданному или рассчитанному коэффициенту неравномерности либо с использованием положений теории вероятностей.

Коэффициент неравномерности грузопотоков зависит от типа и назначения склада, рода груза, технологии работ, способа и условий перевозок и т. д. и может изменяться в широких пределах. На практике этот коэффициент нередко задают произвольно, без должных исследований закономерностей грузопотока, что может привести к серьезным ошибкам при проектировании склада. При этом руководствуются в основном известными закономерностями: с увеличением грузопотока его неравномерность снижается; железнодорожный транспорт работает более равномерно, чем автомобильный; массовое и крупносерийное производство «работают» более ритмично, чем мелкосерийное и единичное и др. [13].

Более точно в процессе технического обследования действующего склада, в зависимости от имеющихся исходных данных, поставленных при проектировании склада задач, требуемой детализации технических решений неравномерность внешнего грузопотока прибытия на склад или отправления грузов со склада может быть определена [13]:

1) с использованием коэффициента неравномерности, рассчитанного на основе максимально возможного грузопотока;

2) с применением положений теории вероятностей [13].

По первому из указанных методов (аналитическому) коэффициент неравномерности грузопотока, прибывающего на склад или отправляемого со склада, определяется по формуле [13]

$$k_n = Q_{\max} / Q_{\text{сут}}^{\text{cp}}, \quad (3)$$

где Q_{\max} – максимальный суточный грузопоток по прибытию или отправлению за определённый, достаточно длительный период времени (как правило, за год).

Расчетный суточный грузопоток определяется по формуле

$$Q_{\text{сут}}^{\text{p}} = k_n Q_{\text{сут}}^{\text{cp}}. \quad (4)$$

Этот метод дает завышенное (максимальное) значение коэффициента неравномерности, которое может наблюдаться в течение года чрезвычайно редко (например, один-два раза), а соответственно и размера расчетного суточного грузопотока [13].

Более точно и обоснованно неравномерность можно определить на основе второго метода, в котором применяются теория вероятностей и математическая статистика. Он основан на том, что коэффициент неравномерности является только промежуточной величиной и поэтому его определение при расчетах складов необязательно, а возможно непосредственное определение расчетного суточного грузопотока без предварительного вычисления коэффициента неравномерности. В этом случае задается доверительная вероятность (β) того, что грузопоток не превысит определенной расчетной величины (как правило, для расчетов рекомендуется принимать $0,90 \leq \beta \leq 0,95$) [13].

Для определения расчетных суточных грузопотоков на складе и объемов грузопереработки строят технологическую схему перемещения груза. Взаимодействие железнодорожного и автомобильного транспорта в общем виде приведено на рисунке 1 [2].

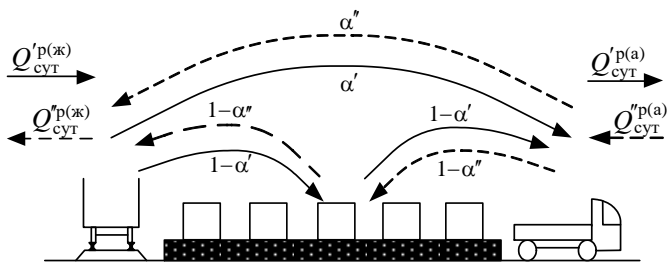


Рисунок 1 – Технологическая схема перемещения груза на складе

На рисунке 1 обозначены:

$Q_{\text{сут}}^{\text{р(ж)}}, Q_{\text{сут}}^{\text{нр(ж)}}$ – расчетный суточный грузопоток соответственно по прибытию и по отправлению в железнодорожном подвижном составе, т;

$Q_{\text{сут}}^{\text{р(а)}}, Q_{\text{сут}}^{\text{нр(а)}}$ – расчетный суточный грузопоток соответственно по прибытию и по отправлению в автомобильном подвижном составе, т;

α', α'' – доля грузопотока, перерабатываемого по «прямому варианту» (перегрузка из одного транспортного средства в другое без хранения на складе), прибывающая соответственно в железнодорожном и автомобильном подвижном составе.

$$Q_{\text{сут}}^{\text{р(ж)}} = m_{\text{сут}}^{\text{р}} P_{\text{тех}}^{\text{(в)}}, \quad (5)$$

$$Q_{\text{сут}}^{\text{нр(ж)}} = m_{\text{сут}}^{\text{нр}} P_{\text{тех}}^{\text{(в)}}, \quad (6)$$

где $m_{\text{сут}}^{\text{р}}, m_{\text{сут}}^{\text{нр}}$ – расчетный суточный груженный вагонопоток соответственно по прибытию и отправлению, ваг.;

$P_{\text{тех}}^{\text{(в)}}, P_{\text{тех}}^{\text{(б)}}$ – техническая норма загрузки вагонов соответственно прибывающими и отправляемыми грузами, т.

Технической нормой загрузки называется оптимальное количество рациональным способом подготовленного груза, которое может быть погружено в вагон, контейнер при наилучшем использовании их грузоподъемности и вместимости.

Для *тарно-упаковочных грузов* техническая норма загрузки вагона определяется по формуле

$$P_{\text{тех}}^{\text{т-у}} = V_{\text{ваг}} P_{\text{гм}} K_y / V_{\text{гм}}, \quad (7)$$

где $V_{\text{ваг}}$ – внутренний объем кузова крытого вагона, м³;

$P_{\text{гм}}$ – масса одного грузового места (поддон с грузом, мешок, ящик и т. п.), т;

K_y – коэффициент плотности укладки грузовых мест в вагоне (0,8–0,9);

$V_{\text{гм}}$ – объем одного грузового места, м³.

Для *штучных грузов, перевозимых на открытом подвижном составе*,

$$P_{\text{тех}}^{\text{шт}} = P_{\text{гм}}^{\text{шт}} n_{\text{гм}}, \quad (8)$$

где $P_{\text{гм}}^{\text{шт}}$ – масса одного грузового места, т;

$n_{\text{гм}}$ – количество штучных грузов, размещаемых в вагоне в соответствии с техническими условиями погрузки, шт.

Для *универсальных контейнеров* техническая норма загрузки вагонов

$$P_{\text{тех}}^{\text{к}} = n_{\text{к}} P_{\text{тех}}^{\text{к}}, \quad (9)$$

где n_k – количество размещаемых в вагоне контейнеров;

$P_{\text{тех}}^k$ – техническая норма загрузки контейнера, т.

Расчетный суточный грузовой вагоноток по прибытию и отправлению при нормальном распределении случайной величины вагоноттока определяется по формулам [3]

$$m_{\text{сут}}^{r(p)} = m_{\text{сут}}^{r(\text{cp})} + \sigma' t_{\beta}, \quad (10)$$

$$m_{\text{сут}}^{n(p)} = m_{\text{сут}}^{n(\text{cp})} + \sigma'' t_{\beta}; \quad (11)$$

где $m_{\text{сут}}^{r(\text{cp})}$, $m_{\text{сут}}^{n(\text{cp})}$ – среднесуточный грузовой вагонотток соответственно по прибытию и отправлению, ваг.;

$$m_{\text{сут}}^{r(\text{cp})} = \frac{Q_{\text{сут}}^{r(\text{cp})}}{P_{\text{тех}}^{r(\text{в})}}, \quad (12)$$

$$m_{\text{сут}}^{n(\text{cp})} = \frac{Q_{\text{сут}}^{n(\text{cp})}}{P_{\text{тех}}^{n(\text{в})}}; \quad (13)$$

$Q_{\text{сут}}^{r(\text{cp})}$, $Q_{\text{сут}}^{n(\text{cp})}$ – среднесуточный грузооборот соответственно прибывающий и отправляемый в вагонах, т;

$$Q_{\text{сут}}^{r(\text{cp})} = \frac{Q'_{\text{год}}}{T}, \quad (14)$$

$$Q_{\text{сут}}^{n(\text{cp})} = \frac{Q''_{\text{год}}}{T}; \quad (15)$$

$Q'_{\text{год}}$, $Q''_{\text{год}}$ – годовой объем поступления груза в вагонах под выгрузку и соответственно загружаемого в вагоны, т;

T – продолжительность работы склада в течение года, сут.;

σ' , σ'' – среднее квадратическое отклонение суточного вагоноттока от средней величины соответственно по прибытию и отправлению, ваг.;

t_{β} – коэффициент, зависящий от уровня доверительной вероятности β .

$$\sigma' = a^{\text{пр}} \left(m_{\text{сут}}^{r(\text{cp})} \right)^b, \quad (16)$$

$$\sigma'' = a^{\text{от}} \left(m_{\text{сут}}^{n(\text{cp})} \right)^b, \quad (17)$$

где $a^{пр}$, $a^{от}$, b – эмпирические коэффициенты, зависящие от рода груза, значения которых можно принимать в соответствии с таблицей 1 [3].

Таблица 1 – Значения коэффициентов $a^{пр}$, $a^{от}$, b

Род груза	$a^{пр}$	$a^{от}$	b
Каменный уголь	1,224	1,066	0,660
Нефтеналивные	1,260	1,106	0,658
Руда	1,293	1,188	0,657
Черные металлы	1,249	1,090	0,652
Лесные	1,232	1,076	0,676
Минеральные и строительные материалы	1,393	1,225	0,653
Химические и минеральные удобрения	1,289	1,128	0,642
Зерновые	1,420	1,241	0,662
Прочие	1,320	1,139	0,701

Значение коэффициента t_{β} принимается в зависимости от выбранного уровня доверительной вероятности (таблица 2).

Таблица 2 – Значения коэффициента t_{β}

Уровень доверительной вероятности	0,80	0,83	0,85	0,87	0,90	0,92	0,95	0,98	0,99
t_{β}	1,282	1,371	1,439	1,513	1,643	1,750	1,960	2,325	2,576

Расчетный суточный автомобильепоток с прибывающим ($n'_{сут}^{(п)}$) и отправляемым ($n''_{сут}^{(п)}$) грузами определяется по формулам [3]:

$$n'_{сут}^{(п)} = \frac{Q_{сут}^{пр(ж)}}{P_{тех}^{(а)}}; \quad (18)$$

$$n''_{сут}^{(п)} = \frac{Q_{сут}^{пр(ж)}}{P_{тех}^{(а)}}, \quad (19)$$

где $P_{тех}^{(а)}$, $P_{тех}^{(а)}$ – загрузка автомобиля соответственно прибывающим и отправляемым грузами, т.

Расчетный суточный объем груза, поступающего на хранение в склад, т,

$$Q_{сут}^{р(ск)} = Q_{сут}^{пр(ж)} (1 - \alpha') + Q_{сут}^{пр(а)} (1 - \alpha''), \quad (20)$$

а перерабатываемый подъемно-транспортными машинами –

$$Q_{сут}^{р(м)} = Q_{сут}^{пр(ж)} (2 - \alpha') + Q_{сут}^{пр(а)} (2 - \alpha''). \quad (21)$$

Пример 1. Определить расчетный суммарный грузопоток на складе и объем грузопереработки при следующих исходных данных:

– груз прибывает на склад от поставщиков в 20-футовых контейнерах железнодорожным транспортом и доставляется со склада потребителям автомобильным транспортом в тех же контейнерах ($Q_{\text{вн}} = 0$);

– планируемый годовой грузопоток по прибытию на склад составляет $Q_2 = 100$ тыс. т;

– продолжительность работы склада в течение года $T = 365$ сут;

– доля грузопотока, перерабатываемого по «прямому варианту» (вагон-автомобиль) $\alpha' = 0,05$;

– техническая норма загрузки 20-футового контейнера $p_{\text{тех}}^k = 11$ т.

Решение: Среднесуточный грузопоток по прибытию на склад по формуле (2)

$$Q_{\text{сут}}^{(\text{сп})} = 100000 / 365 = 274 \text{ т/сут.}$$

При использовании для перевозки специализированных платформ для крупнотоннажных контейнеров (фитинговых платформ) с размещением на каждой из них трех 20-футовых контейнеров ($n_k = 3$) техническая норма загрузки вагона по формуле (9)

$$P_{\text{тех}}^{(\text{б})} = P_{\text{тех}}^k = 3 \cdot 11 = 33 \text{ т.}$$

Среднесуточный грузовой вагонопоток по прибытию по формуле (12)

$$m_{\text{сут}}^{(\text{сп})} = 274 / 33 = 8,3 \text{ ваг.}$$

Расчетный суточный грузовой вагонопоток по прибытию при нормальном распределении случайной величины вагонопотока определим по формуле (10). При уровне доверительной вероятности $\beta = 0,95$ согласно таблице 2 значение $t_{\beta} = 1,96$, а эмпирических коэффициентов, зависящих от рода груза, в соответствии с таблицей 1 $a^{\text{сп}} = 1,320$ и $b = 0,701$. Тогда среднеквадратическое отклонение суточного вагонопотока от средней величины по прибытию на склад по формуле (16)

$$\sigma' = 1,32 \cdot (8,3)^{0,701} = 5,82 \text{ ваг.}$$

и расчетный суточный грузовой вагонопоток по прибытию по формуле (10)

$$m_{\text{сут}}^{(\text{р})} = 8,3 + 5,82 \cdot 1,96 = 19,7 \text{ ваг.}$$

Расчетный суточный грузопоток по прибытию на склад железнодорожным транспортом по формуле (5)

$$Q_{\text{сут}}^{(\text{р(ж)})} = 19,7 \cdot 33 = 650,1 \text{ т.}$$

При отправлении груза со склада потребителям автомобильным транспортом загрузка автотранспортного средства $P_{\text{тех}}^{(\text{а})} = 11$ т (на автотранспортном средстве размещается один 20-футовый контейнер). Расчетный суточный автомобилепоток по отправлению груза со склада по формуле (19)

$$n_{\text{сут}}^{(\text{р})} = 650,1 / 11 = 59,1 \text{ авт. рейсов/сут.}$$

Расчетный суточный грузопоток, поступающий на хранение на склад, с учетом того, что груз по условию прибывает только железнодорожным транспортом ($Q_{\text{сут}}^{(\text{а})} = 0$) по формуле (20)

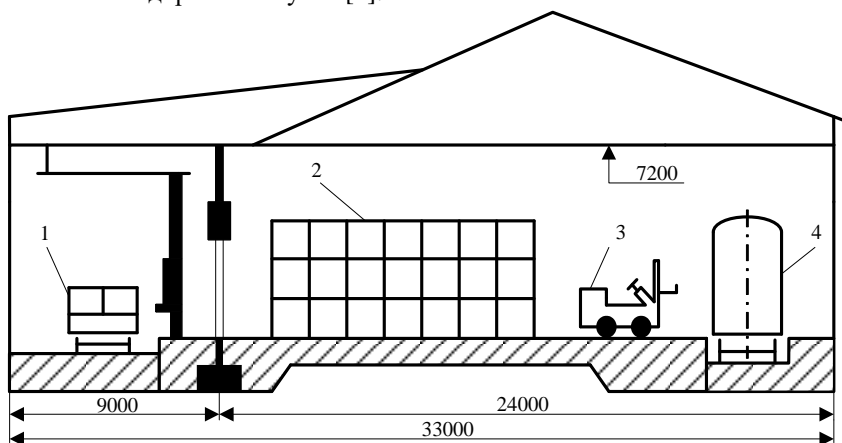
$$Q_{\text{сут}}^{\text{р(ск)}} = 650,1 \cdot (1 - 0,05) = 617,6 \text{ т.}$$

Расчетное суточное количество груза, перерабатываемое подъемно-транспортными машинами, по формуле (21)

$$Q_{\text{сут}}^{\text{р(м)}} = 650,1 \cdot (2 - 0,05) = 1267,7 \text{ т.}$$

Наряду с величиной и характером грузопотоков, а также сроком и условиями хранения грузов на выбор склада и его оборудования влияют: транспортная характеристика грузов; вид подвижного состава, обслуживающего склад; размер капитальных вложений; величина эксплуатационных расходов и др. При создании складов надо учитывать и анализировать все перечисленные выше факторы.

Для хранения **тарно-упаковочных грузов** используются крытые склады, которые могут быть с внутренним (рисунок 2) или внешним расположением железнодорожных путей [2].



1 – автомобиль; 2 – пакеты груза; 3 – погрузчик; 4 – вагон

Рисунок 2 – Крытый склад с внутренним расположением железнодорожного пути

Крытые склады для тарно-упаковочных грузов сооружаются, как правило, по типовым проектам длиной до 288 м. Ширина зданий крытых однопролетных складов принимается 18, 24, 30, 36 м.

Высота склада определяется технологией работы и типом используемых подъемно-транспортных машин.

Хранение тарно-штучных грузов в складах может выполняться на стеллажах и в штабелях. Штабельная система хранения является широко распространенной (рисунок 3). Она проста и имеет ряд достоинств. Главное – обеспечивается максимальное использование площади склада при полном отсутствии капитальных затрат на строительство стеллажей и работать может практически любая техника [1].

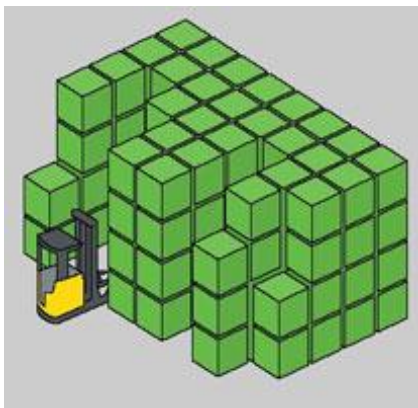


Рисунок 3 – Бесстеллажное хранение

Однако у бесстеллажного хранения есть значительные недостатки – затрудненный доступ к грузам различной номенклатуры и ограниченная высота складирования, которая определяется прочностью упаковки груза. Поэтому бесстеллажное хранение можно считать оптимальным решением, если на складе должно храниться значительное количество однотипного груза и возможно его штабелирование в несколько ярусов.

Стеллажное хранение при более высокой стоимости сооружения склада позволяет устранить недостатки бесстеллажной системы хранения. Наиболее распространенными типами стеллажей являются: фронтальные (рисунок 4), двойной глубины, узкопроходные, глубинные, гравитационные [1].

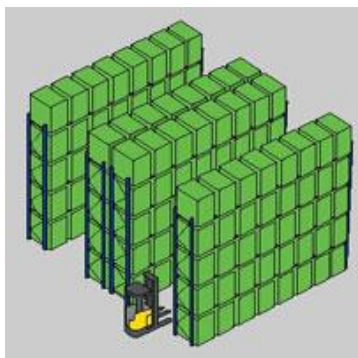


Рисунок 4 – Фронтальные стеллажи

Контейнерные пункты, на которых выполняются операции по погрузке, выгрузке и хранению контейнеров, представляют собой открытые площадки. Покрытие площадок может быть асфальтовым и асфальтобетонным.

Площадке придается уклон от середины к краям 2 ‰. По бокам площадки устраивают дренажные каналы для отвода дождевых и талых вод и придают уклон 1 ‰, включая в общую сеть водоотвода.

Контейнеры на площадке устанавливают дверями друг к другу комплектами (группами). Между крупнотоннажными контейнерами должны быть зазоры 0,1 м, а между комплектами – 0,6–1,0 м.

На площадках предусматривают противопожарные разрывы через каждые 100 м и поперечные заезды для автомобилей через 20–25 м при работе мостовых кранов и 40 м – для кранов на железнодорожном ходу.

Крупнотоннажные контейнеры на площадке могут устанавливаться в несколько ярусов в зависимости от вида покрытия площадки и технических характеристик используемых подъемно-транспортных машин.

Лесные грузы на складах обычно хранят рассортированными по породам деревьев и размерам в отдельных штабелях. Размеры и форму штабелей выбирают в зависимости от технологии работы и средств механизации.

Круглый лес складывают и хранят на открытых площадках.

Пиломатериалы размещают на открытых складах и защищают от солнечных лучей и атмосферных осадков.

Заготовки и изделия хранят в сухих вентилируемых закрытых складах, в пакетах и рассортированными по типам и размерам.

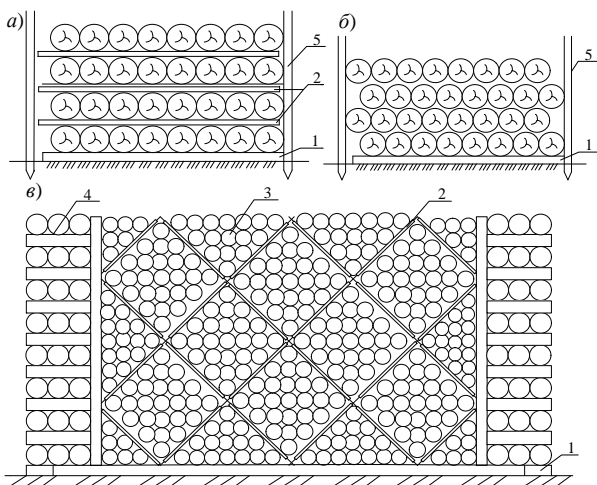
Поверхность площадок очищают от мусора, травы, снега, разравнивают и покрывают тонким слоем негашеной извести. По краям площадки устраивают водоотводные кюветы и дренажи.

Штабеля для хранения круглого леса бывают: клеточные, рядовые без прокладок, рядовые с прокладками, пакетные (рисунок 5) [1].

В качестве подштабельного основания используют круглый лес, брусья, сборный железобетон. Высота основания – 200–250 мм, прокладки-бревна – толщиной 60–80 мм, пропитанные антисептиком.

Пиломатериалы хранят в штабелях прямоугольной или квадратной формы, уложенными на ленточный фундамент. Расстояние между осями отдельных фундаментов во избежание прогиба досок принимают 2–2,5 м. Высота подштабельных оснований – 0,6–0,75 м (в зависимости от толщины снежного покрова). Поверх фундаментов укладывают брусья толщиной не менее 110 мм. Пиломатериалы хранят в штабелях правильными рядами или стандартными пакетами с разделением их сухими прокладками толщиной 25 мм. Пиломатериалы влажностью более 25 % следует хранить в штабелях с разреженной или клеточной укладкой под навесами, обеспечивающими естественную сушку. Для защиты от солнечных лучей и атмосферных осадков штабеля покрывают односкатной крышей с уклоном 0,12 ‰ из досок толщиной 22–25 мм в два слоя с перекрытием стыков. Крыша должна выступать на 0,5 м в промежутках между штабелями и на 0,75 м – в проездах [2].

Щепу, дрова, опилки можно хранить в кучах прямоугольной или круглой формы.



a – рядовой с прокладками; *б* – рядовой без прокладок; *в* – пакетно-клеточный;
 1 – основание; 2 – прокладка; 3 – пакет; 4 – клеточный штабель; 5 – стойка

Рисунок 5 – Типы штабелей для укладки круглого леса

Лесоматериалы на площадках размещают группами по 6–12 штабелей, уложенных в два параллельных ряда. Размеры штабелей и их расположение на площадке зависят от размеров леса, способа хранения и применяемых средств механизации.

Просвет между соседними штабелями принимают не менее 1 м при высоте штабеля до 6 м и 1,5 м – при большей высоте. Штабеля размещают на складе правильными рядами с шириной рабочих проездов 20 м и остальных – 5 м [2].

Тяжеловесные грузы (станки, автомобили, тракторы, строительные конструкции, прокат черных металлов и др.) хранят, как правило, на открытых площадках, устанавливая на деревянные или металлические подкладки. Зимой площадки очищают от снега и льда и под подкладки насыпают песок слоем 20–30 мм. Площадки проектируют аналогично контейнерным. Грузы, качество которых ухудшается под воздействием атмосферных осадков, располагают под навесами, в крытых складах, в пролетах заводских корпусов.

Железобетонные изделия и конструкции хранятся на деревянных подкладках и прокладках. Толщина прокладок должна быть не меньше высоты монтажных петель или выступающих частей таких изделий и конструкций. При хранении железобетонных изделий и конструкций, уложенных в несколько ярусов, прокладки следует располагать рядом с местами застропки строго по вертикали (допустимое отклонение не более 10 см). Стеновые панели устанавливают в вертикальном положении в деревянных или металлических кассетах. Железобетонные изделия и конструкции во всех случаях (при транспортировке, хранении, погрузке, выгрузке) должны занимать положение, которое они имеют в сооружении.

Хранение металла, труб, металлоконструкций на площадках производится по сортам, маркам, размерам и профилям. Укладка этих грузов на площадках производится в зависимости от их размеров в штабеля или на стеллажи.

Профильную сталь крупных сечений, рельсы, трубы укладывают в штабеля высотой 3–4 и шириной 4–5 м.

Чугунные трубы укладывают в три, четыре яруса прямыми рядами с деревянными прокладками между ярусами или в клетки с чередованием рас-трубов в разные стороны.

Металлические конструкции складывают в штабеля высотой до 2 м. При хранении конструкций в вертикальном положении против каждого штабеля устанавливают опорные столбы через 2–3 м друг от друга. К ним прислоняют конструкции.

Расстояния между соседними штабелями или рядом стоящими грузами должно быть 1,0–1,5 м [2].

Современные процессы производства погрузочно-разгрузочных и складских работ могут быть механизированными, комплексно-механизированными и автоматизированными.

К *механизированным* относятся процессы, в которых основные операции выполняются машинами, а некоторые вспомогательные, такие как формирование пакета груза, застропка и отстропка, направление и оттяжка его при подъеме и укладке, выполняются еще вручную, так как механизация этих операций трудно осуществима или в данный момент неэффективна.

К *комплексно-механизированным* процессам относятся те, в которых все операции выполняются машинами и оборудованием, а за человеком остается управление, регулирование и контроль за работой машин.

При *автоматизированном* процессе грузовых операций предусматривается применение машин и устройств, действующих автоматически без участия человека в управлении, регулировании и контроле за ними. В функции человека остаются наблюдение за работой машины и готовность при необходимости принять управление на себя [1].

При выборе подъемно-транспортных машин для выполнения погрузочно-выгрузочных операций и переработки груза на складе необходимо учитывать основные их технико-эксплуатационные параметры, к которым относятся: грузоподъемность; пролет крана; длина и вылет стрелы; вылет консолей; скорости передвижения подъемно-транспортной машины, грузоподъемной тележки, подъема-опускания груза; частота вращения кузова; габаритные размеры; мощность двигателей; высота подъема груза. Технико-эксплуатационные параметры подъемно-транспортных машин приводятся в различной справочной литературе (например в [15]).

Грузозахватные устройства служат для захвата (застропки), надежного удержания, ориентирования и освобождения (отстропки) грузов при производстве погрузочно-разгрузочных операций с различными грузами.

Время на застропку и отстропку груза составляет от 20 до 80 % общей продолжительности рабочих циклов подъемно-транспортных машин. Поэтому их

производительность находится в прямой зависимости от конструктивных качеств захватных устройств и правильного подбора к конкретному грузу и условиям работы с ним.

При выборе грузозахватных устройств к ним предъявляются следующие требования:

- простота и прочность конструкции, обеспечивающие надежность и безопасность работы;
- минимальная собственная масса, что связано с производительностью подъемно-транспортной машины и расходом энергии на 1 т перерабатываемого груза;
- минимальная продолжительность захвата и освобождения груза;
- обеспечение сохранности перерабатываемого груза и подвижного состава;
- соответствие требованиям охраны труда и окружающей среды [2].

Для определения необходимых параметров склада на основании выбранных подъемно-транспортных машин разрабатывается схема выполнения погрузочно-разгрузочных и складских работ с указанием взаимного расположения обслуживающих склад транспортных средств, зоны складирования и хранения груза, выполняющих технологические операции подъемно-транспортных машин. Схемы выполнения погрузочно-разгрузочных и складских работ при использовании различных типов подъемно-транспортных машин приведены на рисунках 6–9 [2].

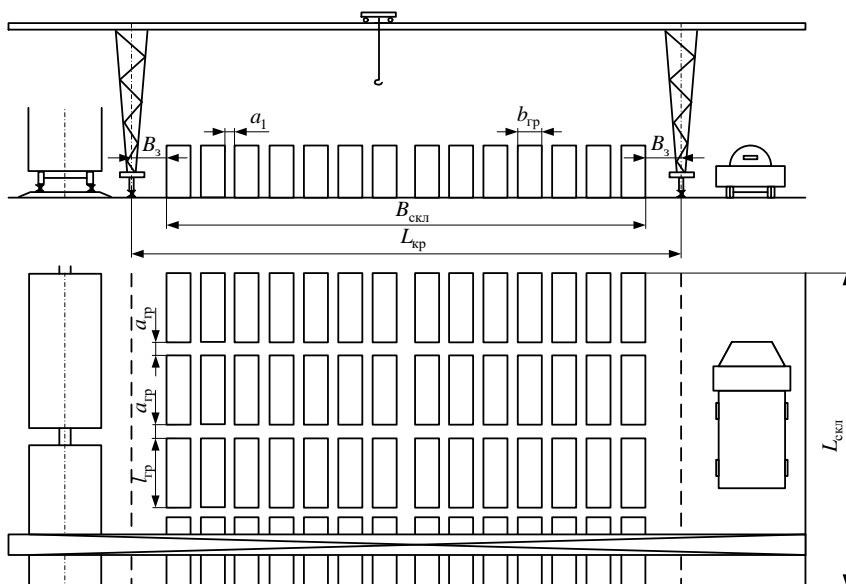
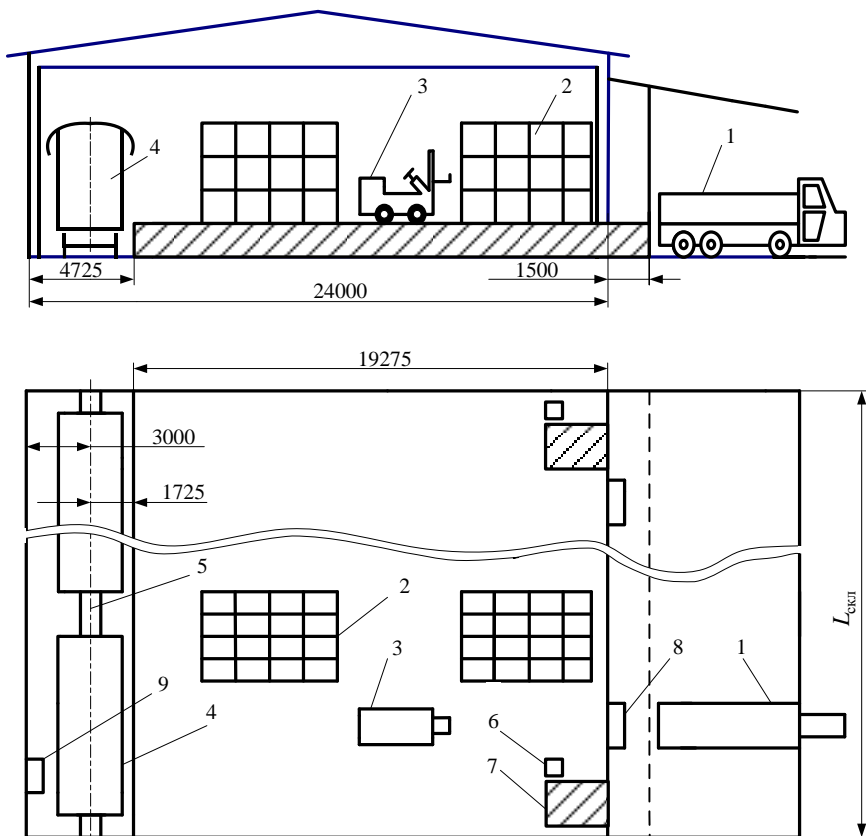


Рисунок 6 – Схема выполнения работ со штучными грузами при использовании козловых кранов



1 – автомобиль; 2 – пакеты груза; 3 – погрузчик; 4 – вагон; 5 – железнодорожный путь;
 6 – помещение приемосдатчика; 7 – весы; 8 – дверной проем; 9 – запасной выход

Рисунок 7 – Схема выполнения работ с тарно-упаковочными грузами при использовании электро-, автопогрузчиков

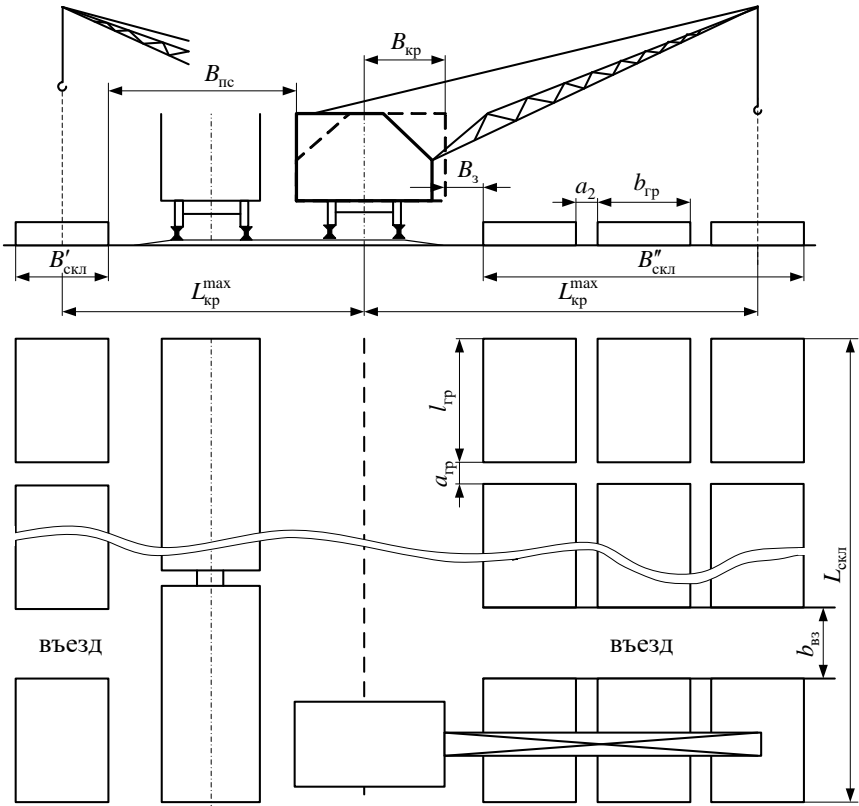


Рисунок 8 – Схема выполнения работ со штучными грузами при использовании стреловых кранов

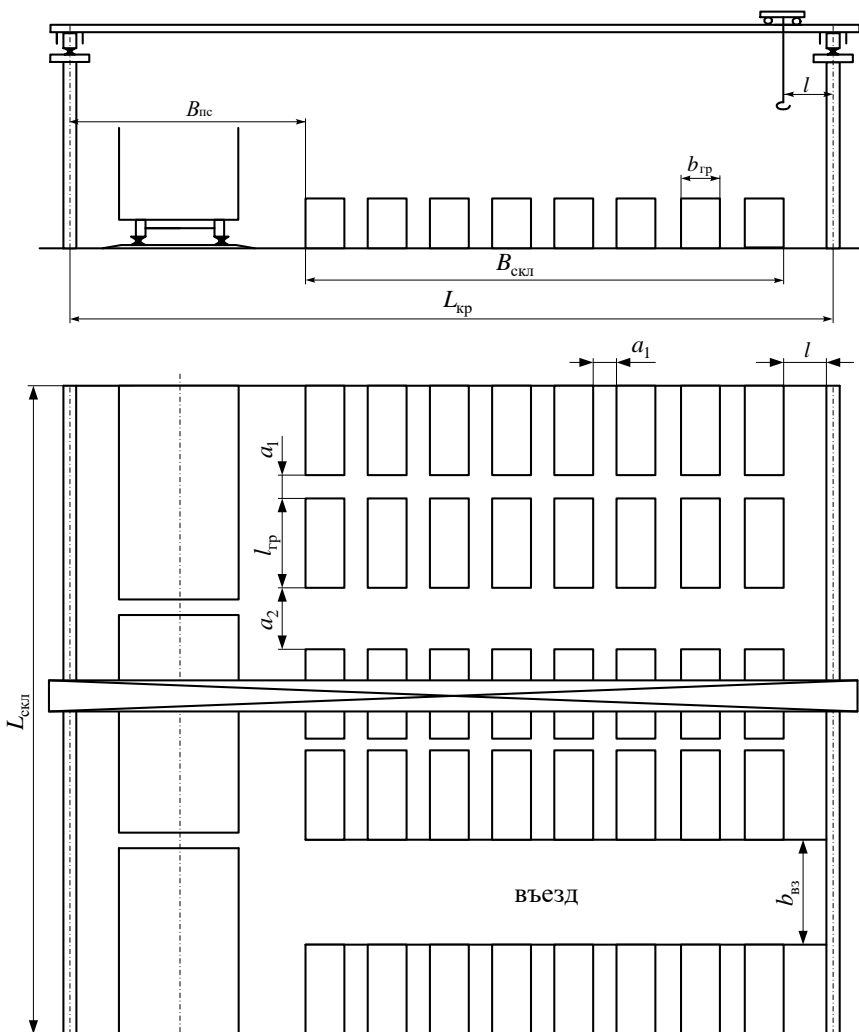


Рисунок 9 – Схема выполнения работ с контейнерами при использовании мостовых кранов

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ПЛОЩАДИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН СКЛАДА

Конструктивные особенности складов многообразны и зависят от классификационных отличий. Вместе с тем практически на любом складе должны быть основные помещения (таблица 1) [1].

Таблица 1 – Основные группы складских помещений

Наименование	Назначение
Основного производственного назначения	Хранение, прием и отпуск (экспедиция), распаковка, упаковка, фасовка и комплектация продукции
Вспомогательные	Хранение тары, упаковки, многооборотных поддонов и контейнеров. В этих помещениях размещают также мастерские по ремонту тары и т. п.
Подсобно-технические	Размещение коммуникаций и инженерных устройств (помещения машинных отделений, вентиляционные камеры, котельные, кладовые хозяйственных материалов, инвентаря, ремонтные мастерские, подзарядные аккумуляторные станции)
Административные (служебные)	Кабинеты служащих, офисы для приема посетителей, залы товарных образцов, компьютерный центр и т. п.
Бытовые	Места отдыха и приема пищи, раздевалки, душевые, санитарные узлы и т. п.

Помещения основного производственного назначения можно подразделить на следующие функциональные зоны: разгрузки, приемки груза по количеству и качеству, хранения, внутрискладской переработки груза (подбора, комплектования, упаковки заказов), выдачи груза, погрузки (рисунок 1) [12].

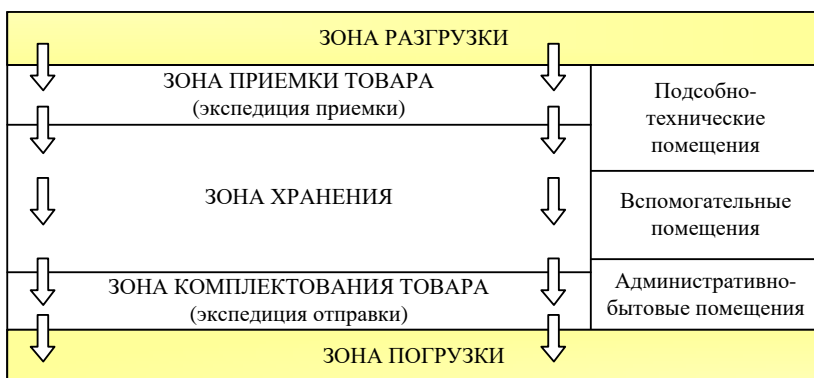


Рисунок 1 – Схема размещения основных функциональных зон склада

Все перечисленные зоны должны размещаться на складе так, чтобы наилучшим образом реализовать складской технологический процесс. Зоны должны быть связаны между собой проходами и проездами и обслуживаться комплексом взаимосвязанных подъемно-транспортных машин.

Зона хранения груза занимает на складе самую большую площадь, к ней обычно примыкают зоны комплектования и упаковки. В свою очередь, последние размещают рядом с зоной погрузки. Зона разгрузки должна быть рядом с зоной приема груза по количеству и качеству. Зону разгрузки и зону погрузки на складах с небольшими объемами работы часто объединяют в одну погрузочно-разгрузочную зону [1].

Эффективность работы склада во многом зависит от выполнения ряда технологических требований, предъявляемых к устройству склада, и требований к планированию складских помещений. Объемно-планировочные решения складских зданий должны отвечать оптимальной технологии складских операций, а площади и объемы складских помещений должны соответствовать характеру и объему выполняемых операций. Складские помещения необходимо планировать таким образом, чтобы [1]:

- внутрискладской технологический процесс был поточным (желательно сквозным, прямоточным) и непрерывным;

- продукция на складе была размещена наиболее рационально (занимала меньше складской площади и объема, тем самым обеспечивалось их оптимальное использование);

- условия хранения позволяли полностью сохранять количество продукции и не допускать ухудшения ее качества ниже существующих норм (размещать продукцию таким образом, чтобы исключалось неблагоприятное влияние одних видов продукции на другие, поддерживать необходимые температуру и влажность в помещении, не допускать возможности проникновения на склад посторонних лиц и извлечения продукции, хранящейся на складе, без вскрытия штатных ворот и дверей и др.);

- был обеспечен удобный доступ к продукции (правильно выбрано и размещено складское оборудование, определены необходимые размеры проходов и проездов и т. д.);

- обеспечивалась возможность применения средств механизации и автоматизации и их высокопроизводительная работа (надо стремиться к тому, чтобы основные складские операции были механизированы, а при больших объемах работ автоматизированы).

Кроме перечисленных требований устройство складов и организация их работы должны отвечать требованиям экологической безопасности, санитарии и гигиены труда, сохранности грузов, техники безопасности и пожарной безопасности, которые определяются действующими стандартами (СТБ),

ГОСТами, строительными нормами и правилами (СНиП), санитарными правилами и нормами (СанПиН) [1].

К основным параметрам складов относятся их вместимость, площадь, длина и ширина.

Для определения площади склада необходимо предварительно определить его потребную вместимость. Вместимость склада для любого вида груза [2]

$$E_c = Q_{\text{сут}}^{\text{р(ск)}} t_{\text{хр}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{сут}}^{\text{р(ск)}}$ – расчетный суточный объем груза, поступающего на хранение в склад, т/сут;

$t_{\text{хр}}$ – срок хранения груза на складе, сут (в местах общего пользования на железнодорожном транспорте можно принимать [3]: для тарно-упаковочных грузов по отправлению железнодорожным транспортом со склада – 1,5 сут, по прибытию железнодорожным транспортом на склад – 2,0 сут; для контейнеров – 1,0 и 2,0 сут; для тяжеловесных и лесных грузов – 1,0 и 2,5 сут соответственно).

При проектировании логистических систем общая площадь склада укрупненно может быть определена по методу удельных допускаемых нагрузок [2]

$$S_{\text{доп}}^{\text{скл}} = \frac{k_{\text{пр}} E_c}{P_{\text{доп}}}, \quad (2)$$

где $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь на складские проходы и проезды (ориентировочно можно принимать следующие значения: для тарно-упаковочных грузов – 1,7; для контейнеров – 1,5; для тяжеловесных и лесных грузов – 1,8);

$P_{\text{доп}}$ – удельная допускаемая нагрузка на 1 м² полезной площади склада, т/м² (ориентировочно можно принимать следующие значения: для тарно-упаковочных грузов – 3,5 т/м²; для контейнеров – 4,0 т/м²; для лесных грузов – 3,0 т/м²; для металлоизделий – 5,0 т/м²).

При проектировании склада для определения его общей площади требуются более точные расчеты на основе детализации по функциональным зонам склада [10]

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{п}} + S_{\text{всп}} + S_{\text{пр}} + S_{\text{км}} + S_{\text{эп}} + S_{\text{зо}} + S_{\text{сл}} + S_{\text{доп}}, \quad (3)$$

где $S_{\text{п}}$ – полезная площадь хранения, т. е. площадь, занятая непосредственно под хранимыми товарами (штабелями, стеллажами и другим оборудованием для хранения товаров);

$S_{\text{всп}}$ – вспомогательная площадь, т. е. площадь, занятая проездами и проходами;

$S_{\text{пр}}$ – площадь зоны приемки;

$S_{\text{км}}$ – площадь зоны комплектования;

$S_{\text{эп}}$ – площадь экспедиции приемки;

$S_{\text{эо}}$ – площадь экспедиции отправки;

$S_{\text{сл}}$ – служебная площадь, т. е. площадь в помещениях складов, отведенная для оборудования рабочих мест складских работников;

$S_{\text{доп}}$ – площадь зоны для дополнительной обработки грузов.

Полезная площадь хранения определяется как сумма полезных площадей для отдельных товаров (групп товаров), хранящихся на складе, в условиях разнородности хранимых товаров, серьезных различий в характере их обработки и складирования.

Величина вспомогательной площади, занятой проходами и проездами, определяется после принятия варианта механизации и зависит от типа используемого в технологическом процессе подъемно-транспортного оборудования [10].

Наиболее точно полезную и вспомогательную площадь склада ($S_{\text{пв}} = S_{\text{п}} + S_{\text{всп}}$) можно определить по методу элементарных площадок, который учитывает параметры хранящегося груза, используемых подъемно-транспортных машин и оборудования, размещение груза на складе.

Тарно-упаковочные грузы.

При хранении в крытых складах с внутренним расположением железнодорожного пути и при использовании электро- или автопогрузчиков длина элементарной площадки (рисунок 2) [2], м,

$$l_3 = l_{\text{мд}} - b_{\text{пр}}, \quad (4)$$

где $l_{\text{мд}}$ – расстояние между осями смежных дверей со стороны автотранспорта, м;

$b_{\text{пр}}$ – ширина проезда с учетом разворота электро- или автопогрузчика, м.

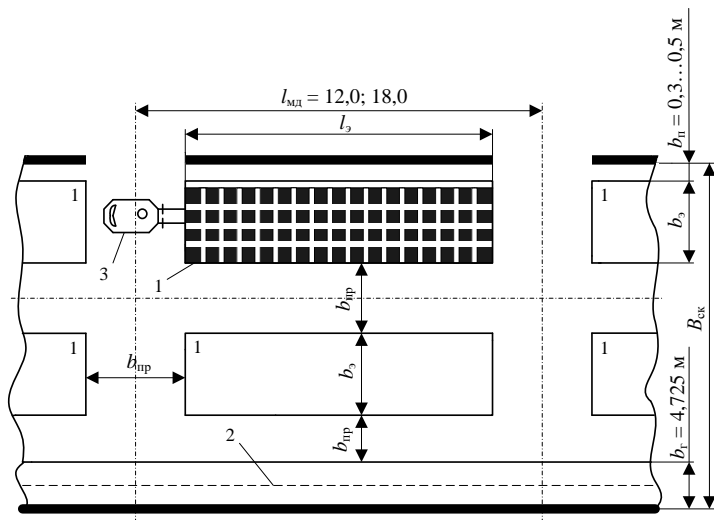
Ширина элементарной площадки, м,

$$b_3 = \frac{B_{\text{ск}}}{2} - \left(\frac{b_{\text{г}} + b_{\text{п}}}{2} + b_{\text{пр}} \right), \quad (5)$$

где $B_{\text{ск}}$ – стандартная ширина склада, м (18, 24, 30 или 36 м);

$b_{\text{г}}$ – габаритное расстояние от стенки склада до грузовой платформы со стороны железнодорожного транспорта, м;

$b_{\text{п}}$ – расстояние от стенки склада до штабеля, м.



1 – элементарная площадка; 2 – ось железнодорожного пути; 3 – погрузчик
 Рисунок 2 – Схема к расчету параметров элементарной площадки

Ширину проезда между штабелями груза определяют в зависимости от типа и размеров пакета. При укладке или взятии груза из штабеля погрузчик разворачивается на 90° , поэтому для четырехопорного погрузчика

$$b_{\text{пр}} = r_k + a + b + 2c, \text{ если } m \leq \frac{l}{2}; \quad (6)$$

$$b_{\text{пр}} = r_k + \sqrt{(a+b)^2 + \left(\frac{l}{2} - m\right)^2} + 2c, \text{ если } m \geq \frac{l}{2}; \quad (7)$$

для трехопорного погрузчика

$$b_{\text{пр}} = r_k + r_r + 2c, \quad (8)$$

где r_k, r_r – радиусы поворота по наиболее выступающей точке погрузчика и груза (пакета), м;

a – расстояние от передней оси погрузчика до вертикальной полки вил;

l, b – длина и ширина груза (пакета), м;

c – минимальный зазор между погрузчиком и штабелем (0,15–0,20 м);

$$m = \frac{b_{\text{погр}}}{2} + r_b, \quad (9)$$

$b_{\text{погр}}$ – ширина погрузчика, м;

r_b – внутренний радиус поворота, м.

Значение r_k рассчитывается по формуле

$$r_k = \sqrt{\left(m + \frac{K}{2}\right)^2 + d^2}, \quad (10)$$

где K – ширина корпуса погрузчика, м;

d – расстояние от передней оси погрузчика до пересечения внешней линии корпуса погрузчика с радиусом его поворота r_k , м.

Ориентировочно значения $b_{пр}$ можно принимать в соответствии с параметром погрузчика «ширина проездов при штабелировании с поворотом 90°» или в соответствии с параметром «Ast – ширина рабочего прохода» технических характеристик погрузчика [9].

Количество поддонов (пакетов), устанавливаемых в одном ярусе элементарной площадки [2],

$$Z_{п} = \frac{l_3 b_3}{(l_{пак} + \Delta l)(b_{пак} + \Delta l)}, \quad (11)$$

где Δl – расстояние между смежными поддонами (пакетами), равное 0,05–0,06 м;

$l_{пак}$, $b_{пак}$ – соответственно длина и ширина поддона (пакета), м.

Вместимость груза на элементарной площадке [2],

$$P_{эл} = Z_{п} k_y P_{г}, \quad (12)$$

где k_y – количество ярусов пакетов, устанавливаемых на элементарной площадке;

$P_{г}$ – масса груза в пакете, т.

Количество ярусов определяется исходя из максимальной высоты штабелирования грузов погрузчиком ($K_{погр}$) и допустимой нагрузки на квадратный метр площади склада ($K_{доп}$) [9]

$$K_{погр} = \frac{H_{погр}}{H_{пак}} + 1, \quad (13)$$

где $H_{погр}$ – максимальная высота подъема вил погрузчика, м;

$$K_{доп} = \frac{P_{доп} S_{пак}}{P_{г}}, \quad (14)$$

$S_{пак}$ – площадь, занимаемая одним поддоном (пакетом), м².

Значения $K_{погр}$ и $K_{доп}$ округляются до целых значений в меньшую сторону. Из двух полученных значений выбирается меньшее, $K_y = \min(K_{погр}; K_{доп})$.

Потребное количество элементарных площадок [2]

$$n_3 = E_c / P_{эл} . \quad (15)$$

Расчетная длина склада, м,

$$L_{ск} = n_3 l_{мд} / 2 . \quad (16)$$

Потребное количество складов определяют с учетом установленной длины одного склада.

Для складов с внешним расположением железнодорожных путей

$$b_3 = B_{ск} / 2 - (b_{пр} / 2 + b_{п}) . \quad (17)$$

Дальнейшие расчеты аналогичны рассмотренным выше.

Контейнеры и штучные грузы.

При определении параметров складов (площадок) для штучных грузов и контейнеров первоначально определяется их ширина в зависимости от используемых подъемно-транспортных машин [2]:

– для мостового крана

$$B_{ск} = L_{кр} - B_{пс} - l + b_{гр} / 2 ; \quad (18)$$

– для козлового двухконсольного крана

$$B_{ск} = L_{кр} - B_{тел} - 2B_3 ; \quad (19)$$

– для стрелового крана

$$B_{ск} = B'_{ск} + B''_{ск} = \left(L_{кр}^{max} - B_{кр} - B_{пс} + b_{гр} / 2 \right) + \left(L_{кр}^{max} - B_{кр} - B_3 + b_{гр} / 2 \right) , \quad (20)$$

где $L_{кр}^{max}$ – вылет стрелы крана, на котором грузоподъемность соответствует

массе груза с грузоподъемным устройством, м;

B_3 – величина зазора, м ($\geq 0,7$ м);

$b_{гр}$ – размер стороны груза, устанавливаемой по ширине площадки, м;

$L_{кр}$ – пролет крана, м;

$B_{пс}$ – габарит приближения строений, м (4,9 м);

l – расстояние от оси, проходящей через середину ходового колеса крана, до оси, проходящей через грузоподъемный трос в крайнем положении грузоподъемной тележки крана, м;

$B_{тел}$ – ширина ходовой тележки крана, м;

$B_{кр}$ – расстояние от оси вращения поворотной части крана до наиболее выступающей части крана, м.

Расчетные схемы определения $B_{ск}$ при использовании мостовых, козловых и стреловых кранов приведены на рисунке 3 [2].

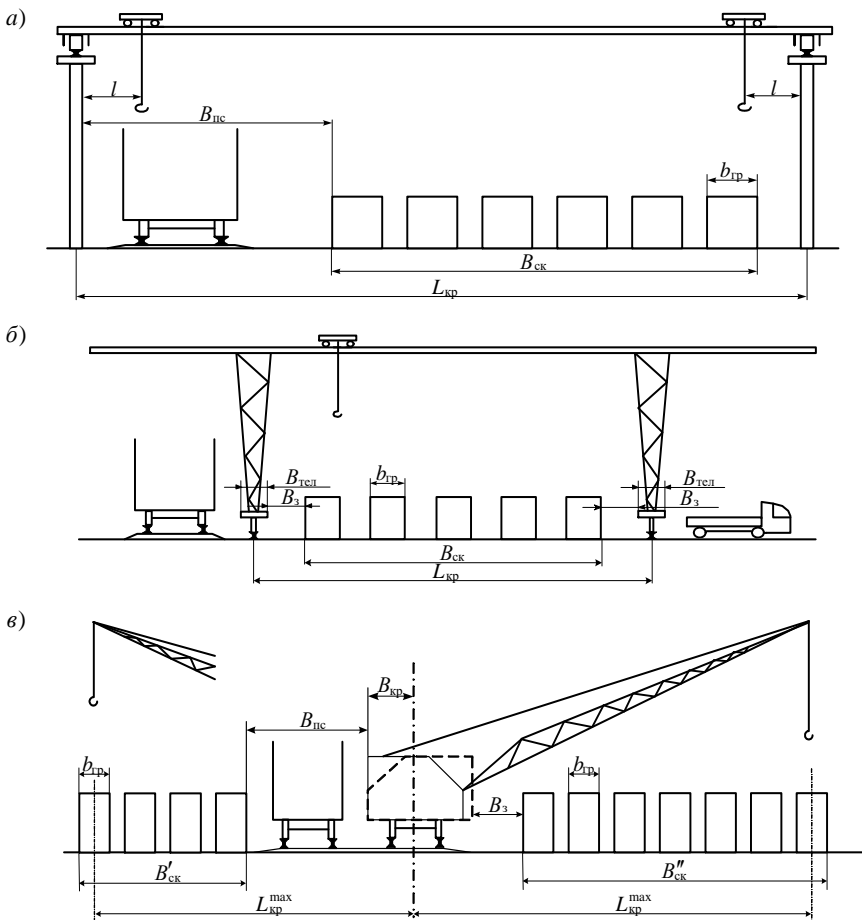


Рисунок 3 – Расчетные схемы для определения ширины склада при использовании кранов

Схема размещения штучных грузов (контейнеров) на площадке приведена на рисунке 4.

Исходя из ширины склада, определенной в зависимости от используемых подъемно-транспортных машин по формулам (18)–(20), далее рассчитывается количество элементарных площадок, размещаемых по ширине склада:

– для контейнеров

$$p_{\text{ш}} = \frac{B_{\text{ск}} + a_1}{b_{\text{к}} + a_1}; \quad (22)$$

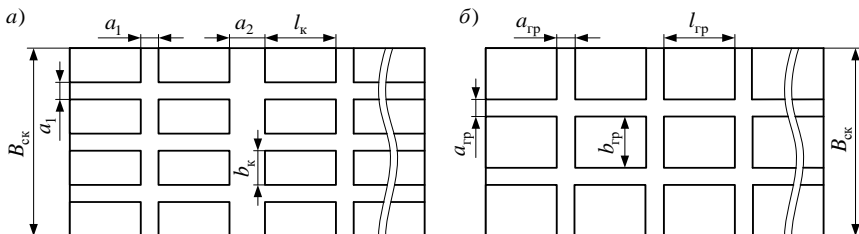
– для штучных грузов

$$p_{\text{ш}} = \frac{B_{\text{ск}} + a_{\text{гр}}}{b_{\text{гр}} + a_{\text{гр}}}, \quad (23)$$

где a_1 – расстояние между контейнерами в комплекте, м ($a_1 = 0,1$ м);

$b_{\text{к}}$, $b_{\text{гр}}$ – ширина элементарной площадки (контейнера, пакета), м;

$a_{\text{гр}}$ – расстояние между элементарными площадками для штучных грузов, м ($a_{\text{гр}} = 1 \dots 1,5$ м).



a – контейнеров; \bar{b} – штучных грузов

Рисунок 4 – Схема размещения штучных грузов и контейнеров на площадке

Необходимое количество элементарных площадок [9]

$$n_{\text{эл}} = \left[\frac{E_{\text{с}}}{P_{\text{гр}} K_{\text{я}}} \right]^*, \quad (24)$$

где $P_{\text{гр}}$ – количество груза, находящееся на элементарной площадке в одном ярусе (масса груза в одном пакете, контейнере), т;

$K_{\text{я}}$ – количество ярусов на элементарной площадке:

– для контейнеров

$$K_{\text{я}} = \frac{P_{\text{доп}} S_{\text{к}}}{G_{\text{к}}^{\text{бр}}} = \frac{P_{\text{доп}} l_{\text{к}} b_{\text{к}}}{G_{\text{к}}^{\text{бр}}}, \quad (25)$$

– для штучных грузов

$$K_{\text{я}} = \frac{P_{\text{доп}} S_{\text{пак}}}{G_{\text{пак}}^{\text{бр}}} = \frac{P_{\text{доп}} l_{\text{гр}} b_{\text{гр}}}{G_{\text{пак}}^{\text{бр}}}, \quad (26)$$

$S_{\text{к}}$, $S_{\text{пак}}$ – площадь, занимаемая одним соответственно контейнером и пакетом, м^2 ;

* Округление к целому числу в большую сторону.

$l_k, l_{гр}$ – длина соответственно контейнера и пакета, м;

$G_k^{бр}$ – масса брутто контейнера, т;

$G_{пак}$ – масса пакета с грузом, т.

Рассчитанное значение K_y округляется до целого числа в меньшую сторону.

Необходимая длина склада (площадки) для размещения штучных грузов [2]

$$L = \left[\frac{n_{эл}}{p_{ш}} \right] l_{гр} + \left[\frac{n_{эл}}{p_{ш}} - 1 \right] a_{гр}. \quad (27)$$

Длина склада (площадки) с учетом поперечных заездов для автотранспорта

$$L_{ск} = L + L_{вз}, \quad (28)$$

где $L_{вз}$ – дополнительная длина на поперечные автомобильные заезды, м,

$$L_{вз} = \left[\frac{L}{l_b} - 1 \right] b_{вз}, \quad (29)$$

l_b – расстояние между поперечными автомобильными заездами, м;

$b_{вз}$ – ширина поперечного автомобильного заезда (3,5–4,0 м).

Необходимая длина контейнерной площадки [2]

$$L_{ск} = L_k + L_{вз} + L_p, \quad (30)$$

где L_k – длина склада, необходимая для размещения контейнеров с учетом проходов и без учета заездов для автотранспорта, м,

$$L_k = \left[\frac{n_{эл}}{p_{ш}} \right] l_k + \left[\frac{n_{эл}}{2p_{ш}} \right] a_1 + \left[\frac{n_{эл}}{2p_{ш}} - 1 \right] a_2, \quad (31)$$

a_2 – ширина прохода между комплектами контейнеров, м ($a_2 = 0,6 \dots 1,0$ м);

L_p – длина склада, необходимая для размещения контейнеров, направляемых в ремонт, м.

Зоны приемки и комплектования позволяют осуществлять своевременную и качественную приемку товаров на склад и их отправку потребителям. Площади зон приемки и комплектования рассчитываются на основании нагрузок на 1 м^2 площади этих зон [10]

$$S_{пр} = \frac{365 Q_{сут}^{р(ск)} t_{пр}}{D_p q}; \quad (32)$$

$$S_{\text{км}} = \frac{365 Q_{\text{сут}}^{\text{р(ск)}} t_{\text{км}}}{D_{\text{р}} q}, \quad (33)$$

где $t_{\text{пр}}$ – продолжительность нахождения товара в зоне приемки, сут;

$D_{\text{р}}$ – число рабочих дней склада в течение года;

q – нагрузка на 1 м² площади зон приемки и комплектования, т/м²;

$t_{\text{км}}$ – продолжительность нахождения товара в зоне комплектования, сут.

Площади зон экспедиции приемки и отправки также рассчитываются на основании нагрузок на 1 м² площади этих зон [12]

$$S_{\text{эп}} = \frac{365 Q_{\text{сут}}^{\text{р(ск)}} t_{\text{эп}} d_{\text{эп}}}{D_{\text{р}} q_{\text{э}}}; \quad (34)$$

$$S_{\text{эо}} = \frac{365 Q_{\text{сут}}^{\text{р(ск)}} t_{\text{эо}} d_{\text{эо}}}{D_{\text{р}} q_{\text{э}}}, \quad (35)$$

где $t_{\text{эп}}$ – продолжительность нахождения товара в зоне экспедиции приемки, сут;

$d_{\text{эп}}$ – доля товаров, проходящих через экспедицию приемки;

$q_{\text{э}}$ – нагрузка на 1 м² площади зон экспедиции приемки и отправки, т/м²;

$t_{\text{эо}}$ – продолжительность нахождения товара в зоне экспедиции отправки, сут;

$d_{\text{эо}}$ – доля товаров, проходящих через экспедицию отправки.

В состав служебной площади склада (площади рабочих мест) входят площади различных административных (служебных) помещений. Они определяются в соответствии со строительными нормами и правилами, рассчитываются в зависимости от количества работающих на складе по нормам площади на одного работающего и потребности в офисных помещениях. Например, рабочее место заведующего складом в 12 м² оборудуют вблизи зоны комплектования с максимально возможным обзором складского помещения, рабочие комнаты для служащих и кладовщиков – исходя из площади 4–5 м² на одного работающего, кабинеты для руководства – площадью не менее 9 м² [4].

В случае осуществления на складе дополнительной обработки грузов (фасовки, упаковки и т. п.) величина площади данной зоны зависит от вида и объемов выполняемых работ, а также габаритных размеров используемого для этих целей оборудования.

Пример 1. Определить параметры и площади функциональных зон крытого склада для тарно-упаковочных грузов с внутренним расположением железнодорожного пути при следующих исходных данных:

- расчетный суточный объем груза, поступающего на хранение в склад, $Q_{\text{сут}}^{\text{р(ск)}} = 1500$ т/сут;
- срок хранения груза на складе $t_{\text{хр}} = 2$ сут;
- удельная допустимая нагрузка на 1 м^2 полезной площади склада $P_{\text{доп}} = 3,5$ т/м²;
- коэффициент, учитывающий дополнительную площадь на складские проезды и проезды, $K_{\text{пр}} = 1,7$;
- погрузочно-разгрузочные и складские работы осуществляются автопогрузчиками Toyota грузоподъемностью 1 т;
- масса груза в пакете (на поддоне) $P_{\text{г}} = 0,6$ т;
- склад работает ежедневно в течение года $D_{\text{р}} = 365$;
- продолжительность нахождения товара в зоне приемки $t_{\text{пр}} = 0,15$ сут;
- продолжительность нахождения товара в зоне комплектования $t_{\text{км}} = 0,3$ сут;
- нагрузка на 1 м^2 площади зон приемки и комплектования $q = 1,4$ т/м²;
- продолжительность нахождения товара в зоне экспедиции приемки $t_{\text{эл}} = 0,5$ сут;
- продолжительность нахождения товара в зоне экспедиции отправки $t_{\text{зо}} = 0,25$ сут;
- доля товаров, проходящих через экспедицию приемки, $d_{\text{эл}} = 0,3$;
- доля товаров, проходящих через экспедицию отправки, $d_{\text{зо}} = 0,5$;
- нагрузка на 1 м^2 площади зон экспедиции приемки и отправки $q_{\text{з}} = 1,4$ т/м²;
- служебная площадь (площадь рабочих мест) склада составляет $S_{\text{сл}} = 46$ м²;
- дополнительная обработка грузов на складе не производится $S_{\text{доп}} = 0$.

Решение. Определим требуемую вместимость склада по формуле (1)

$$E_{\text{с}} = 1500 \cdot 2 = 3000 \text{ т.}$$

Укрупненно площадь склада по методу удельных допустимых нагрузок рассчитывается по формуле (2)

$$S_{\text{доп}}^{\text{скл}} = \frac{1,7 \cdot 3000}{3,5} = 1458 \text{ м}^2.$$

Более точно необходимую площадь склада определим на основе расчета площади его функциональных зон.

Полезную и вспомогательную площади склада ($S_{\text{пв}}$) определим по методу элементарных площадок.

При хранении тарно-упаковочных грузов в крытом складе с внутренним расположением железнодорожного пути при использовании автопогрузчиков длина элементарной площадки рассчитывается по формуле (4). При ширине проезда с учетом разворота автопогрузчика при штабелировании на 90° в соответствии со справочной литературой $b_{\text{пр}} = 3,22$ м и принятом расстоянии между осями смежных дверей со стороны автотранспорта $l_{\text{мд}} = 18$ м длина элементарной площадки

$$l_{\text{з}} = 18 - 3,22 = 14,78 \text{ м.}$$

При стандартной ширине склада, принимаемой $B_{ск} = 24$ м, габаритном расстоянии от стенки склада до грузовой платформы со стороны железнодорожного транспорта $b_r = 4,725$ м и расстоянии от стенки склада до штабеля $b_{ш} = 0,5$ м ширина элементарной площадки по формуле (5)

$$b_3 = \frac{24}{2} - \left(\frac{4,725 + 0,5}{2} + 3,22 \right) = 6,16 \text{ м.}$$

При транспортировке и складировании груза на поддонах размером 1200×800 мм и расстоянии между смежными пакетами (поддонами) $\Delta l = 0,05$ м количество поддонов (пакетов), устанавливаемых в одном ярусе элементарной площадки, по формуле (11)

$$Z_{ш} = \frac{14,78 \cdot 6,16}{(1,2 + 0,05) \cdot (0,8 + 0,05)} = 85 \text{ поддонов.}$$

Количество ярусов на одной элементарной площадке при максимальной высоте подъема вилок погрузчика согласно справочной литературе $H_{погр} = 3$ м, высота пакета груза вместе с поддоном $H_{пак} = 1,45$ м, исходя из максимальной высоты штабелирования грузов погрузчиком, по формуле (13)

$$K_{погр} = \frac{3}{1,45} + 1 = 3$$

и допустимой нагрузки на 1 м^2 полезной площади склада по формуле (14)

$$K_{доп} = \frac{3,5 \cdot 1,2 \cdot 0,8}{0,6} = 5.$$

После сравнения полученных значений $K_{погр}$ и $K_{доп}$ в дальнейших расчетах принимается $K_я = 3$.

Вместимость груза на элементарной площадке по формуле (12)

$$P_{эл} = 85 \cdot 3 \cdot 0,6 = 153 \text{ т.}$$

Потребное количество элементарных площадок по формуле (15)

$$n_3 = 3000 / 153 = 20.$$

Расчетная длина склада для хранения груза с учетом складских проходов и проездов по формуле (16)

$$L_{ск} = 20 \cdot 18 / 2 = 180 \text{ м.}$$

Тогда полезная и вспомогательная площади склада с принятой в расчетах ширины склада $B_{ск} = 24$ м суммарно

$$S_{пв} = S_{п} + S_{всп} = 180 \cdot 24 = 4320 \text{ м}^2.$$

Площади зон приемки и комплектования согласно исходным данным примера по формулам соответственно (32) и (33) составят

$$S_{пр} = \frac{365 \cdot 1500 \cdot 0,15}{365 \cdot 1,4} = 161 \text{ м}^2;$$

$$S_{км} = \frac{365 \cdot 1500 \cdot 0,3}{365 \cdot 1,4} = 322 \text{ м}^2.$$

Площади зон экспедиции приемки и отправки согласно исходным данным примера по формулам соответственно (34) и (35) составят

$$S_{\text{зп}} = \frac{365 \cdot 1500 \cdot 0,5 \cdot 0,3}{365 \cdot 1,4} = 161 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{зо}} = \frac{365 \cdot 1500 \cdot 0,25 \cdot 0,5}{365 \cdot 1,4} = 134 \text{ м}^2.$$

В соответствии с выполненными расчетами и исходными данными примера ($S_{\text{сл}} = 46 \text{ м}^2$, $S_{\text{доп}} = 0$) общая площадь склада как сумма площадей его функциональных зон по формуле (3)

$$S_{\text{общ}} = 4320 + 161 + 322 + 161 + 134 + 46 + 0 = 5144 \text{ м}^2.$$

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ НА СКЛАДЕ

Важнейшим эксплуатационным показателем, определяющим эффективность работы подъемно-транспортных машин и их необходимое количество для выполнения работ на складе, является их производительность. Производительность подъемно-транспортной машины (ПТМ) – это количество перерабатываемого (перемещаемого) груза (т, м³, шт. и др.) за единицу времени. Различают теоретическую, техническую и эксплуатационную производительности [1].

Теоретическая производительность – это количество перерабатываемого (перемещаемого) за единицу времени груза при непрерывной работе, номинальной (расчетной) загрузке и оптимальных условиях работы [1].

Теоретическая производительность, т/ч, определяется по формуле

$$Q_{\text{T}} = G_{\text{ном}} c, \quad (1)$$

где $G_{\text{ном}}$ – грузоподъемность ПТМ, т;

c – количество циклов работы ПТМ, выполняемых за час,

$$c = \frac{3600}{T_{\text{ц}}} = \frac{3600}{\varphi \sum t_i}, \quad (2)$$

$T_{\text{ц}}$ – продолжительность одного цикла работы ПТМ, с;

φ – коэффициент совмещения операций;

t_i – продолжительность i -й операции, входящей в цикл работы ПТМ, с.

Техническая производительность – это количество перерабатываемого (перемещаемого) за единицу времени груза при непрерывной работе с учетом фактической массы перемещаемого груза [1].

Техническая производительность, т/ч, определяется по формуле

$$Q_{\text{тех}} = Q_{\text{T}} K_{\text{тр}}, \quad (3)$$

где $K_{гр}$ – коэффициент использования ПТМ по грузоподъемности,

$$K_{гр} = \frac{G_{гр}}{G_{ном}}, \quad (4)$$

$G_{гр}$ – масса фактически перемещаемого за один цикл груза, т.

Эксплуатационная производительность – это количество перерабатываемого (перемещаемого) за единицу времени груза с учетом фактической массы перемещаемого груза и перерывов в работе, т. е. фактического использования ПТМ по грузоподъемности и времени [1].

Часовая эксплуатационная производительность, т/ч, определяется по формуле

$$Q_3 = Q_T K_{гр} K_B, \quad (5)$$

а сменная эксплуатационная производительность, т/смену

$$Q_{см} = Q_T K_{гр} K_B t_{см}, \quad (6)$$

где K_B – коэффициент использования ПТМ по времени;

$t_{см}$ – продолжительность работы ПТМ в течение смены, $t_{см} = 7$ ч.

Цикл работы (рабочий цикл) ПТМ – это совокупность операций технологического процесса, при котором грузозахватный орган ПТМ перемещает груз от места захвата до места разгрузки, освобождает груз и возвращается обратно порожним для захвата следующей партии груза. Продолжительность одного цикла работы ПТМ представляет собой время от начала захвата одной партии груза до начала захвата следующей партии [9].

Время на отдельные операции цикла работы определяется хронометражным или расчетным путем, исходя из расстояний перемещения ПТМ, ее основных элементов и соответствующих скоростей передвижения.

На практике при расчетах необходимого количества ПТМ для выполнения работ на складе часто в качестве сменной эксплуатационной производительности ПТМ используют сменную норму выработки ($H_{выр}$), принимаемую в соответствии с Межотраслевыми нормами времени на погрузку, разгрузку вагонов, автотранспорта и складские работы [14], т. е. $Q_{см} = H_{выр}$.

Потребное количество подъемно-транспортных машин определяют исходя из необходимости выполнения заданных объемов работы с учетом обеспечения [2]:

1) установленных видов ремонтов и технических обслуживаний (структуры ремонтного цикла)

$$z_p = \frac{Q_{сут}^{р(м)}}{k_{см} Q_{см}} \left(1 + \frac{24 t_{рем}^{II}}{T_{рц}} \right); \quad (7)$$

2) перерабатывающей способности грузового фронта (если груз прибывает на склад или отправляется со склада железнодорожным транспортом)

$$z_{\phi} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{p(m)}}}{Q_{\text{ч}}(T - x_{\text{пу}}t_0)}, \quad (8)$$

где $Q_{\text{сут}}^{\text{p(m)}}$ – расчетное суточное количество груза, перерабатываемое ПТМ, т/сут;

$k_{\text{см}}$ – число смен работы ПТМ в течение суток;

$t_{\text{рем}}^{\text{п}}$ – продолжительность нахождения ПТМ во всех видах ремонтов и технических обслуживаний за период межремонтного цикла, сут;

$T_{\text{рц}}$ – продолжительность межремонтного цикла (время между капитальными ремонтами), ч (принимается в соответствии с приложением А);

$Q_{\text{ч}}$ – часовая эксплуатационная производительность ПТМ, т/ч ($Q_{\text{ч}} = Q_{\text{см}} / t_{\text{см}} = Q_{\text{см}} / 7$);

T – продолжительность работы ПТМ в течение суток, ч;

$x_{\text{пу}}$ – число подач-уборок вагонов к грузовому фронту за сутки;

t_0 – время, приходящееся на одну подачу-уборку вагонов, в течение которого из-за выполнения маневровой работы невозможно вести погрузочно-выгрузочные работы (0,5–1,0 ч).

Полученные в результате этих расчетов величины ($z_{\text{р}}$ и z_{ϕ}) сопоставляют между собой, большая из них (z) (с округлением до целого) и является искомой, т. е. указывает величину потребного инвентарного парка ПТМ.

Для перехода к инвентарному парку машин, получающих электроэнергию от аккумуляторных батарей, учитывают обеспеченность машин батареями [2]

$$z_{\text{ин}} = z(2,30\lambda_1 + 1,15\lambda_2), \quad (9)$$

где 2,30 и 1,15 – коэффициенты перехода к инвентарному парку;

λ_1, λ_2 – доля машин, обеспеченных соответственно одним и двумя комплектами съемных батарей ($\lambda_1 + \lambda_2 = 1$).

Количество смен работы ПТМ в течение суток определяют из соотношения $Q_{\text{сут}}^{\text{p(m)}} / Q_{\text{см}}$ и принимают равным 1; 2; 3 или 3,43 при круглосуточной работе ($(Q_{\text{сут}}^{\text{p(m)}} / Q_{\text{см}} > 3)$).

Продолжительность нахождения ПТМ во всех видах ремонтов и технических обслуживаний за время межремонтного цикла [2]

$$t_{\text{рем}}^{\text{п}} = n_{\text{к}}t_{\text{к}} + n_{\text{т}}t_{\text{т}} + n_{\text{то-1}}t_{\text{то-1}} + n_{\text{то-2}}t_{\text{то-2}} + n_{\text{то-3}}t_{\text{то-3}}, \quad (10)$$

где n_k, n_T, n_{TO} – соответственно число капитальных, текущих ремонтов и технических обслуживаний за время межремонтного цикла (принимается в соответствии с приложением А);

t_k, t_T, t_{TO} – продолжительность нахождения ПТМ в соответствующих видах ремонтов и технических обслуживаний за время межремонтного цикла, сут. (принимается в соответствии с приложением А).

Продолжительность работы ПТМ в течение суток определяется с учетом необходимого времени на осмотр и экипировку ПТМ, смену бригад по формуле

$$T = t_{cm} K_{cm}. \quad (11)$$

При круглосуточной работе ($K_{cm} = 3,43$) принимается $T = 22$ часа.

При расчете потребного количества ПТМ с учетом обеспечения перерабатывающей способности грузового фронта со стороны железнодорожного транспорта необходимо первоначально определить число подач-уборок вагонов на грузовой фронт.

Грузовым фронтом или местом (фронтом) погрузки, выгрузки на железнодорожном транспорте называется часть железнодорожного пути, примыкающая к крытым и открытым складам и предназначенная для погрузки, выгрузки грузов. Вместимость (размер) грузового фронта определяется количеством вагонов, с которыми возможно одновременное проведение грузовых операций на местах погрузки, выгрузки.

Число подач-уборок вагонов на грузовой фронт может быть определено по следующим формулам [3]:

– при выгрузке груза из вагонов (прибытие грузов на склад железнодорожным транспортом)

$$X_{пу} = \frac{m_{сут}^p}{\sqrt{\frac{\gamma(1+t_{под})}{0,25 + 30 P_{тех}^{(B)} / (z_p Q_{ч})}}}; \quad (12)$$

– при погрузке груза в вагоны (отправление груза со склада железнодорожным транспортом)

$$X_{пу} = \frac{m_{сут}^p}{\sqrt{\frac{\gamma(1+2t_{под} + q_p)}{0,5 + 60 P_{тех}^{(B)} / (z_p Q_{ч})}}}, \quad (13)$$

где $m_{сут}^p$ – расчетный суточный вагонопоток по прибытию на склад или отправлению грузов со склада, вагонов;

γ – отношение стоимости маневрового локомотиво-часа к стоимости вагоно-часа простоя (40–60);

$t_{\text{под}}$ – время на подачу группы вагонов со станции ее формирования до грузового фронта, мин,

$$t_{\text{под}} = \frac{60L_{\text{под}}}{v_{\text{под}}} + \tau_{\text{р.з}}, \quad (14)$$

$L_{\text{под}}$ – расстояние подачи (от станции формирования до грузового фронта), км;

$v_{\text{под}}$ – скорость подачи (зависит от условий выполнения маневровых операций), км/ч;

$\tau_{\text{р.з}}$ – время на разгон и замедление состава (3–5 мин);

$P_{\text{тех}}^{(в)}$ – техническая норма загрузки вагона, т;

$q_{\text{р}}$ – количество первичных групп вагонов в составе подачи (уборки).

Число подач-уборок округляют до целого значения.

Необходимая длина грузовых фронтов определяется со стороны обслуживающих склад видов транспорта. Длина фронта со стороны железнодорожного транспорта рассчитывается по формуле [2]

$$L_{\text{фр}}^{\text{ж}} = m_{\text{п.у}} l_{\text{в}} + a_{\text{м}}, \quad (15)$$

где $m_{\text{п.у}}$ – число вагонов в подаче-уборке,

$$m_{\text{п.у}} = \frac{m_{\text{сут}}^{\text{р}}}{X_{\text{пу}}}; \quad (16)$$

$l_{\text{в}}$ – длина вагона по осям автосцепок, м;

$a_{\text{м}}$ – удлинение грузового фронта, необходимое для маневрового локомотива и расстановки вагонов, м.

Длина фронта работ со стороны автомобильного транспорта [2]

$$L_{\text{фр}}^{\text{а}} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{р(а)}} l_{\text{а}} t_{\text{а}}}{P_{\text{а}} T_{\text{а}}}, \quad (17)$$

где $Q_{\text{сут}}^{\text{р(а)}}$ – расчетное суточное количество груза по прибытию на склад и отправлению со склада автомобильным транспортом, т/сут;

$l_{\text{а}}$ – длина фронта для работы с одним автомобилем (определяется схемой установки автомобиля), м;

$t_{\text{а}}$ – средняя продолжительность погрузки-выгрузки одного автомобиля с учетом его маневрирования у фронта, ч,

$P_{\text{а}}$ – количество груза в одном автомобиле, т;

T_a – время работы автотранспорта по обслуживанию склада в течение суток, ч.

Длина склада должна быть больше или равна длине грузовых фронтов как для автомобильного, так и железнодорожного транспорта. При необходимости значение длины склада, необходимой для размещения груза на хранение, должно быть увеличено до большего из двух значений $L_{\text{фр}}^{\text{ж}}$, $L_{\text{фр}}^{\text{а}}$.

Рассчитанные характеристики склада должны удовлетворять следующему условию [2]:

$$\frac{m_{\text{сут}}^{\text{п}} l_{\text{в}}}{L_{\text{скл}}} \leq X_{\text{пу}} \leq \frac{TzQ_{\text{ч}}}{m_{\text{п.у}} P_{\text{тех}}^{(\text{в})}}. \quad (18)$$

Если условие не выполняется, то намечаются меры по увеличению количества ПТМ или длины склада.

Пример 1. Определить необходимое количество подъемно-транспортных машин для выполнения работ на складе при следующих исходных данных:

- на складе осуществляется хранение тарно-упаковочного груза на поддонах;
- прибытие груза на склад происходит железнодорожным транспортом, а отправление груза со склада – автомобильным транспортом;
- расчетное суточное количество груза, перерабатываемое ПТМ, составляет

$$Q_{\text{сут}}^{\text{п(м)}} = 720 \text{ т/сут};$$

- погрузка и выгрузка груза производятся автопогрузчиками грузоподъемностью 1 т;
- техническая норма загрузки вагона $P_{\text{тех}}^{(\text{в})} = 50$ т;
- расчетный суточный вагонопоток $m_{\text{сут}}^{\text{п}} = 14,4$ ваг.;
- расстояние подачи вагонов $L_{\text{под}} = 4,8$ км;
- расчетное суточное количество груза по отправлению со склада автомобильным транспортом $Q_{\text{сут}}^{\text{п(а)}} = 400$ т/сут.;

- длина грузового фронта для работы с одним автомобилем $l_{\text{а}} = 10$ м;
- средняя продолжительность погрузки-выгрузки одного автомобиля с учетом его маневрирования у фронта $t_{\text{а}} = 0,5$ ч;
- количество груза в одном автомобиле $P_{\text{а}} = 6$ т;
- время работы автотранспорта по обслуживанию склада в течение суток $T_{\text{а}} = 14$ ч;

- длина склада, необходимая для размещения груза на хранение равна 144 м.

Решение. Для определения необходимого количества ПТМ, исходя из условия обеспечения выполнения заданных объемов работы с учетом структуры ремонтного цикла, первоначально рассчитаем продолжительность нахождения ПТМ во всех видах ремонтов и технических обслуживаний за период межремонтного цикла. В соответствии с данными приложения А для автопогрузчиков при $n_{\text{к}} = 1$, $t_{\text{к}} = 9$ сут,

$n_T = 2$, $t_T = 3$ сут, $n_{T_{0-2}} = 21$, $t_{T_{0-2}} = 1$ сут, $n_{T_{0-1}} = 96$, $t_{T_{0-1}} = 0,2$ сут по формуле (10)

$$t_{\text{рем}}^H = 1 \cdot 9 + 2 \cdot 3 + 96 \cdot 0,2 + 21 \cdot 1 = 55,2 \text{ сут.}$$

Сменная норма выработки для условий выполнения погрузочно-разгрузочных и складских работ автопогрузчиками в соответствии с Межотраслевыми нормами времени на погрузку, разгрузку вагонов, автотранспорта и складские работы [14] $H_{\text{выр}} = 105,2$ т/смену.

Количество смен работы ПТМ в течение суток $k_{\text{см}} = \frac{720}{105,2} = 6,84 > 3$ и принимается $k_{\text{см}} = 3,43$ (круглосуточная работа).

Согласно приложению А для автопогрузчиков $T_{\text{рц}} = 6000$ ч и необходимое количество ПТМ по первому условию в соответствии с формулой (7) составит

$$z_p = \frac{720}{3,43 \cdot 105,2} \cdot \left(1 + \frac{24 \cdot 55,2}{6000} \right) = 2,44.$$

Принимается по условию обеспечения выполнения заданных объемов работы с учетом структуры ремонтного цикла необходимое количество ПТМ $z_p = 3$.

Для расчета потребного количества ПТМ по второму условию (с учетом перерабатывающей способности грузового фронта) рассчитаем число подач-уборок вагонов на грузовой фронт. Часовая эксплуатационная производительность автопогрузчика $Q_{\text{ч}} = 105,2 / 7 = 15,03$ т/ч.

Время на подачу группы вагонов со станции ее формирования до грузового фронта по формуле (14) при $v_{\text{под}} = 15$ км/ч

$$t_{\text{под}} = \frac{60 \cdot 4,8}{15} + 3 = 22,2 \text{ мин.}$$

При отношении стоимости маневрового локомотиво-часа к стоимости вагоно-часа простоя $\gamma = 45$ число подач-уборок вагонов на грузовой фронт при выгрузке груза из вагонов по формуле (12)

$$X_{\text{пу}} = \frac{14,4}{\sqrt{\frac{45 \cdot (1 + 22,2)}{0,25 + 30 \cdot 50 / (3 \cdot 15,03)}}} = 2,6 \approx 3 \text{ подачи-уборки.}$$

Продолжительность работы ПТМ при круглосуточной работе ($K_{\text{см}} = 3,43$) принимается $T = 22$ часа. При значении $t_0 = 0,6$ ч необходимое количество ПТМ по второму условию в соответствии с формулой (8)

$$z_{\text{ф}} = \frac{720}{15,03 \cdot (22 - 3 \cdot 0,6)} = 2,37.$$

Принимается $z_{\text{ф}} = 3$.

Полученные в результате расчетов величины z_p и $z_{\text{ф}}$ сопоставляются между собой и потребное количество инвентарного парка ПТМ составляет $z = 3$.

Для проверки выполнения условия (18) рассчитаем необходимую длину грузовых фронтов со стороны обслуживающих склад видов транспорта. При числе вагонов в подаче-уборке (формула (16)) $m_{п,у} = 14,4 / 3 = 4,8 \approx 5$ вагонов, длине вагона по осям автосцепок $l_{в} = 16,97$ м и дополнительной длине грузового фронта $a_{м} = 30$ м длина фронта со стороны железнодорожного транспорта по формуле (15)

$$L_{фр}^ж = 5 \cdot 16,97 + 30 = 114,85 \text{ м.}$$

Длина грузового фронта со стороны автомобильного транспорта по формуле (17)

$$L_{фр}^а = \frac{400 \cdot 10 \cdot 0,05}{6 \cdot 14} = 23,8 \text{ м.}$$

После сравнения длины склада, необходимой для размещения груза на хранение, равной 144 м с длиной грузового фронта со стороны железнодорожного и автомобильного транспорта, для выполнения проверочных расчетов по формуле (18) принимается $L_{скл} = 144$ м

$$\frac{14,4 \cdot 16,97}{144} \leq 3 \leq \frac{22 \cdot 3 \cdot 15,03}{5 \cdot 50},$$

т. е. $1,7 < 3 < 4,0$.

Условие выполняется, поэтому рассчитанное значение количества ПТМ $z = 3$ и длина склада $L_{скл} = 144$ м принимаются к проектированию.

6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВАРИАНТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ НА СКЛАДЕ

Определение экономической эффективности вариантов выполнения погрузочно-разгрузочных и складских работ на складе и выбор лучшего из них осуществляется на основе рассчитанных стоимостных показателей: капитальные вложения; эксплуатационные расходы; срок окупаемости; приведенные затраты.

Капитальные вложения – это инвестиции (вложения), необходимые на приобретение подъемно-транспортных машин и складского оборудования, строительство складов, железнодорожных путей и автопроездов, сооружение линий энергоснабжения и др. Капитальные вложения по рассматриваемому варианту определяют по укрупненным измерителям [3]:

$$K = \kappa_1 + \kappa_2 + \kappa_3 + \kappa_4 + \kappa_5 + \kappa_6 + \kappa_7 + \kappa_8, \quad (1)$$

где κ_1 – расходы на приобретение подъемно-транспортных машин (ПТМ) и оборудования. Определяют умножением числа ПТМ и складского оборудования на их стоимость;

κ_2 – расходы на устройства полуавтоматического или автоматического управления ПТМ и оборудования, если они не включены в κ_1 ;

- κ_3 – расходы на специально сооружаемые устройства, необходимые для обслуживания ПТМ и оборудования (гаражи, пункты зарядки аккумуляторных батарей, ремонтные мастерские и т. п.);
- κ_4 – расходы на сооружение железнодорожных погрузочно-выгрузочных и подкрановых путей, автоподъездов и т. п.;
- κ_5 – расходы на устройство складов с учетом стоимости водопроводной сети, энергоснабжения, связи, подвода сжатого воздуха и т. д.;
- κ_6 – расходы на бытовые устройства для удовлетворения потребностей работников в части, отнесенной к рассматриваемым складам;
- κ_7 – расходы на контейнеры, поддоны, многооборотные стропы и т. п.;
- κ_8 – прочие расходы, не включенные в предыдущие 7 видов.

Когда во всех сравниваемых вариантах какие-либо затраты одинаковы, то их можно не определять и не включать в суммарную величину K .

Расчет капитальных вложений по каждому варианту целесообразно свести в таблицу по форме, приведенной в таблице 1:

Таблица 1 – Капитальные вложения по ... варианту

Наименование сооружений, оборудования, машин, устройств	Единица измерения	Количество единиц	Единичная стоимость, у.е.	Сумма затрат, у.е.
1	2	3	4	5

Графу 3 данной таблицы заполняют на основе расчетов числа ПТМ, складов, устройств, оборудования, графу 4 – по данным справочной литературы. Умножением данных граф 3 и 4 получают величину в графе 5. Суммирование всех значений графы 5 дает величину капиталовложений K [3].

Удельные капитальные вложения определяют делением полных затрат K на годовой объем грузопереработки $Q_{гп}$:

$$K_y = K / Q_{гп} . \quad (2)$$

Годовые эксплуатационные расходы – это расходы, связанные с выполнением погрузочно-разгрузочных и складских работ, с содержанием и обеспечением функционирования всего складского комплекса [3]

$$\mathcal{E} = \mathcal{Z} + \mathcal{E}_{эт} + A + P + M + R , \quad (3)$$

где \mathcal{Z} – расходы на заработную плату;

$\mathcal{E}_{эт}$ – расходы на электроэнергию и топливо;

A – отчисления на амортизацию;

P – отчисления на все виды ремонтов;

M – расходы на обтирочные и смазочные материалы;

R – расходы на быстроизнашивающуюся оснастку.

Расходы на заработную плату механизаторам и рабочим рассчитывают в зависимости от принятой системы оплаты труда [3]:

– повременная оплата:

$$З = 12\alpha_{вр}\alpha_{п}(1 + \beta_n / 100)ZK_{см} \sum a_3 + 3_d; \quad (4)$$

– сдельная оплата и индивидуальные нормы выработки:

$$З = C_{об} \cdot 12\alpha_{вр}\alpha_{п}(1 + \beta_n / 100)Q_{гп} + 3_d; \quad (5)$$

– сдельная оплата и комплексные нормы выработки:

$$З = \frac{7\alpha_{п}\alpha_{вр}\alpha_{к}(1 + \beta_n / 100)Q_{гп}}{Q_{см}^k} (r_m c_{чм} + r_p c_{чр}) + 3_d, \quad (6)$$

где $\alpha_{вр}$ – коэффициент, учитывающий 12%-ную надбавку к заработной плате

($\alpha_{вр} = 1,12$) для грузов со специфически сложными условиями переработки (алебастр, апатитонефелиновый концентрат, баллоны с газом, бензин этилированный, битум, вата минеральная и стеклянная, взрывчатые вещества, зерно россыпью в закрытых помещениях, известь, каучук, карбид кальция, кислоты, кокс, купорос, магнезит, минеральные удобрения, мел, мясо, мясопродукты, нафталин, нефть и нефтепродукты, нерудные ископаемые (асбест, кварц, гипс), рыба, стружки и опилки металлические, соль, сода, стекловолокно, сера, уголь, утильсырье и металлолом, флюсы, фрезерный торф, цемент, шпалы, пропитанные антисептиком, щелочи и др.);

$\alpha_{п}$ – коэффициент, учитывающий подмены в нерабочие дни (1,19–1,27);

β_n – общий процент начислений на заработную плату, включающий отчисления на социальное страхование, охрану труда и др. ($\beta_n \approx 40$);

Z – количество ПТМ, используемых для работы по рассматриваемому варианту;

$K_{см}$ – число смен работы в течение суток (1, 2, 3 или 3,43 – при круглосуточной работе);

$\sum a_3$ – суммарный месячный оклад механизаторов и рабочих, обслуживающих одну ПТМ;

3_d – дополнительная годовая заработная плата тем работникам, которые обеспечивают устойчивую работу ПТМ и складов (подзарядчики на зарядных пунктах, слесари, механики, электрики, наладчики, рабочие на открытии и закрытии люков полувагонов и др.). Величина 3_d устанавливается исходя из численности работников и их заработной платы;

$C_{об}$ – суммарная сдельная расценка за переработку одной тонны груза;

α_k – коэффициент, учитывающий надбавки к заработной плате механизаторам и рабочим, входящим в состав комплексной бригады (I класс – 1,25; II – 1,20; III – 1,15);

$Q_{см}^k$ – комплексная норма выработки на бригаду в целом, определяемая в соответствии с Межотраслевыми нормами времени на погрузку, разгрузку вагонов, автотранспорта и складские работы [14] или расчетом;

r_m, r_p – количество механизаторов и рабочих, входящих в бригаду и обслуживающих одну ПТМ (приложение Б);

$c_{чм}, c_{чр}$ – часовая тарифная ставка соответственно механизатора и рабочего (приложение В).

Расходы на электроэнергию и топливо [3]

$$\mathcal{E}_{эТ} = \mathcal{E}_3^c + \mathcal{E}_T + \mathcal{E}_{осв}, \quad (7)$$

где \mathcal{E}_3^c – расходы на силовую электроэнергию;

\mathcal{E}_T – расходы на топливо;

$\mathcal{E}_{осв}$ – расходы на освещение мест производства погрузочно-разгрузочных работ.

Для ПТМ, оборудованных электрическими двигателями, при поступлении электроэнергии по троллейным проводам или силовому кабелю расходы на силовую электроэнергию [3]

$$\mathcal{E}_3^c = \eta' C_3^c \sum_{i=1}^n (N_i \eta_{д_i}) T_{г}^{\Phi}, \quad (8)$$

где η' – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в распределительной сети ($\eta' = 1,03 \dots 1,05$);

C_3^c – стоимость 1 кВт·ч силовой электроэнергии;

N_i – номинальные мощности отдельных двигателей ПТМ, кВт;

$\eta_{д_i}$ – полный КПД i -го двигателя ПТМ с учетом загрузки по мощности и времени;

$T_{г}^{\Phi}$ – продолжительность работы всех ПТМ по переработке годового объема грузопереработки $Q_{гп}$,

$$T_{г}^{\Phi} = Q_{гп} / Q_{ч}, \quad (9)$$

$Q_{ч}$ – часовая эксплуатационная производительность ПТМ, т/ч.

Расходы на силовую электроэнергию при использовании электропогрузчиков, оснащенных аккумуляторной батареей [3],

$$\mathcal{E}_3^c = 0,00181EUQ_{\text{гп}}C_3^c / Q_{\text{см}}, \quad (10)$$

где E – номинальная емкость аккумуляторной батареи, А·ч (приложение Г);
 U – напряжение на зажимах аккумуляторной батареи, В (приложение Г);
 $Q_{\text{см}}$ – сменная эксплуатационная производительность электропогрузчика, т/см.

Расходы на топливо, если имеется норма его расхода на 1 ч работы [3],

$$\mathcal{E}_T = T_{\text{Г}}^{\Phi} q C_T, \quad (11)$$

где q – норма расхода топлива на 1 ч работы ПТМ, кг (приложение Д);

C_T – стоимость 1 кг топлива.

Расходы на топливо, если отсутствует норма его расхода на 1 ч работы [3],

$$\mathcal{E}_T = NT_{\text{Г}}^{\Phi} \eta_{\text{дв}} [K_{\text{х}} + (K_{\text{н}} - K_{\text{х}}) \eta_{\text{дм}}] C_T, \quad (12)$$

где N – мощность двигателя ПТМ, кВт;

$K_{\text{н}}, K_{\text{х}}$ – удельный расход топлива на единицу номинальной мощности в час соответственно при номинальной загрузке двигателя и при холостом режиме его работы (таблица 2).

Таблица 2 – Удельный расход топлива на единицу мощности и времени [3]

Вид горючего	Степень загрузки, %	$K_{\text{н}}, K_{\text{х}}$, кг/кВт·ч, при мощности двигателя N		
		<30	30–75	>75
Бензин	75	0,46	0,45	0,44
	50	0,57	0,55	0,53
	Холостой ход	0,16	0,14	0,14
Дизельное топливо	50	0,35	0,30	0,29
	Холостой ход	0,11	0,10	0,01

Расходы на освещение мест производства погрузочно-разгрузочных работ [3]

$$\mathcal{E}_{\text{осв}} = K_{\text{л}} (E_{\text{о}} / e_{\text{о}}) S T_{\text{осв}} P_{\text{л}} C_3^{\circ}, \quad (13)$$

где $K_{\text{л}}$ – коэффициент, определяемый в зависимости от типа осветительной лампы (0,003 – лампа накаливания; 0,004 – люминесцентная лампа);

$E_{\text{о}}$ – норма освещенности, лк (20 лк – для крытых складов; 5 лк – для открытых площадок, автопроездов, железнодорожных и подкрановых путей);

$e_{\text{о}}$ – световой поток одной лампы, лм (таблица 3);

S – освещаемая площадь, м²;

$T_{\text{осв}}$ – время работы системы освещения в течение года, ч (односменная работа – 600 ч, двухсменная – 2600 ч, трехсменная или круглосуточная – 4600 ч);

$P_{л}$ – мощность одной лампы, Вт (см. таблицу 3);

$C_{э}^0$ – стоимость 1 кВт·ч осветительной электроэнергии.

Таблица 3 – Характеристика осветительных ламп [3]

Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	
	лампы накаливания	люминесцентной лампы
40	370 или 440	1520 или 1960, или 2480
60	620 или 740	–
75	840 или 980	–
80	–	2720 или 3440, или 4320
100	1240 или 1400	–
150	1900 или 2300	–
200	2700 или 3200	–
300	4350 или 5150	–

Отчисления на амортизацию определяются путем суммирования произведений капитальных вложений по укрупненным измерителям на соответствующие нормы амортизационных отчислений [3]

$$A = 0,01 \sum_{i=1}^8 (K_i \alpha_i^a), \quad (14)$$

где 0,01 – переводной коэффициент;

α_i^a – норма амортизационных отчислений, % (приложение Е).

Отчисления на все виды ремонтов определяются аналогично отчислениям на амортизацию [3]

$$P = 0,01 \sum_{i=1}^8 (K_i \alpha_i^p), \quad (15)$$

где α_i^p – норма отчислений на ремонты, % (приложение Ж).

При определении отчислений на ремонты для ПТМ учитывается поправочный коэффициент

$$\varphi = 0,5 + \frac{T_{\phi}^r}{6000}, \quad (16)$$

где T_{ϕ}^r – фактическое время работы одной ПТМ в течение года, ч,

$$T_{\phi}^r = Q_{гп} / (ZQ_{ч}). \quad (17)$$

Расчет отчислений на амортизацию и ремонты целесообразно свести в таблицу 4 по примеру таблицы 1.

Затраты на смазочные и обтирочные материалы [3]

$$M = (0,15 \dots 0,20) \Theta_{эТ}. \quad (18)$$

Таблица 4 – Отчисления на амортизацию и ремонты по ... варианту

Наименование капитальных вложений	Капитальные вложения	Норма отчислений на амортизацию	Расходы на амортизацию	Норма отчислений на ремонты	Расходы на ремонты

Затраты на быстроизнашивающуюся оснастку R включают стоимость замены конвейерных лент, канатов, цепей, грузозахватных приспособлений и т. п. [3]

$$R = (0,05 - 0,10)K_1. \quad (19)$$

Себестоимость переработки единицы груза (т, м³, шт.)

$$C = \mathcal{E} / Q_{\text{гп}}. \quad (20)$$

При сравнении различных вариантов выполнения погрузочно-разгрузочных и складских работ в качестве критерия оценки и выбора лучшего из них широко используют минимум годовых приведенных затрат. Приведенные затраты представляют собой сумму эксплуатационных затрат и распределенных по годам эксплуатации капитальных вложений, сопоставимость которых достигается их умножением на коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_{\text{эф}}$). При единовременных (одноэтапных) капитальных вложениях приведенные затраты [1]

$$E_{\text{пр}} = E_{\text{эф}}K + \mathcal{E} = \frac{1}{T_{\text{ок}}}K + \mathcal{E}, \quad (21)$$

где $T_{\text{ок}}$ – экономически оправданный срок окупаемости капитальных вложений (инвестиций), удовлетворяющий заказчика (как правило, не более 5–7 лет).

Срок окупаемости инвестиций – это период времени, который требуется для возвращения вложенной суммы денежных средств (капитальных вложений).

Расчетный срок окупаемости инвестиций по i -му варианту работ [1]

$$T_{\text{ок}}^{\text{р}} = \frac{K_i}{\Pi_{\text{чи}} + A_i} \leq T_{\text{ок}}, \quad (22)$$

где K_i – суммарные капитальные вложения по i -му варианту;

$\Pi_{\text{чи}}$ – чистая прибыль в первый год реализации i -го варианта при равномерном поступлении доходов за весь срок окупаемости;

A_i – амортизационные отчисления на полное восстановление основных средств в расчете на год реализации i -го варианта при равномерном поступлении доходов за весь срок окупаемости.

При близких значениях стоимостных показателей по вариантам могут учитываться также и натуральные показатели, к важнейшим из которых относят: уровень механизации (комплексной механизации, автоматизации) погрузочно-разгрузочных и складских работ; производительность труда работников; простой транспортных средств; энергоёмкость; металлоёмкость.

Уровень механизации погрузочно-разгрузочных и складских работ – это отношение количества тонно-операций, выполненных механизированным способом ($Q_{ГМ}$) в течение определенного времени (обычно за год), к общему объему выполненных тонно-операций за тот же период ($Q_{ГП}$) [3]:

$$Y_M = (Q_{ГМ} / Q_{ГП}) \cdot 100. \quad (23)$$

Аналогично определяют уровни комплексной механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных работ $Y_{КМ}$, Y_a :

$$Y_{КМ} = (Q_{ГКМ} / Q_{ГП}) \cdot 100; \quad (24)$$

$$Y_a = (Q_a / Q_{ГП}) \cdot 100. \quad (25)$$

Производительность труда характеризует эффективность труда в процессе производства. Она измеряется временем, затраченным на производство единицы продукции, или количеством продукции, произведенной в единицу времени. Производительность труда на погрузочно-разгрузочных и складских работах (Π) можно определить делением сменной выработки ($Q_{СМ}$) на общую численность бригады (r), обеспечивающей эту выработку [3]:

$$\Pi = Q_{СМ} / r, \quad (26)$$

или делением годового объема выполненных тонно-операций ($Q_{ГП}$) на общий штат работников ($\sum r_i$):

$$\Pi = Q_{ГП} / \sum r_i. \quad (27)$$

Простой вагона под грузовыми операциями, ч [3]

$$t_{ГР}^B = [t_{ПЗ} + t_{ВС} + (m_{ПУ} / Z - 1)t_{ПЕР}] / 60 + (m_{ПУ}q_B) / (ZQ_Ч), \quad (28)$$

где $t_{ПЗ}$ – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, мин.

Следует иметь в виду, что время $t_{ПЗ}$ при обработке группы вагонов учитывается в формуле только для первого и последнего из них, так как подготовительные и заключительные операции с другими вагонами группы производят параллельно с грузовыми операциями;

$t_{ВС}$ – время, затрачиваемое на выполнение вспомогательных операций в процессе перегрузки грузов, если такие операции имеются (устанавливается на основе хронометражных операций), мин;

$m_{пу}$ – число вагонов в одной подаче-уборке к грузовому фронту;

Z – количество ПТМ, производящих грузовые операции с вагонами;

$t_{пер}$ – время на одну перестановку вагонов у грузового фронта (определяют по данным хронометражных наблюдений), мин. При использовании передвижных погрузочно-разгрузочных машин вагоны у фронта не переставляют, а значит, $(m_{пу} / Z - 1)t_{пер} = 0$. Это же будет иметь место при любом типе ПТМ, если $m_{пу} \leq Z$;

q_v – количество груза, находящегося в одном вагоне, т;

$Q_ч$ – часовая эксплуатационная производительность одной ПТМ, т/ч.

Простой автомобиля под грузовыми операциями [3]

$$t_{гр}^a = (t_{пз} + t_{вс}) / 60 + q_a / Q_ч, \quad (29)$$

где q_a – количество груза, находящегося в одном автомобиле, т.

Энергоемкость варианта обработки грузов может быть оценена по суммарной мощности двигателей всех задействованных в варианте ПТМ $\sum N$, кВт, годовому расходу электроэнергии $\sum A$, кВт·ч, или удельным значениям этих величин [3]:

$$n = \sum N / Q_{гп}; \quad (30)$$

$$a = \sum A / Q_{гп}. \quad (31)$$

Металлоемкость варианта обработки грузов определяется суммарной массой $\sum M_c$ работающих ПТМ или удельной массой [3]

$$m = \sum M_c / Q_{гп}. \quad (32)$$

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ БУНКЕРА

Цель работы. Получить практические навыки определения скорости истечения насыпных грузов из отверстий бункеров, пропускной способности бункера.

1 Общие положения

Бункеры представляют собой одну из разновидностей жестких вместилищ для насыпных грузов. Бункеры и бункерные установки в основном служат в качестве промежуточных емкостей и пересыпных воронок, а также для временного хранения насыпных грузов. Бункерные установки состоят из загрузочных устройств, собственно бункеров, разгрузочных устройств, спускных лотков и труб, весовых устройств, несущих и строительных конструкций. В качестве загрузочных устройств, предназначенных для подачи насыпных грузов в бункеры, применяются машины непрерывного и циклического действия (ленточные конвейеры, ковшовые элеваторы, грейферные краны и т. д.) [1].

Выбор конструкций отдельных элементов бункерных установок и определение их параметров зависят от свойств тех насыпных грузов, для которых предназначена установка.

Характерными свойствами насыпных грузов являются: гранулометрический состав, влажность, объемный и удельный вес, подвижность частиц, слеживаемость, смерзаемость, сопротивление перемещению относительно твердых поверхностей, абразивность, коррозионность и т. д.

Вышеперечисленные свойства влияют на процесс истечения насыпных грузов из бункеров. Процессы истечения подразделяются на два вида: так называемый «нормальный» вид истечения (рисунок 1, а), при котором материал движется в виде столба, расположенного над отверстием истечения, и «гидравлический» вид истечения (рисунок 1, б), при котором груз в сосуде движется вниз подобно жидкости, застойные зоны отсутствуют [1].

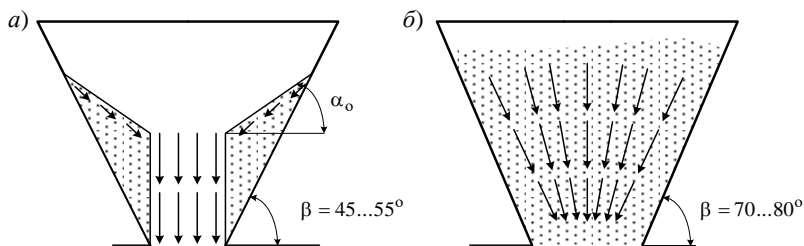


Рисунок 1 – Схема истечения сыпучих грузов из бункеров

При первом виде истечения на свободной поверхности насыпного груза образуется воронка, а при втором – свободная поверхность остается плоской или претерпевает неправильные изменения, носящие случайный характер.

2 Последовательность выполнения работы

2.1 Изучить устройство прибора для определения скорости истечения насыпного груза (рисунок 2).

Прибор состоит из бункера 1, имеющего выпускное отверстие 3, задвижку 4. При истечении груз направляется по лотку 5 в емкость 6.

2.2 Насыпать в бункер 1 груз (ячмень, гречиха, пшеница, овес и т. д.) на высоту H и разровнять поверхность, по шкале 2 произвести замер. Открыть затвор и одновременно включить секундомер. Произвести отсчет времени истечения и определить массу выпавшего груза в емкость 6 на электронных весах.

Замеры произвести пять раз для каждого из грузов при разной высоте засыпания груза в бункер. Результаты замеров и расчетов представить в таблице 1.

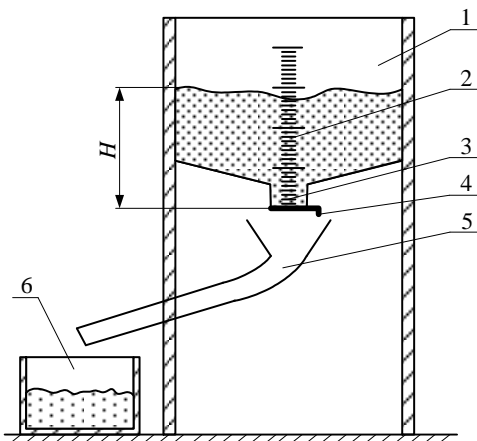


Рисунок 2 – Схема прибора для определения скорости истечения насыпного груза из бункера

Таблица 1 – Результаты измерений

Номер замера	Наименование груза	Высота H , см	Время истечения t , с	Масса груза G , кг	Скорость истечения v , м/с
1					
2					
3					
4					
5					

Фактическая скорость истечения груза определяется из выражения

$$v_{\text{ф}} = G / (\gamma F t),$$

где G – масса выпавшего груза, кг;

γ – объемная масса груза, кг/м³ (таблица 2);

F – площадь отверстия истечения бункера, м², при расчетах принимается $F = 0,000616$ м²;

t – время истечения, с.

Таблица 2 – Объемная масса насыпного груза и его наибольший размер

Название груза	Объемная масса, кг/м ³	Наибольший размер, мм	Название груза	Объемная масса, кг/м ³	Наибольший размер, мм
Гречиха	660	3–4	Пшено	800	2–3
Овес	430	8–9	Рожь	730	7–8
Пшеница	770	9–10	Ячмень	610	8–9

Привести расчеты фактической скорости истечения груза для первого замера ($v_{ф1}$), а остальные расчеты свести в таблицу 1.

2.3 Определить теоретическую скорость истечения.

Средняя скорость движения насыпного груза из выпускного отверстия бункера при нормальном истечении зависит от размеров, формы выпускного отверстия, гидравлического радиуса R и определяется по уравнению [1]

$$v_T = \lambda_n \sqrt{2g \left(1,6R - \frac{\tau_0}{g \gamma f} \right)},$$

где λ_n – коэффициент истечения, $\lambda_n = 0,20 \dots 0,65$ (большие значения – для сухих, сортированных, зернистых, хорошо сыпучих материалов; меньшие – для влажных, рядовых, кусковых, плохо сыпучих, связных),

$$\lambda_n = \left(\sqrt{2f + 2f \sqrt{1 + f^2}} \right)^{-1};$$

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

τ_0 – начальное сопротивление сдвигу (для зерна $\tau_0 = 0$), Па;

f – коэффициент внутреннего трения груза (для зерна $f = 0,6$).

Гидравлический радиус отверстия истечения [1]

$$R = F_n / L_{от},$$

где F_n – эффективная площадь отверстия истечения, м² ($F_n = \pi r^2$);

r – радиус отверстия, м (при расчетах принимается $r = 0,014 \text{ м}$);

$L_{от}$ – периметр отверстия истечения, м ($L_{от} = 2\pi r$).

Привести расчеты коэффициента истечения (λ_n), эффективной площади отверстия истечения (F_n), периметра отверстия истечения ($L_{от}$), гидравлического радиуса (R) и теоретической скорости истечения (v_T).

2.4 Определить минимально допустимый размер выпускного отверстия бункера.

Выпускные отверстия в зависимости от конструкции бункера и типа применяемых затворов и питателей выполняют круглыми, квадратными или прямоугольными.

Минимально допустимый размер отверстия для легко сыпучих грузов (отверстие круглое или квадратное) определяется по формуле

$$A_{\text{и}} = K'(a' + 80)\text{tg } \varphi,$$

где K' – эмпирический коэффициент (для сортированных грузов $K' = 2,6$; для рядовых $K' = 2,4$);

a' – наибольший размер типичных кусков груза (до 30 мм), мм (таблица 2);

φ – угол внутреннего трения (для легкосыпучих материалов угол трения приблизительно равен углу естественного откоса. Если $\varphi > 50^\circ$, в расчетах принимается $\varphi = 50^\circ$).

В зависимости от вида зерна привести расчеты минимально допустимого размера отверстия бункера.

2.5 Определить пропускную способность бункера.

Пропускная способность бункера, т/ч, зависит от скорости истечения и определяется по формуле [1]

$$Q_{\text{м}} = 3600 v_{\text{т}} \gamma w',$$

где w' – площадь круглого отверстия истечения, определяемая с учетом кусковатости груза, м²,

$$w' = \pi(D - a')^2 / 4;$$

где D – диаметр выпускного отверстия, м.

Привести расчеты пропускной способности бункера в зависимости от вида груза (зерна).

3 Построение графиков

Построить графики зависимости фактической скорости истечения груза ($v_{\text{ф}}$) от высоты (H) для каждого вида зерна. Пример графиков для ячменя и гречихи представлен на рисунке 3.

Содержание отчета

- 1 Схема установки для определения скорости истечения насыпного груза.
- 2 Результаты замеров и расчетов по определению фактической скорости истечения насыпного груза.
- 3 Значения теоретической скорости истечения груза.
- 4 Значение минимально допустимого размера выпускного отверстия.
- 5 Пропускная способность бункера.
- 6 Графики зависимости $v_{\text{ф}}$ от H .
- 7 Выводы по работе.

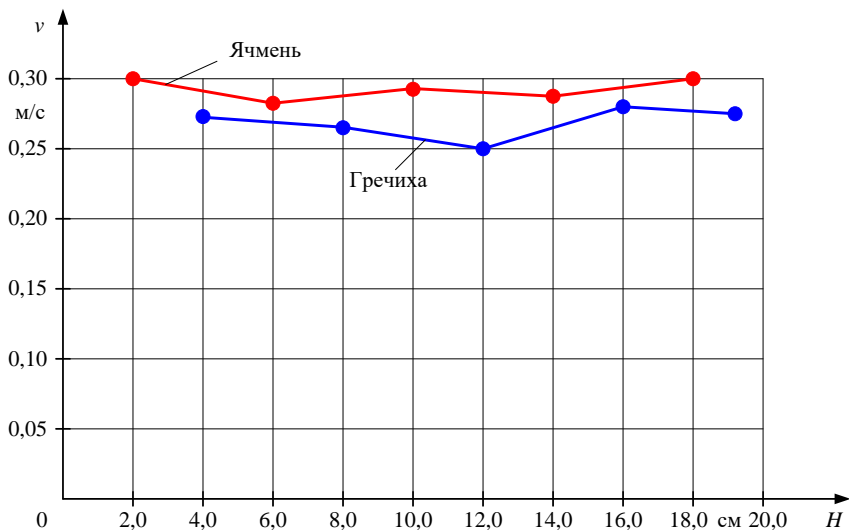


Рисунок 3 – Графики зависимости фактической скорости истечения груза (v_{ϕ}) от высоты (H) для ячменя и гречихи

2 ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ СКЛАДА ЭЛЕВАТОРНОГО ТИПА

Цель работы. На филиале «Гомельского КХП» ОАО «Гомельхлебопродукт» изучить назначение, устройство, техническое оснащение и технологию работы склада элеваторного типа.

1 Общие положения

Зерновые склады по назначению подразделяют на заготовительные, перевалочные, производственные и базисные. Строят их в виде элеваторов и зданий павильонного типа.

Зерновые склады павильонного типа получили наибольшее распространение в качестве прирельсовых железнодорожных складов. Они снабжаются стационарными и передвижными средствами механизации и специальными сушильноочистными башнями с оборудованием для приемки, обработки и отгрузки зерна.

Элеваторы – полностью механизированные зернохранилища. Каждое из них состоит из рабочей башни и силосных корпусов. В нижнем этаже башни расположены башмаки ковшовых элеваторов (норий). К ним подведены ленточные конвейеры от приемных ларей и подсилосного помещения. На

следующих этажах башни находится оборудование для очистки и сушки зерна.

Заготовительные (линейные) элеваторы служат для приема зерна от сельскохозяйственных предприятий и отгрузки на мельничные (производственные) или перевалочные (портовые, базисные) элеваторы для перевалки с одного вида транспорта на другой или для дальнейшего хранения. Мельничные (производственные) элеваторы отличаются от заготовительных, прежде всего, большей вместимостью и высокой производительностью оборудования для приемки зерна и вагонов. Портовые и перевалочные элеваторы обеспечивают перевалку зерна с железнодорожного на водный транспорт или наоборот, имеют мощные приемные и отгрузочные устройства. Базисные элеваторы служат для длительного хранения зерна. Они имеют необходимое оборудование для систематического контроля за его состоянием и высокопроизводительные устройства для приема и отгрузки.

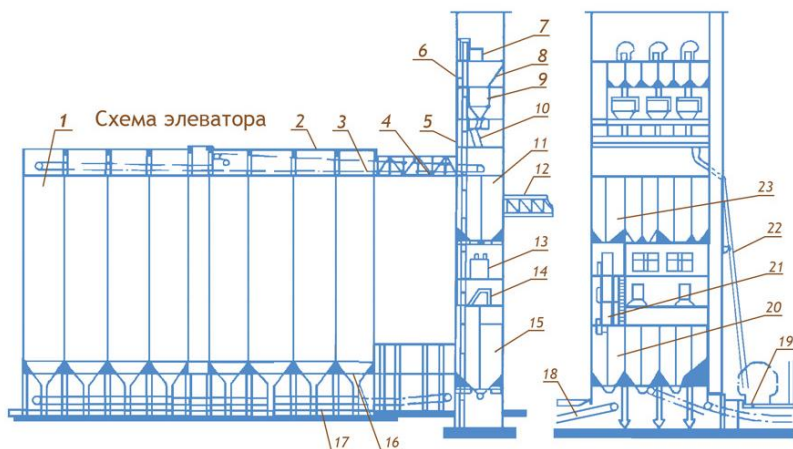
Элеваторы строят из негорючих материалов. Силосные корпуса круглой и квадратной форм в плане изготавливают из монолитного или сборного предварительно напряженного железобетона. Диаметр круглых силосов – до 6 м, толщина стен – 20–25 см, высота – до 30 м. Вместимость типовых сдвоенных круглых силосных корпусов – 2×8; 2×16,7; 2×25 тыс. т, одного круглого силоса – около 600–650 т. Размеры (в плане) квадратных силосов – 3×3 и 4×4 м, а высота – до 30 м. Их собирают из плит или объемных блоков толщиной 25 см. Вместимость силоса – около 150 т [1].

На рисунке 1 показан общий вид заготовительного элеватора для зерна. Для приема зерна из автомобилей, предварительно взвешенных на автомобильных весах, предназначены бункеры, расположенные на уровне пола в здании. Каждый из этих бункеров вмещает 50 т зерна. Зерно высыпается в бункер через открытый задний борт автомобиля, стоящего на наклонной платформе автомобилеподъемника. Под бункерами смонтированы ленточные конвейеры, перемещающие зерно к элеваторной башне. Здесь, при необходимости, зерно подвергают очистке, сушке или сразу же поднимают его нориями наверх башни, взвешивают на автоматических ковшовых весах и передают на ленточные надсилосные конвейеры. С этих конвейеров зерно попадает в силосы корпусов.

Из силосов зерно ссыпают на подсилосные конвейеры, которые и доставляют его к нории. Затем его поднимают наверх и после взвешивания по отпускным трубам загружают в вагоны.

Заготовительные (линейные) зерновые элеваторы сооружают четырех типов: Л-2×100, Л-3×100, Л-3×175, Л-4×175. Буква Л показывает, что элеватор линейный, первая цифра после буквы соответствует числу норий, а второе число – часовой перерабатывающей способности каждой из них [1].

Среднесуточная перерабатывающая способность линейных элеваторов составляет по приему с автомобильного транспорта, а также по очистке – от 1,5 до 5,0 тыс. т и сушке – от 175 до 2500 т. Перерабатывающая способность конвейеров соответствует перерабатывающей способности норий, расположенных в башне элеватора.



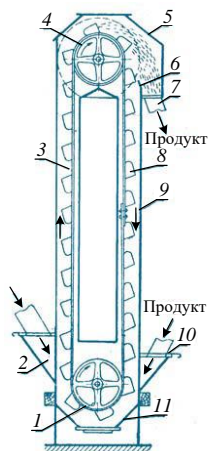
1 – силосный корпус; 2 – надсилосная галерея; 3 – надсилосный транспортер с разгрузочной тележкой; 4 – соединительная галерея; 5 – рабочая башня; 6 – нории; 7 – электропривод норий; 8 – надвесовые бункеры; 9 – весы; 10 – распределительные трубы; 11 – надсепараторные бункеры; 12 – транспортная галерея; 13 – сепараторы; 14 – триеры; 15 – оперативные бункеры; 16 – выпускная воронка; 17 – подсилосный транспортер; 18 – транспортер приема с автотранспорта; 19 – железнодорожный прием; 20 – подсушильные бункеры; 21 – зерносушилка; 22 – отпусные трубы; 23 – надсушильные бункеры

Рисунок 1 – Заготовительный элеватор для зерна

Для подъема насыпных грузов предназначены ковшовые элеваторы (рисунок 2) [1].

Элеваторы – это машины для перемещения в вертикальном или близком к нему наклонном направлении сыпучих грузов с помощью непрерывно движущихся ковшей или для перемещения штучных грузов с помощью люлочных или полочных захватов.

Ковшовый элеватор имеет вертикально замкнутый тяговый элемент, к примеру, ремень или цепь; к нему жестко прикреплены грузонесущие элементы – ковши. Ремень или цепь огибает два барабана, верхний и нижний; первый является приводным, второй – натяжным. Вторым создается первоначальное натяжение, а первый приводит в движение тяговый элемент, и ковши начинают подниматься вверх. В нижней части элеватор имеет загрузочный патрубок, через который подается насыпной груз. Дальше он загружается в ковши, поднимается в них до верхнего барабана и там разгружается в патрубок верхней части элеватора [1].



1 – нижний барабан; 2 – приемный носок; 3 – лента с ковшами; 4 – верхний барабан; 5 – головка норин; 6 – козырек; 7 – выпускной патрубок; 8 – ковш; 9 – норинная труба; 10 – задвижка; 11 – башмак норин

Рисунок 2 – Схема ковшового элеватора

Существуют различные модели элеваторов. Они различаются по типу натяжного устройства, которое использует элеватор, ходу натяжного устройства, расположению загрузочного патрубка (оно может быть высоким и низким) и некоторым другим параметрам. Элеватор состоит из средних секций, нижней загрузочной секции и верхней разгрузочной секции.

Исполнение элеватора может быть с левым или правым приводом (если смотреть со стороны загрузочного люка). Расположение привода верхнее или нижнее. Нижнее расположение привода возможно при высоте элеватора не более 6000 мм. Минимальный наклон элеватора 50 градусов.

Наполнение ковшей производится зачерпыванием материала из нижней части элеватора. Мощность привода рассчитывается, исходя из типа элеватора и его высоты.

Производительность ковшовых элеваторов или норий, т/ч [1]

$$П = 3,6 \frac{e}{l_k} \psi v \gamma ,$$

где e – вместимость ковша, л;

l_k – шаг ковшей, м;

ψ – коэффициент наполнения ковшей грузом, принимаемый для зерновых грузов 0,75–0,9;

v – скорость движения ковшей, м/с;

γ – объемная масса груза, т/м³ (см. таблицу 2 лабораторной работы № 1).

2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомиться с назначением складов элеваторного типа, устройством ковшовых элеваторов.

2.2 На филиале кафедры изучить основы технологического процесса по переработке и хранению различных видов зерна на складе элеваторного типа.

Содержание отчета

1 Назначение склада элеваторного типа.

2 Схема элеваторного склада, технология работы и функции основных устройств склада.

3 Расчет производительности ковшового элеватора (данные для расчета предоставляются преподавателем).

3 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Цель работы. Изучить назначение, конструкцию, основные характеристики ленточных конвейеров; выполнить расчет производительности ленточного конвейера.

1 Общие положения

Ленточные конвейеры – это машины непрерывного действия, у которых несущим и тяговым органом является гибкая лента. Она используется для перемещения грузов на различные расстояния, причем трасса перемещения может быть сложной с горизонтальными и наклонными участками, а также с изгибами в горизонтальной плоскости.

Ленточный конвейер (рисунок 1) состоит из замкнутой гибкой ленты 1, огибающей ведущий (приводной) 2 и хвостовой (поворотный) 3 барабаны [1]. Приводной барабан получает вращение от электродвигателя через редуктор. Тяговое усилие от барабана на ленту передается трением. Барабаны 4 являются вспомогательными, отклоняющими ленту. Благодаря их применению увеличивается угол охвата приводного и поворотного барабанов лентой, что улучшает условия сцепления ленты с поверхностями этих барабанов и уменьшает пробуксовывание ленты.

Натяжение ленты осуществляется натяжным устройством 10, расположенным в данной схеме на хвостовом барабане. Часть ленты, на которой располагается груз, называется рабочей, груженой или несущей ветвью, а свободная от транспортируемого материала – порожней ветвью. Лента под-

держивается роликовыми опорами 5 на грузеной ветви и 6 на порожней ветви, установленными на раме 7. Материал подается на ленту по загрузочному желобу 8 и перемещается к разгрузочному концу конвейера, где сбрасывается в направляющий лоток 9.

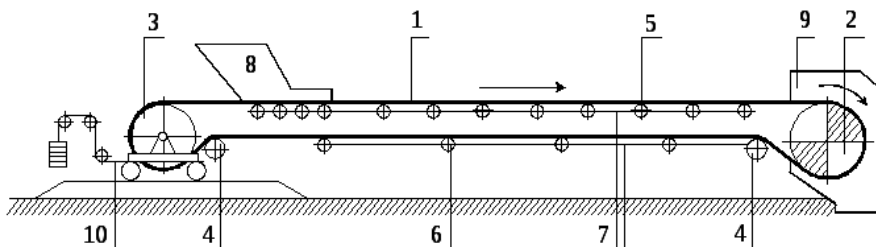


Рисунок 1 – Ленточный конвейер с плоской лентой

Натяжной барабан вместе с натяжным устройством служит для создания предварительного натяжения конвейерной ленты, необходимого для исключения срыва сцепления на приводном барабане, ограничения провеса ленты между опорами и компенсации ее вытяжки.

В конвейерах применяют резинотканевые, резинотросовые, металлические сплошные проволочные ленты. Они используются в качестве грузонесущего элемента, осуществляя одновременно и тяговую связь между барабанами конвейера. Лента должна быть высокопрочной, гибкой в продольном (на барабанах) и поперечном (на желобчатых опорах) направлениях, обладать высокой влаго- и износостойкостью рабочих поверхностей, не должна расслаиваться при многократных перегибах, должна иметь небольшое упругое и остаточное удлинение, малую гигроскопичность [1].

Определение основных параметров конвейеров начинают с выбора размеров несущего рабочего органа в зависимости от заданной расчетной производительности.

Для ленточных конвейеров минимальная ширина ленты для несортированных грузов

$$B = 2a_{\max} + 200 \text{ мм},$$

для сортированных грузов –

$$B \geq 3,3a_{\max} + 200 \text{ мм},$$

где a_{\max} – максимальный размер куска груза, мм.

При транспортировании штучных грузов ширина ленты или настила пластин должна быть на 50–100 мм больше максимального размера груза. Принимаемая ширина ленты или другого несущего рабочего органа и

скорость их движения должны обеспечивать необходимую производительность.

Для всех типов конвейеров производительность при перемещении штучных грузов, т/ч, определяется по формуле [1]

$$\Pi = 3,6 \frac{G_{\text{гр}}}{l} v,$$

где $G_{\text{гр}}$ – масса перемещаемой единицы груза (грузового места), кг;

l – расстояние между грузами на рабочем органе конвейера, м;

v – скорость перемещения груза рабочим органом конвейера, м/с.

При перемещении сыпучих и кусковых грузов производительность, т/ч [1]

$$\Pi = 3600F\gamma v,$$

где F – площадь поперечного сечения, перемещаемого рабочим органом груза, м²;

γ – объемная масса груза, т/м³.

Для конвейеров с плоской несущей поверхностью поперечное сечение груза, м²,

$$F = \psi F_{\text{max}} = \frac{(0,9B - 0,05)^2}{4} \text{tg}\alpha,$$

где ψ – коэффициент заполнения несущей поверхности (0,5–0,6);

F_{max} – максимальная площадь заполнения несущей поверхности, м²;

(0,9B–0,05) – расчетная ширина поверхности ленты, перемещающей груз, с учетом свободного поля у бортов во избежание его просыпания, м;

α – угол естественного откоса груза в движении; определяется гранулометрическим составом груза, его влажностью, техническим состоянием конвейера; рекомендуется принимать $\alpha = (0,75 \dots 0,8)\alpha_0$ (α_0 – угол естественного откоса груза в покое).

Производительность конвейера с плоской лентой, т/ч [1],

$$\Pi_{\text{п}} = 900 \cdot (0,9B - 0,05)^2 v \text{tg}\alpha \gamma.$$

Производительность конвейера с желобчатой лентой, т/ч [1],

$$\Pi_{\text{ж}} = K_{\text{п}} (0,9B - 0,05)^2 v \gamma K_{\beta},$$

где $K_{\text{п}}$ – коэффициент производительности, зависящий от вида роликкоопор (формы поперечного сечения потока груза) и среднего значения угла откоса груза на ленте;

K_{β} – коэффициент уменьшения сечения потока груза на наклонном конвейере.

Значения K_{Π} и K_{β} приведены соответственно в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Значения коэффициента производительности K_{Π}

Характеристика роlikоопор		Угол наклона роlikов, град.	K_{Π} при угле откоса			
			10	15	20	25
Однороlikовая		0	160	250	330	420
Двухроlikовая		15	–	500	580	640
		20	–	370	615	660
Трехроlikовая		20	393	470	550	640
		30	480	550	625	700
		36	–	590	660	730
Пятироlikовая		45	580	635	690	750
		крайние боковые	54	–	565	635
средние боковые	18	–				
Однороlikовая с гибкой осью		–	–	520	570	640

Таблица 2 – Значения коэффициента уменьшения сечения потока груза на наклонном конвейере K_{β}

Угол откоса груза на ленте	Значение K_{β} при угле наклона резиновой гладкой ленты к горизонту, град.				
	1–5	6–10	11–15	16–20	21–24
10	0,95	0,90	0,85	0,80	–
15	1,00	0,97	0,95	0,90	0,85
20	1,00	0,98	0,97	0,95	0,90
25	1,00	0,98	0,97	0,95	0,90

2 Последовательность выполнения работы

2.1 На филиале кафедры изучить назначение и конструкцию ленточных конвейеров.

2.2 Ознакомиться с основными характеристиками ленточных конвейеров, используемых на складах элеваторного типа.

Содержание отчета

- 1 Схема ленточного конвейера.
- 2 Назначение элементов ленточного конвейера.
- 3 Расчет производительности ленточного конвейера (данные для расчета предоставляются преподавателем).

4 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОГРУЗЧИКОВ ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Цель работы. На грузовом терминале Центролит ТЭРДУП «Гомель-желдортранс» изучить назначение, устройство, технические характеристики погрузчиков циклического действия и способы производства работ с их использованием.

1 Общие положения

Погрузчик – это специальное транспортное средство, предназначенное для поднятия, переноса и складирования различных грузов, с помощью вил или других грузозахватных приспособлений.

Погрузчики относятся к подъемно-транспортным машинам периодического или циклического действия и выполняют следующие операции: захват груза, подъем и транспортирование, штабелирование, опускание и освобождение груза. Некоторые из операций обычно совмещаются полностью или частично. *Совмещение операций* – это важный фактор повышения производительности труда, который зависит от квалификации водителя и маневренности машины.

Захват тарно-упаковочных, навалочных и сыпучих грузов осуществляется погрузчиками без применения питателей и других дополнительных грузозахватных устройств, необходимых для работы машин непрерывного действия, и, как правило, без ручного труда рабочих-стропальщиков (такелажников). В отличие от рельсовых, пневмоколесных и гусеничных кранов, погрузчики могут перемещаться с грузом на значительные расстояния и обслуживать большие складские и производственные площади. Возможность применения быстро заменяемых грузозахватных приспособлений в сочетании с большой мобильностью, автономностью привода (в большинстве случаев) и отсутствием привязки к ограниченному месту придает погрузчикам свойство универсальности. Например, механизировать работы с тарно-штучными грузами внутри крытых вагонов, контейнеров и автофургонов можно только с применением соответствующих погрузчиков.

Погрузчики классифицируются по следующим признакам [1]:

- грузоподъемности;
- расположению подъемного устройства;
- типу привода;
- числу опорных колес.

По грузоподъемности погрузчики могут быть от 500 кг до 52 т. По расположению подъемного устройства погрузчики бывают фронтальные и боковые. У фронтальных погрузчиков рабочее приспособление расположено

вперед. По типу рабочего приспособления фронтальные погрузчики бывают вилочные и ковшовые.

Общие виды трехопорного и четырехопорного вилочных автопогрузчиков представлены на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1 – Общий вид трехопорного вилочного автопогрузчика



Рисунок 2 – Общий вид четырехопорного вилочного автопогрузчика

Рабочими скоростями погрузчика, определяющими в основном его производительность, являются: скорость передвижения с грузом и без, скорость подъема и опускания груза, скорость наклона рамы грузоподъемника и т. д. (приложение И).

2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомьтесь с устройством и назначением различных типов погрузчиков циклического действия, изучите их технические параметры и основные характеристики.

Изучите основные типы сменных грузозахватных приспособлений к погрузчикам.

2.2 Изучить основы технологического процесса при переработке тарно-упаковочных грузов с помощью погрузчиков. Для одного из возможных вариантов (погрузка, выгрузка из вагонов, автомобилей, сортировка) произвести хронометражные наблюдения за элементами рабочего цикла погрузчика и составить график такого цикла без совмещения и с совмещением операций. Примерный вид графика цикла работы погрузчика приведен на рисунке 3.

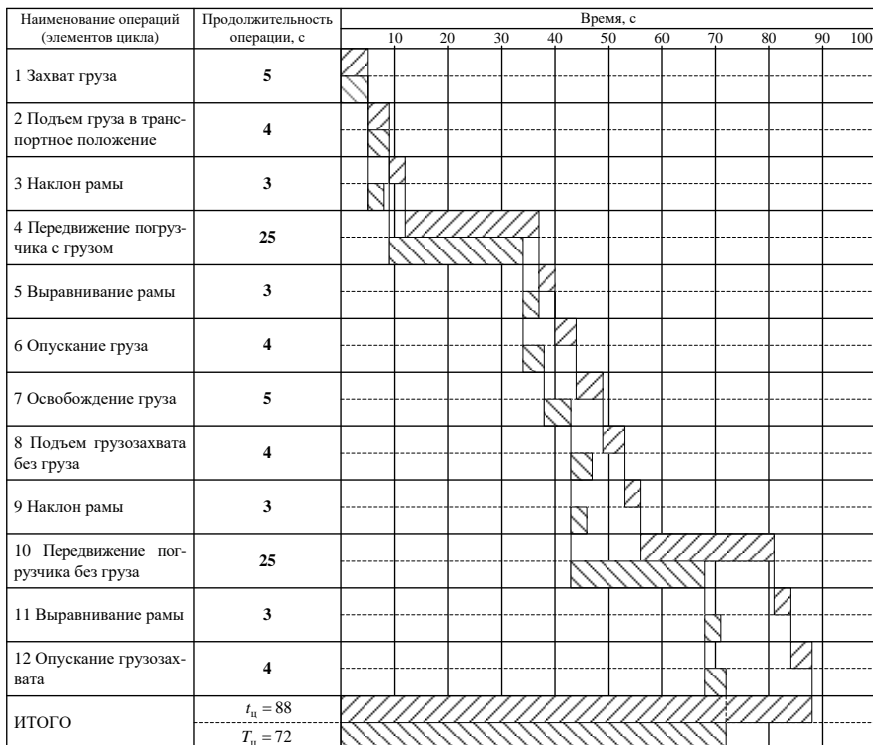


Рисунок 3 – Примерный вид графика рабочего цикла погрузчика

2.3 По рассчитанным значениям продолжительности циклов (с совмещением $T_{ц}$ и без совмещения операций $t_{ц}$) определить коэффициент совмещения операций в рабочем цикле из соотношения $\phi = T_{ц} / t_{ц}$.

2.4 Рассчитать техническую производительность погрузчика, т/ч:

$$Q_{\text{тех}} = 3600 G_{\text{гр}} / T_{ц},$$

где $G_{\text{гр}}$ – масса груза, перемещаемого за один цикл, т.

2.5 Определить сменную эксплуатационную производительность погрузчика:

$$Q_{\text{см}} = 7Q_{\text{тех}}K_{\text{вр}},$$

где 7 – продолжительность работы в течение смены, ч;

$K_{\text{вр}}$ – коэффициент использования машины по времени, для погрузчиков

можно принять $K_{\text{вр}} = 0,75$.

Далее следует сопоставить рассчитанное значение $Q_{\text{см}}$ с нормой выработки, приведенной в [14], и в случае значительного расхождения объяснить причину этого расхождения.

Содержание отчета

- 1 Назначение, область применения, классификация и основные характеристики погрузчиков.
- 2 График рабочего цикла погрузчика.
- 3 Расчет технической и эксплуатационной производительности погрузчика.
- 4 Выводы из расчетов.

5 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОЗЛОВЫХ КРАНОВ

Цель работы. На грузовом терминале Центролит ТЭРДУП «Гомельжелдортранс» изучить назначение, устройство и технические характеристики козловых кранов; выполнить расчет производительности козлового крана.

1 Общие положения

Одним из наиболее распространенных средств механизации погрузочно-разгрузочных работ на промышленных предприятиях, строительных площадках, в речных и морских портах, на автомобильном и железнодорожном транспорте являются грузоподъемные краны. Краны – универсальные грузоподъемные машины циклического действия, состоящие из остова и смонтированных на нем механизмов, при помощи которых перемещают грузы в вертикальном и горизонтальном направлениях на небольшие расстояния.

Наиболее широкое применение при перегрузке контейнеров, металла, лесных и строительных материалов, навалочных и различных других грузов получили козловые краны (рисунок 1) [1].

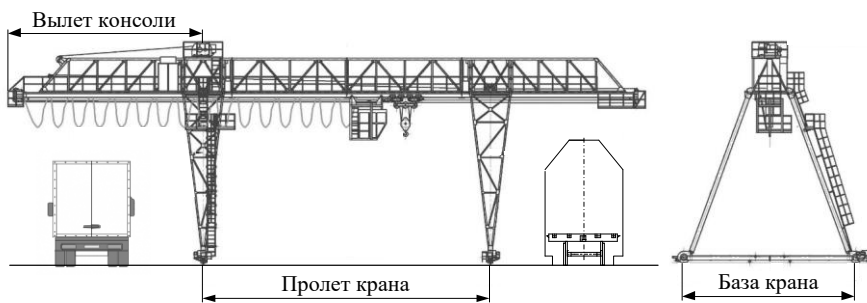


Рисунок 1 – Общий вид козлового крана

В козловых кранах реализуются три самостоятельные операции: подъем (опускание) груза на требуемую высоту; перемещение груза по мосту крана поперек обслуживаемой площадки; перемещение груза краном вдоль обслуживаемой площадки. Выполнение этих операций позволяет перемещать грузы в любые точки склада прямоугольной формы.

К основным параметрам козловых кранов относятся: грузоподъемность; пролет; полный вылет консолей; рабочий вылет консолей; высота подъема захватного органа над уровнем головок подкрановых рельсов; скорости рабочих движений; расстояние от грузовой подвески до передней грани опорной стойки. К основным недостаткам кранов следует отнести относительно малую высоту подъема груза (в сравнении со стреловыми кранами) и ограниченную площадь рабочей зоны [1].

Козловые краны относят к мостовому виду грузоподъемного оборудования, базирующегося на устойчивых опорах. Крановые опоры могут иметь одну или две стойки и передвигаются по направляющим рельсам на бетонных фундаментах. Рельсы должны укладываться так, чтобы обеспечить наибольшую эффективность работы оборудования.

Перемещение моста на высоких опорах обеспечивает высокую грузоподъемность крана и возможность использования его на больших площадках. Козловые установки более мобильны по сравнению с мостовыми кранами, которые подвешиваются в рабочих помещениях на специальные опоры прямо под потолком.

Основные узлы козлового крана:

- мостовой пролет, состоящий из металлических ферм;
- грузовая тележка, передвигающаяся по мосту;
- массивные опоры с одной или двумя стойками;
- платформы к опорам для передвижения;
- узлы и механизмы, которые используются для подъема или перемещения груза.

Конструкция козлового крана включает мостовую или пролетную часть, состоящую из одной или двух балок. Пролетная часть сваривается из металлических ферм. Краны грузоподъемностью до 10 т оборудованы только одной балкой и бывают с ферменным или трубчатым сечением. Более высокая нагрузка требует двух балок [1].

Важная часть кранового оборудования – грузовые тележки. Они бывают следующих видов:

- монорельсовыми, недостаток которых состоит в низкой устойчивости их положения и быстром износе;
- двухрельсовыми, которые иногда дополняют монорельсовой кареткой;
- канатными тележками (из-за ускоренного износа каната они используются нечасто);
- самоходными тележками, передвигающимися по направляющим (более востребованы).

Механизмы, используемые для подъема груза, могут устанавливаться либо непосредственно на самоходную тележку, либо на мосту стационарным способом, если речь идет о канатных тележках.

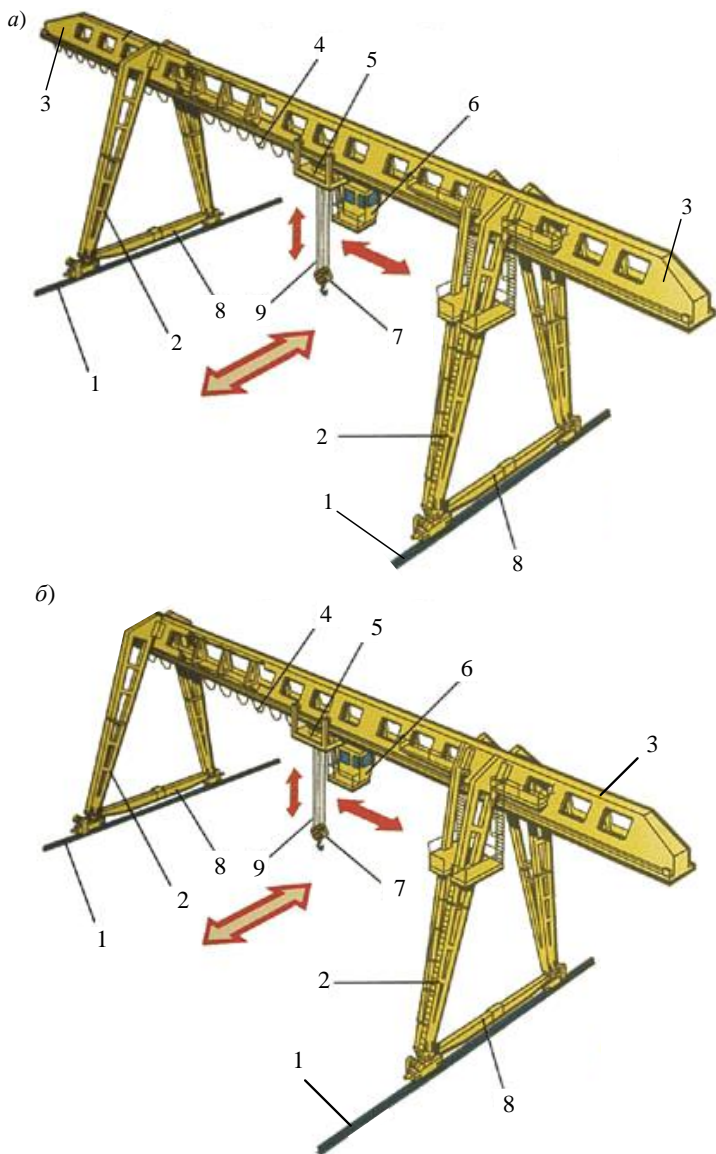
Передвижение крановой техники обеспечивается с помощью одноколесных или балансирных тележек, соединенных с опорами и работающих от электродвигателей [1].

Козловые краны, относящиеся к категории общего назначения, используются при выполнении погрузочно-разгрузочных операций на открытых площадках. Обычно они оборудованы крюковыми приспособлениями и имеют грузоподъемность до 32 т.

Козловые краны специального назначения приспособлены для выполнения работ по обслуживанию гидротехнического оборудования, контейнерных терминалов, при монтаже различных сборных конструкций. Они оборудованы грузовыми подвесками для предотвращения раскачивания груза. Многие модели имеют два подъемных механизма, что значительно ускоряет работу.

В зависимости от количества консолей (консоль – конец пролетной балки, выходящей за опоры) различают краны двухконсольные и одноконсольные (рисунок 2). Есть и бесконсольные установки.

Крановое оборудование козлового типа отличается многофункциональностью, длительным эксплуатационным сроком, высокой производительностью, а также более низкими ценами, по сравнению с гусеничными или башенными кранами.



1 – крановый путь; 2 – опорные стойки; 3 – консоль; 4 – кабельный токопровод;
 5 – грузовая тележка; 6 – кабина управления; 7 – крюковая подвеска; 8 – стяжка опорных стоек;
 9 – грузовой канат

Рисунок 2 – Однобалочный козловой кран с подвесной грузовой тележкой:
 а – двухконсольный; б – одноконсольный

2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомиться с устройством и назначением различных типов козловых кранов, работающих на филиале кафедры (грузовой терминал Центролит ТЭРДУП «Гомельжелдортранс»).

2.2 Изучить основы технологического процесса при погрузке, выгрузке грузов с использованием козловых кранов. Для одного из возможных вариантов грузопереработки выполнить хронометражные наблюдения за элементами рабочего цикла на грузовой площадке и привести график рабочего цикла. Примерный вид таблицы наблюдений и графика цикла приведен на рисунке 3.

Наименование операций (элементов цикла)	Продолжительность операции, с				Время, с							
	Наблюдения				20	40	60	80	100	120	140	160
	1	...	5	среднее								
1 Захват (застропка) груза												
2 Подъем груза												
3 Передвижение тележки по мосту крана												
4 Передвижение крана с грузом												
5 Опускание груза												
6 Освобождение (отстропка) груза												
7 Подъем грузозахвата без груза												
8 Передвижение тележки по мосту крана												
9 Передвижение крана без груза												
10 Опускание грузозахвата												
ИТОГО $T_{ц}$, $t_{ц}$												

Рисунок 3 – Таблица для построения рабочего цикла

2.3 По рассчитанным значениям продолжительности циклов (с совмещением $T_{ц}$ и без совмещения операций $t_{ц}$) необходимо определить коэффициент совмещения операций в рабочем цикле из соотношения $\varphi = T_{ц} / t_{ц}$.

2.4 Найти время цикла $T_{ц}$ аналитическим способом:

$$T_{ц} = t_3 + t_0 + (2,5h / v_{п} + 2l_{кр} / v_{кр} + 2l_{т} / v_{т})\varphi,$$

где t_3 и t_0 – время захвата и освобождения груза, с;

h – высота подъема груза, м;

$v_{п}$, $v_{кр}$, $v_{т}$ – скорости соответственно подъема груза, передвижения крана и тележки по мосту, м/с (приложение К);

$l_{кр}$, $l_{т}$ – среднее расстояние перемещения крана и тележки по мосту, м.

Найденные значения $T_{ц}$ сопоставляются между собой. В случае значительного расхождения величин необходимо объяснить причину.

2.5 Рассчитать техническую производительность козлового крана, т/ч:

$$Q_{\text{тех}} = 3600G_{\text{гр}} / T_{\text{ц}},$$

где $G_{\text{гр}}$ – масса груза, перемещаемого за один цикл, т.

Найти максимально возможное значение технической производительности при полном использовании грузоподъемности крана $G_{\text{гр}} = G_{\text{н}}$:

$$Q_{\text{тех}}^{\text{max}} = 3600G_{\text{н}} / T_{\text{ц}}.$$

Рассчитать коэффициент использования крана по грузоподъемности:

$$K_{\text{гр}} = G_{\text{гр}} / G_{\text{н}}.$$

2.6 Определить сменную эксплуатационную производительность козлового крана, т/смену:

$$Q_{\text{см}} = 7Q_{\text{тех}} K_{\text{вр}},$$

где 7 – продолжительность работы в течение смены, ч;

$K_{\text{вр}}$ – коэффициент использования машины по времени, для крана можно принять $K_{\text{вр}} = 0,75...0,85$.

Далее следует сопоставить рассчитанное значение $Q_{\text{см}}$ с нормой выработки, приведенной в [14], и в случае значительного расхождения объяснить причину этого расхождения.

Содержание отчета

- 1 Схема крана с указанием основных узлов и технических параметров.
- 2 Схема расположения грузов на площадке.
- 3 График рабочего цикла крана.
- 4 Расчет технической и эксплуатационной производительности крана; выводы из расчетов.

Примечание – Схемы по пп. 1 и 2 могут быть совмещены.

6 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СТРЕЛОВЫХ КРАНОВ

Цель работы. Изучить назначение, устройство и технические характеристики стреловых кранов; выполнить расчет производительности стрелового крана.

1 Общие положения

Кранами стрелового типа называют краны, у которых грузозахватный орган подвешен к стреле или грузовой тележке, перемещающейся по стреле. Они используются на погрузочно-разгрузочных работах, при монтаже крупногабаритного промышленного оборудования, а также в промышленном и гражданском строительстве.

Стреловые краны разделяют на стационарные и передвижные.

Стационарные краны предназначены для обслуживания отдельных рабочих мест на производственных участках и в цехах, при производстве строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ при нестабильных и малых объемах работы.

Самоходные краны способны быстро перебазироваться с одного объекта на другой и сразу приступить к работе, что обеспечило их широкое внедрение на рассредоточенных объектах с небольшими объемами работы.

Термином «самоходные краны» определяется большая группа стреловых кранов, характеризующихся высокой транспортной маневренностью, независимым энергоснабжением и разнообразным рабочим оборудованием.

Маневренность достигается применением ходового оборудования, приспособленного для перемещения по дорогам с твердым покрытием и грунтам, территориям строительных площадок.

Независимое энергоснабжение обеспечивается применением в качестве базового силового агрегата двигателей внутреннего сгорания (карбюраторных и дизельных). В качестве рабочего оборудования используются разнообразные стрелы и другие грузозахватные устройства.

По ходовому оборудованию краны классифицируются на пневмоколесные, гусеничные, автомобильные и на железнодорожном ходу.

Автомобильные краны (рисунок 1) выполняют в виде оборудованной выносными опорами накладной рамы, закрепляемой на шасси автомобиля вместо кузова. На раме установлено опорно-поворотное устройство роликового типа, а на нем – поворотная часть крана со стрелой, механизмами и кабиной управления [1].



Рисунок 1 – Автомобильный кран с выносными опорами

Основная область использования автомобильных кранов – это погрузочно-разгрузочные работы и вспомогательные операции на монтажных работах.

Положительной особенностью автомобильных кранов являются их высокая маневренность и передвижение по дорогам с высокими транспортными скоростями. При наличии механизма вспомогательного подъема краны могут работать и с двухканатным грейфером и успешно использоваться при перегрузке сыпучих грузов (приложение Л).

Если автомобильные краны не удовлетворяют условиям эксплуатации по грузоподъемности, применяют стреловые краны на специально проектируемых и изготавливаемых шасси, так называемые пневмоколесные краны (рисунок 2).

Грузоподъемность пневмоколесных кранов – до 100 т, они оборудуются стрелами длиной 10–25 м, иногда имеющими «гусек». Высота подъема достигает 46 м, вылет стрелы 20–24 м. Привод всех механизмов пневмоколесных кранов, как правило, индивидуальный с двигателем постоянного тока. Эти краны имеют генераторные установки, приводимые от дизельных двигателей, но могут питаться и от внешней сети. По маневренности пневмоколесные краны уступают автомобильным [1].

Гусеничные краны (рисунок 3) используются на монтажных площадках. Они не требуют подготовки специального основания для работы, так как имеют наименьшее удельное давление на грунт по сравнению с другими стреловыми кранами и обладают высокой маневренностью, что позволяет им работать в естественных условиях. Грузоподъемность этих кранов составляет 40–250 т. Эти краны могут быть снабжены прямыми стрелами с «гуськом» или башенно-стреловым оборудованием.



Рисунок 2 – Пневмоколесный кран



Рисунок 3 – Гусеничный кран

К недостаткам гусеничных кранов следует отнести большую собственную массу и высокую стоимость, низкие транспортные скорости и малый ресурс механизмов передвижения [1].

Железнодорожные краны предназначены для перегрузки тяжелых штучных и сыпучих грузов, монтажа и ликвидации аварий на железнодорожном транспорте. Их используют также и в промышленности при выполнении погрузочно-разгрузочных работ.

Железнодорожный кран (рисунок 4) состоит из неповоротной платформы, смонтированной на двух двухосных тележках на железнодорожном ходу, из которых две оси являются приводными. Платформа оборудована автосцепкой. На каждом буферном бруске над рельсами укреплено по два захвата, которыми схватывают головки рельсов на случай перегрузки крана. По концам рамы платформы смонтированы выносные опоры с домкратами (аутригеры), предусмотренные для повышения устойчивости крана при подъеме груза.

По опорному кругу, укрепленному на неподвижной платформе, перекачиваются опорные катки поворотной платформы. На поворотной платформе смонтированы дизель-генераторная установка, питающая электроэнергией электродвигатели механизмов подъема груза, подъема и опускания стрелы (изменения вылета) и механизма вращения поворотной платформы, к которой шарнирно прикреплена грузоподъемная стрела, верхняя часть которой удерживается полиспастом. Механизм передвижения крана состоит из электродвигателя, подвешенного к неповоротной платформе, и зубчатой передачи движения на оси колес [1].

Кроме дизелей, на кранах применяют и карбюраторные двигатели внутреннего сгорания, но с устройством группового привода механизма крана.



Рисунок 4 – Железнодорожный кран

Стрела в транспортном положении укладывается на другую платформу, входящую в комплект оборудования крана.

Грузоподъемность легких и средних железнодорожных кранов 20–30 т, тяжелых – 80–250 т, скорость подъема 1,15–32 м/мин, передвижения крана – 60–100 км/ч, частота вращения до 0,5 об./мин для кранов большой грузоподъемности и 1,5 об./мин для более легких кранов. Минимальный вылет стрелы составляет 4–8 м, максимальный – 22–28 м, а время изменения вылета – 1–6 мин (приложение М).

2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомиться с устройством и назначением различных типов стреловых кранов, работающих на филиале кафедры (грузовой терминал «Гомельжелдортранс» станции Центролит).

2.2 Изучить основы технологического процесса при погрузке, выгрузке различных грузов с использованием стреловых кранов. Для одного из возможных вариантов грузопереработки выполнить хронометражные наблюдения за элементами рабочего цикла на грузовой площадке и привести график рабочего цикла. Примерный вид таблицы наблюдений и графика цикла приведен на рисунке 5.

Наименование операций (элементов цикла)	Продолжительность операции, с				Время, с							
	Наблюдения				20	40	60	80	100	120	140	160
	1	...	5	среднее								
1 Захват (застропка) груза												
2 Подъем груза												
3 Поворот стрелы крана												
4 Передвижение крана с грузом												
5 Опускание груза												
6 Освобождение (отстропка) груза												
7 Подъем грузозахвата без груза												
8 Поворот стрелы крана												
9 Передвижение крана без груза												
10 Опускание грузозахвата												
ИТОГО $T_{ц}$, $t_{ц}$												

Рисунок 5 – Таблица для построения графика цикла работы крана

2.3 По рассчитанным значениям продолжительности циклов (с совмещением $T_{ц}$ и без совмещения операций $t_{ц}$) необходимо определить коэффициент совмещения операций в рабочем цикле из соотношения $\varphi = T_{ц} / t_{ц}$.

2.4 Рассчитать техническую производительность стрелового крана $Q_{тех}$, т/ч:

$$Q_{тех} = 3600G_{гр} / T_{ц},$$

где $G_{гр}$ – масса груза, перемещаемого за один цикл, т.

Найти максимально возможное значение технической производительности при полном использовании грузоподъемности крана $G_{гр} = G_{н}$:

$$Q_{тех}^{max} = 3600G_{н} / T_{ц}.$$

Рассчитать коэффициент использования крана по грузоподъемности:

$$K_{гр} = G_{гр} / G_{н}.$$

2.5 Определить сменную эксплуатационную производительность стрелового крана, т/смену:

$$Q_{см} = 7Q_{тех}K_{вр},$$

где 7 – продолжительность работы в течение смены, ч;

$K_{вр}$ – коэффициент использования машины по времени, для крана $K_{вр} = 0,75...0,85$.

Далее следует сопоставить рассчитанное значение $Q_{см}$ с нормой выработки, приведенной в [14], и в случае значительного расхождения объяснить причину этого расхождения.

Содержание отчета

- 1 Схема крана с указанием основных узлов и технических параметров.
- 2 Схема расположения грузов на площадке.
- 3 График рабочего цикла крана.
- 4 Расчет технической и эксплуатационной производительности крана; выводы из расчетов.

Примечание – Схемы по пп. 1 и 2 могут быть совмещены.

7 ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫГРУЗКИ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОВЫШЕННОГО ПУТИ

Цель работы. На грузовом терминале Центролит ТЭРДУП «Гомельжелдортранс» изучить технологию выгрузки сыпучих грузов с использованием повышенного пути; выполнить расчет основных параметров повышенного пути.

1 Общие положения

На повышенном пути (рисунок 1) груз высыпается самотеком через лючки [1]. Для погрузки на автотранспорт и уборки сыпучих грузов из отвалов используются ковшовые погрузчики, а также механические погрузчики непрерывного действия, экскаваторы, грейферные краны.

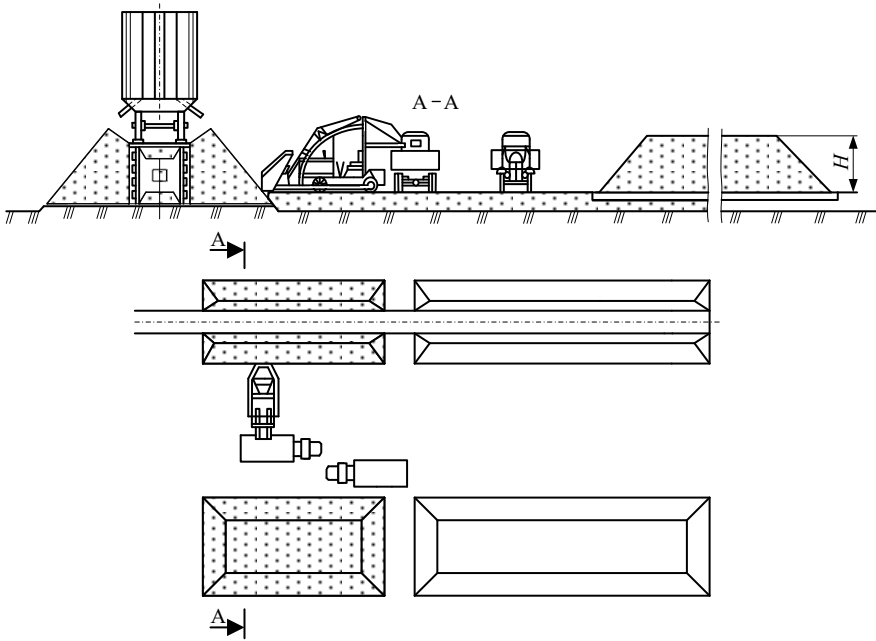
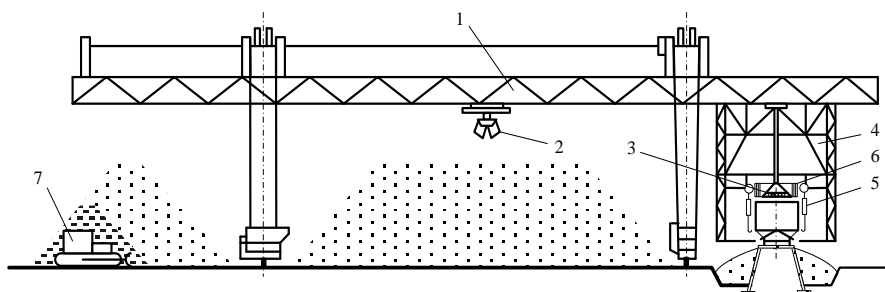


Рисунок 1 – Схема механизированной перегрузки грузов с использованием повышенного пути и ковшового погрузчика

Схема механизации, приведенная на рисунке 2, используется для переработки грузов на опорных станциях. Высота повышенного пути – 2,5 м. Козловой кран оснащен грейфером и съемной фермой с площадками, оснащенными люкоподъемниками. Вместо грейфера на крюк можно подвешивать виброразгрузчик или виброрыхлитель. Через люки, открываемые рабочими, груз высыпается в отвалы вдоль повышенного пути, отсюда грейфером и ковшовыми погрузчиками перегружается в штабели или в автотранспорт [1].

Наиболее эффективной при поступлении под выгрузку 20 и более вагонов в сутки является комплексная унифицированная установка (рисунок 3) [13], состоящая из козлового крана 2, перекрывающего повышенный путь 1 вы-

сотою 2,5 м. Козловой кран соединяется с приставкой (мостом) 4 ферменной конструкции, перемещающейся на катках по подкрановому пути. На высоте 3710 мм от головки рельса на мосту расположены площадки для открывания и закрывания люков полувагонов. На специальных монорельсах подвешены пневматические подъемники крышек люков 5, компрессоры которых 3 смонтированы на площадках. Козловой кран, кроме крюковой подвески, оснащен грузовой обоймой 6, к которой может быть подвешен накладной вибратор (на траверсе) 7 или универсальный грейфер. Грейфер служит для переработки сыпучих материалов (песок, щебень, уголь и т. п.). Кран, оборудованный грейфером, выполняет складские операции и используется на погрузке сыпучих грузов в автомобили.



1 – козловой кран; 2 – грейфер; 3 – вибратор; 4 – съемная ферма; 5 – электрический люкозакрывающий механизм; 6 – виброрыхлитель; 7 – тракторный погрузчик

Рисунок 2 – Схема механизированной перегрузки грузов с использованием козлового крана, оснащенного грейфером, вибратором, и погрузчика

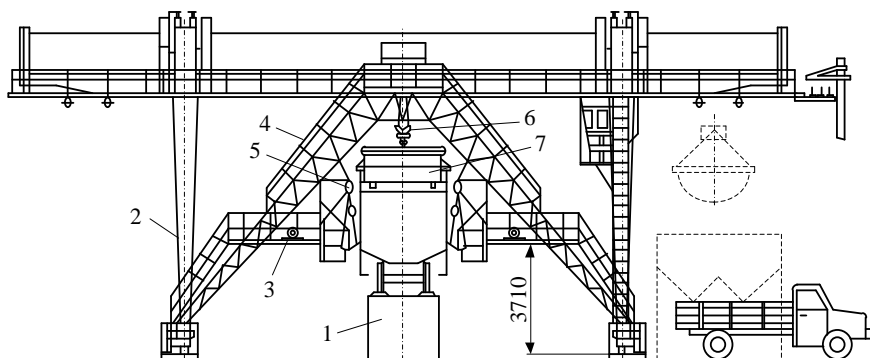


Рисунок 3 – Комплексная унифицированная установка с использованием козлового крана

2 Последовательность выполнения работы

Высота повышенного пути, м, определяется числом вагонов, которые могут разгрузиться на фронте, равном длине одного вагона (одном месте повышенного пути), до уборки груза из отвалов [1]:

$$H_{\text{пш}} = \sqrt{\frac{KG}{\rho\phi l_{\text{в}} \text{ctg}\alpha}} - 0,5,$$

где K – количество вагонов, выгружаемых на одном месте повышенного пути до уборки груза из отвалов;

G – масса груза в одном вагоне, т;

ρ – плотность груза, т/м³ (приложение Н);

ϕ – коэффициент заполнения отвалов (см. приложение Н);

$l_{\text{в}}$ – длина вагона по осям автосцепок, м;

α – угол естественного откоса, град. (см. приложение Н).

Длина повышенного пути, м [1],

$$L_{\text{пш}} = l_{\text{в}} m_{\text{пу}} + (1-3)l_{\text{в}},$$

где $m_{\text{пу}}$ – число вагонов в одной подаче.

Расстояние въезда на повышенный путь, м [1],

$$L_{\text{вв}}^{\text{пш}} = \frac{H_{\text{пш}} \cdot 1000}{i},$$

где $H_{\text{пш}}$ – высота повышенного пути, м;

i – уклон пути (15–20 ‰).

Количество вагонов, выгружаемых на одном месте повышенного пути до уборки груза из отвалов, определяется по формуле

$$K = \frac{(H_{\text{пш}} + 0,5)^2 \rho\phi l_{\text{в}} \text{ctg}\alpha}{G}.$$

Содержание отчета

1 Схема повышенного пути с указанием основных элементов, а также применяемых подъемно-транспортных машин и устройств.

2 Технология производства погрузочно-разгрузочных работ на повышенном пути с использованием козловых кранов. Преимущества и недостатки указанной технологии.

3 Расчет длины, высоты, расстояния въезда на повышенный путь и количества вагонов, выгружаемых на одном месте повышенного пути до уборки груза из отвалов.

8 ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ КРАНОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ

Цель работы. Изучить методику и выполнить расчеты по обеспечению устойчивости передвижных кранов от опрокидывания.

1 Общие положения

Особенностью конструкции стреловых самоходных кранов является наличие поворотной части со стрелой. Стрела позволяет поднимать груз, находящийся на значительном расстоянии от опоры крана. Поэтому особые требования предъявляются к обеспечению в процессе работы устойчивости крана, так как подъем груза на недопустимом вылете стрелы или неправильное распределение масс механизмов крана может привести к его опрокидыванию. При резком торможении и изменении скорости подъема груза и стрелы возникают силы инерции, при вращении поворотной части – центробежная сила. На кран также действует сила ветра, а его устойчивость уменьшает уклон пути.

Различают грузовую и собственную устойчивость кранов. Грузовая устойчивость определяется как способность крана не опрокидываться при работе с грузом на крюке. Собственная устойчивость – это способность крана не опрокидываться в противоположную от стрелы сторону при самых неблагоприятных условиях. Степень грузовой и собственной устойчивости характеризуется коэффициентами устойчивости.

Наименьшая устойчивость стреловых кранов наблюдается в том случае, когда поворотная часть расположена поперек ходовой рамы, так как при этом опрокидывающий момент относительно ребра опрокидывания наибольший.

Опрокидывающим моментом называется произведение силы тяжести массы груза Q , способствующей опрокидыванию крана, на расстояние от центра тяжести груза до ребра опрокидывания (рисунок 1): $M_{оп} = Qb$.

Восстанавливающим моментом называется произведение силы тяжести массы крана P на расстояние от вертикальной линии, проходящей через центр тяжести крана, до ребра опрокидывания: $M_в = Ga$.

Отношение величины восстанавливающего момента к величине опрокидывающего называется коэффициентом устойчивости $K = M_в / M_{оп}$.

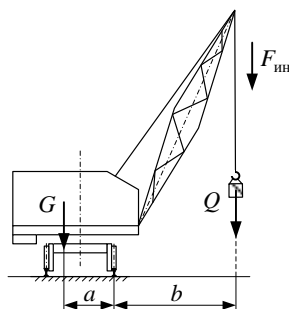


Рисунок 1 – Схема нагрузок на кран на горизонтальном пути

Коэффициентом грузовой устойчивости называется отношение момента относительно ребра опрокидывания, создаваемого силой тяжести всех частей крана с учетом дополнительных нагрузок, к моменту, создаваемому рабочим грузом относительно того же ребра опрокидывания. С учетом всех сил, действующих на кран, коэффициент грузовой устойчивости должен быть не менее 1,15 [1].

Коэффициентом собственной устойчивости называется отношение момента, создаваемого силой тяжести всех частей крана с учетом уклона пути в сторону опрокидывания при минимальном вылете стрелы и при снятом грузе, относительно ребра опрокидывания к моменту, создаваемому ветровой нагрузкой относительно того же ребра опрокидывания. Коэффициент собственной устойчивости должен быть не менее 1,4 [1].

2 Последовательность выполнения работы

2.1 Установить возможность безопасной эксплуатации по условию устойчивости стрелового поворотного крана (рисунок 2) [1]. Выбор стрелового крана осуществляется по таблице 1 [15].

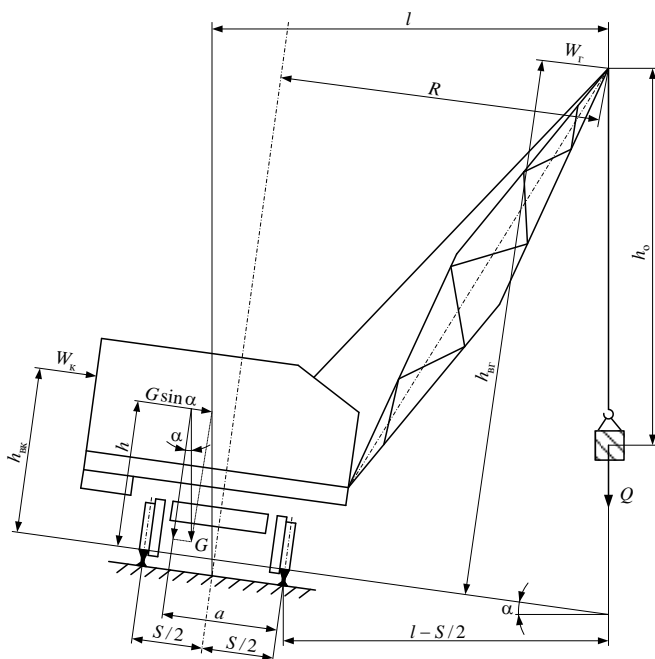


Рисунок 2 – Схема для определения коэффициента грузовой устойчивости стрелового поворотного крана

Таблица 1 – Параметры стреловых железнодорожных кранов

Номер варианта	Тип крана	Масса крана, т	Грузоподъемность при максимальном вылете, т	Частота вращения, об/мин	Максимальная высота подъема груза, м	Максимальный вылет стрелы, м
1	ДЭК-20	61,7	3,2	1,84	18,5	14,0
2	КДВ-15П	50,0	3,5	2,9	13,5	13,5
3	КМ-16	54,5	3,1	2,9	13,5	13,4
4	КДЭ-151	54,5	4,0	2,6	14,2	14,0
5	КДЭ-161	53,1	4,9	2,0	14,2	14,0
6	КДЭ-251	66,0	6,0	1,0	13,5	14,0
7	КДЭ-162	52,6	4,8	2,0	14,0	14,0
8	КДЭ-252	64,7	6,0	1,5	13,9	14,0
9	КДЭ-163	53,1	4,8	2,0	13,9	14,0
10	КДЭ-253	66,4	5,8	1,5	13,9	14,0
11	КЖДЭ-4	61,7	5,0	1,5	13,9	14,0
12	ЕДК-50	97,0	17,8	0,5	10,0	12,0
13	ЕДК-25	110,0	10,0	1,0	9,0	12,0
14	МК-6	34,0	2,5	2,6	9,0	10,0
15	КЖДЭ-25	67,0	8,0	2,3	12,0	14,0
16	КЖДЭ-32	90,0	10,0	1,5	12,0	14,0

2.2 Рассчитать момент, создаваемый весом номинального груза относительно ребра опрокидывания, кН·м,

$$M_{гр}(Q) = Qg(R - S/2),$$

где Q – масса поднимаемого груза (принять равной 1/2 грузоподъемности крана при максимальном вылете стрелы), т;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²;

R – радиус вращения оси подвески груза без учета отклонения ее от вертикали под действием центробежной силы инерции, $R = 14$ м;

S – ширина колеи крана, $S = 1,52$ м.

2.3 Рассчитать момент, создаваемый силой тяжести крана с учетом ветровой нагрузки и сил инерции, возникающих в процессе пуска и торможения механизмов крана, кН·м,

$$M_c = G(a \cos \alpha - h \sin \alpha) - (W_k h_{BK} + W_r h_{BR}) - j_{гр} hG / g - Q[j_{гр} h_{BR} + j_{гр} (l - S/2)] - Q(\pi^2 n^2 h_{BR} / 900)R - G \frac{\pi^2 n^2 h}{900g} (a - S/2),$$

где G – сила тяжести крана, $G = Q_k g$, кН;

Q_k – масса крана, т;

a – плечо действия силы тяжести относительно ребра опрокидывания, $a = 1$ м;

α – угол наклона опорного контура в сторону возможного опрокидывания, $\alpha = 1,5^\circ$;

h – высота расположения центра тяжести крана над опорным контуром, $h = 1,3$ м;

$W_k h_{\text{вк}} + W_r h_{\text{вг}}$ – момент от действия давления ветра. Рассчитывается по удельному давлению $P = 0,4$ кН/м². Принимаем $W_k h_{\text{вк}} + W_r h_{\text{вг}} = 2,3$ кН·м;

$h_{\text{вг}}$ – максимальная высота подъема груза, м;

$j_{\text{гп}}$ – ускорение при торможении передвижения крана, $j_{\text{гп}} = 0,15$ м/с²;

$j_{\text{гт}}$ – ускорение при торможении опускания груза, $j_{\text{гт}} = 0,2$ м/с²;

l – вылет стрелы крана, м;

n – частота вращения поворотной части крана, об./мин.

2.4 Рассчитать коэффициент грузовой устойчивости стрелового поворотного крана:

$$K_{\text{гр}} = M_c / M_{\text{гр}} \geq 1,15.$$

При выполнении данного условия эксплуатация крана безопасна, а при несоблюдении – эксплуатация крана запрещена.

Содержание отчета

1 Схема определения коэффициента устойчивости стрелового поворотного крана.

2 Расчет коэффициента грузовой устойчивости стрелового поворотного крана.

3 Выводы по результатам расчета.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

**НОРМЫ ПЕРИОДИЧНОСТИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ
РЕМОНТОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ ОБСЛУЖИВАНИЙ
ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН [3]**

Наименование ПТМ	Вид ремонта и обслуживания	$T_{рв}$, ч	Количество ремонтов и обслуживаний в одном цикле $n_k, n_T, n_{ТО-1},$ $n_{ТО-2}, n_{ТО-3}$	Время нахождения в ремонте и обслуживании $t_k, t_T, t_{ТО-1},$ $t_{ТО-2}, t_{ТО-3}$, сут
1 Автопогрузчики грузоподъемностью, т: до 2	ТО-1	6000	96	0,2
	ТО-2		21	1,0
	Т		2	3,0
	К		1	9,0
3-5	ТО-1	8000	128	0,2
	ТО-2		28	1,0
	Т		3	4,0
	К		1	12,0
5	ТО-1	8000	128	0,3
	ТО-2		28	1,0
	Т		3	5,0
	К		1	14,0
2 Краны автомобильные грузоподъемностью, т: до 4	ТО-1		80	0,2
	ТО-2		450	1,0
	Т		4	6,0
	К		1	13,0
6,3	ТО-1	5000	80	0,2
	ТО-2		15	1,0
	Т		4	7,0
	К		1	19,0
10	ТО-1		80	0,3
	ТО-2		15	1,0
	Т		4	8,0
	К		1	22,0
16	ТО-1	5000	80	0,3
	ТО-2		15	1,0
	Т		4	9,0
	К		1	23,0
3 Краны пневмоколесные	ТО-1	4800	60	0,3
	ТО-2		15	1,0
	Т		4	9,0
	К		1	29,0

Окончание приложения А

Наименование ПТМ	Вид ремонта и обслуживания	$T_{\text{рш}}, \text{ч}$	Количество ремонтов и обслуживаний в одном цикле $n_{\text{к}}, n_{\text{т}}, n_{\text{то-1}}, n_{\text{то-2}}, n_{\text{то-3}}$	Время нахождения в ремонте и обслуживании $t_{\text{к}}, t_{\text{т}}, t_{\text{то-1}}, t_{\text{то-2}}, t_{\text{то-3}}, \text{сут}$
4 Краны стреловые железнодорожные	ТО-1	7680	96	0,3
	ТО-2		24	0,8
	Т		7	5,0
	К		1	18,0
5 Краны мостовые грузоподъемностью, т: 5	Т	12000	4	5,0
	К		1	20,0
свыше 5	Т		4	12,0
	К		1	40,0
6 Краны козловые	Т	12000	4	12,0
	К		1	40,0
7 Погрузчики пневмоколесные грузоподъемностью, т: до 3	ТО-1	5760	72	0,2
	ТО-2		18	1,0
	Т		5	6,0
	К		1	12,0
4	ТО-1		72	0,5
	ТО-2		18	1,0
	Т		5	7,0
	К		1	13,0
8 Электропогрузчики грузоподъемностью, т: до 2	ТО-1	4000	88	0,2
	ТО-2		18	1,0
	Т		2	3,0
	К		1	9,0
свыше 2	ТО-1	4000	104	0,2
	ТО-2		24	1,0
	Т		2	4,0
	К		1	12,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

**СОСТАВ БРИГАДЫ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ОДНОЙ
ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ [3]**

Наименование грузов, ПТМ и способов выполнения грузовых работ	Состав бригады, чел.	
	r_m	r_p
Погрузка и выгрузка тарно-упаковочных грузов электро-, автопогрузчиками и электрокарами грузоподъемностью до 1,5 т с формированием или расформированием пакетов	1	4
Погрузка и выгрузка тарно-упаковочных грузов, уложенных в пакеты на поддонах, электро-, автопогрузчиками и электрокарами грузоподъемностью до 1,5 т	1	2
Погрузка или выгрузка тарно-упаковочных грузов погрузчиками грузоподъемностью свыше 1,5 т с формированием и расформированием пакетов	2	7–10
Погрузка или выгрузка тарно-упаковочных грузов, уложенных в пакеты на поддонах, погрузчиками грузоподъемностью свыше 1,5 т	2	5–6
Мясные грузы без упаковки с погрузкой и разгрузкой электро-, автопогрузчиками и электрокарами	1	6
Тяжеловесные грузы при погрузке и выгрузке козловыми, мостовыми, самоходными железнодорожными кранами, кранами на пневмоходу, погрузчиками	1	3
Контейнерные грузы при погрузке и выгрузке козловыми, мостовыми, самоходными железнодорожными кранами, кранами на пневмоходу	1	2
Погрузка и выгрузка металлов и металлических изделий кранами и погрузчиками	1	3
Погрузка и выгрузка железобетонных изделий и конструкций кранами и погрузчиками	1	2–3
Переработка металла в чушках и металлолома с применением электромагнитного захвата	1–2	–
Погрузка пачек лесных грузов кранами и автопогрузчиками	1	3
Погрузка лесоматериалов с формированием пачек (пакетов)	1	4
Выгрузка лесных грузов, перевозимых пакетами, кранами и автопогрузчиками	1	3–4
Погрузка, выгрузка навалочных грузов, перевозимых в полувагонах, кранами, экскаваторами, погрузчиками	1	2
Погрузка, выгрузка навалочных грузов, перевозимых на платформах, кранами, экскаваторами, погрузчиками	1	1

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)
ЧАСОВЫЕ ТАРИФНЫЕ СТАВКИ [3]

Таблица В.1 – Часовые тарифные ставки рабочих

В условных единицах

Вид работ	Сдельщики	Повременщики
Погрузка-выгрузка руды, угля, угольного брикета, извести	1,04	0,97
Погрузка-выгрузка смерзающихся, тяжело-весных, опасных для здоровья грузов	0,94	0,88
Погрузка-выгрузка остальных грузов	0,83	0,78

Таблица В.2 – Часовые тарифные ставки механизаторов $C_{чм}$

В условных единицах

Системы оплаты труда	Разряды					
	I	II	III	IV	V	VI
Сдельная	0,54	0,59	0,65	0,73	0,83	0,97
Повременная	0,50	0,55	0,61	0,68	0,78	0,91

Таблица В.3 – Сведения о разрядах механизаторов

Наименование и характеристика профессии	Присваиваемый квалификационный разряд
Водитель электро- и автокара грузоподъемностью, т: до 1,5 свыше 1,5	I III
Водитель электропогрузчика	III
Водитель автопогрузчика	III–V
Крановщик при управлении кранами любого типов грузоподъемностью, т: до 3 от 3 до 10 свыше 10	III IV–V V

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(справочное)

**НОМИНАЛЬНАЯ ЕМКОСТЬ И НАПРЯЖЕНИЕ
АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ [3]**

Наименование и марка ПТМ	Тип аккумуляторной батареи	U, В	E, А.ч
Электропозрузчики: КВЗ-0,2 КВЗ-0,4 4004, 4004А 4015М ЭП-103, ЭП-106 ЭП-1201, ЭП-1003 ЭП-201, ЭП-202 ЭП-303, ЭП-501 ЭП-0601 ЭП-0801	24-ТЖН-500	30,0	500
	26-ТЖН-300В	32,5	300
	22-ТЖН-300ВМ	27,5	300
	34-ТЖН-300ВМ	42,5	300
	34-ТЖН-300	50,0	300
	40-ТЖН-400	50,0	400
	35-ТЖН-950	43,5	950
	22-ТЖН-350П	27,5	350
	22-ТЖН-400П	27,5	400
	Электроштабелеры: ЭШ-181, ЭШ-132 ЭШ-283	22-ТЖН-300ВМ	27,5
36-ТЖН-300ВМ		45,0	300
Электрокары: ЭКП-750 ЭК-2 ЭК-2А	26-ТЖН-250	32,5	250
	28-ТЖН-250	32,0	250
	34-ТЖН-300	40,0	300
Электротягачи: ЭТ-250 ТА-0,125 АТБ-250 ТА-1-М	25-ТЖН-250	30,0	250
	22-ТЖН-300ВМ	27,5	300
	35-ТЖН-400	40,0	400
	24-ТЖН-500	30,0	500

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(справочное)

НОРМЫ РАСХОДА ТОПЛИВА НА ОДИН ЧАС РАБОТЫ ПТМ [3]

Наименование и тип ПТМ	Тип двигателя	Расходы q_t , кг	
		бензина	дизельного топлива
Автопогрузчики: 4003, 4006, 4016, 4043, 4065, 4049 4049М, 4013, 4014, 4017, 4045 4043М, 4045Н, 4045М, 4046, 4055 4049, 4008, 4009	ГАЗ-51А ГАЗ-63 ГАЗ-63 ЗИЛ-164	5,0 6,5 6,0 9,5	– – – –
Краны стреловые: КС-1562 АК-5, АК-5Г, ЛАЗ-690 ЛАЗ-690А К-51, К-52, К-61 К-46 (КС-1563) КС-2561Д К-67 (КС-2563) К-162 (КС-4561) К-102, К-103 К-104 К-106, К-123, К-124 КДЭ-161, КДЭ-251	ГАЗ-53А ЗИЛ-120 ЗИЛ-130 ЯАЗ-204 ЗИЛ-130 ЗИЛ-130 МАЗ-500А КРАЗ-257 КДМ-46 ЯАЗ-206 Д-54 К-559	8,0 4,5 6,0 – 6,0 6,1 – – – – – – – – –	– – – 5,0 – – 9,1 20,0 7,8 8,0 6,5 28,2
Погрузчики одноковшовые: Т-157 Д-388, Д-442, Д-443 Д-451	КДМ-100 Д-54 Д-40	– – –	8,5 7,4 6,5
Экскаваторы: Э-257, Э-258, Э-302, Э-303, Э-304 Э-502, Э-505, Э-505А, Э-651 Э-652, Э-653, Э-656, Э-801, Э-10011 Э-1004А, Э-1252, Э-1254 Э-6121, Э-6122	Д-35 КДМ-46 КДМ-С-100 АД-6 2Д12Б	– – – – –	5,4 7,9–8,5 11,0 13,3 23,0–26,5

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(справочное)

НОРМЫ АМОРТИЗАЦИОННЫХ ОТЧИСЛЕНИЙ [3]

Таблица Е.1 – Восстановительная стоимость, мощность двигателя и нормы амортизационных отчислений для подъемно-транспортных машин

Наименование, тип и марка ПТМ	Восстановительная стоимость, у.е.	Норма отчислений на амортизацию, %	N, кВт	
Автопогрузчики				
4045 М	2700	16,0	51,5	
4045 Н	3090		„	
4046 Н	3060		„	
4049М	5940		„	
4013	5140		„	
4017	7165		„	
4016	5780		„	
4014	3515		„	
4008	8370		73,6	
4022	3655		36,8	
4065	8000	51,5		
Кран козловой:				
816-8-00-00	4630	5,0	15,3	
972-00-00	10000		28,4	
К-4 М	8950		21,0	
12 Д - 05	9280		23,2	
КК-6	21400		53,0	
с подвижной кабиной:				
ККС-10	15500		42,2	
ККУ-12,5	25200		59,0	
ККТС-26	63700		59,3	
К20/5-32	30700		91,5	
КДКК-10	23180		54,2	
ККС-10	26450		42,2	
ККТ-5-16-7,1	7050		28,2	
КК-20-32	23580		42,0	
К-305 Н	19900		59,0	
З РМЗ 20-32	19600		27,0	
Кран козловой типа ККТ-3,2	5610		21,0	
Мостовой крюковой двухбалочный кран с пролетом 10,5–34,5 м, грузоподъемностью, т			5,0	
5	5400			17,5
10	10700	24,9		
15	14110	57,5		

Продолжение таблицы Е.1

Наименование, тип и марка ПТМ	Восстановительная стоимость, у.е.	Норма отчислений на амортизацию, %	N, кВт
Мостовой грейферный кран грузоподъемностью, т: 5 10 15 20	17190 23170 45180 47550	5,0	61,8 104,2 228,8 268,8
Мостовой электрический опорный однобалочный кран с пролетом 10,5–28,5 м грузоподъемностью, т: 3,2 5,0	2240–3520 2830–4090	5,0	6,5 9,0
Мостовой опорный кран-штабелер грузоподъемностью, т: 2,0 3,2 5,0	19100 22420 25400	9,8	16,0 19,5 26,4
Мостовой подвесной кран-штабелер грузоподъемностью 0,5 и 1,0 т	7490	9,8	9,6
Стеллажный кран-штабелер грузоподъемностью, т: 1,0 0,5	10800 10700	9,8	7,2 5,9
Стреловой поворотный железнодорожный кран: ДЭК-20 КДВ-15П КДЭ-151 КДЭ-161 КДЭ-162, 163 КДЭ-251, 252, 253	19110 14820 23400 27210 26750 30230	5,0	68,3 73,6 110,0 87,5 115,0 115,0
Автомобильный кран с канатной подвеской оборудования и механическим приводом: КС-2562 КС-1562В КС-2561 Д КС-2561 Е КС-2561 К КС-1562 Б МКА-6,3 КС-3561 МКА-10 М МКА-16	12040 6700 6650 7550 9310 9100 14290 16500 17300 23800	7,7	132,0 100,0 110,0 110,0 100,0 110,0 110,0 132,0 132,0 132,0

Окончание таблицы Е.1

Наименование, тип и марка ПТМ	Восстановительная стоимость, у.е.	Норма отчислений на амортизацию, %	N, кВт
Автомобильный кран с канатной подвеской стрелового оборудования и индивидуальным электро- и гидроприводом: КС-2563 СМК-10 КС-4561 КС-3562А	13150 14680 18700 17650	7,7	132,0 132,0 158,0 132,0
Автомобильный кран с жесткой подвеской стрелового оборудования и индивидуальным гидроприводом: КС-1571 КС-2571 КС-3571 КС-3562А КС-4571	11780 13900 21000 17700 29820	7,7	84,5 109,0 132,0 132,0 176,0
Кран пневмоколесный: МКП-16 КС-4361 КС-4362	34120 20020 22550	10,0	44,1 55,1 55,1
Электропогрузчик трехколесный: ЭП-601, ЭП-602, ЭП-603 ЭП-0801, ЭП-0802, ЭП-0803 ЭП-1201, ЭП-1202, ЭП-1203 ЭПК-0805 ЭП-1006Х 4015М	3210 3480 4070 3370 4700 1820	16,7	3,3 4,6 7,4 4,8 5,2 3,7
Электропогрузчик четырехколесный: ЭП-205, ЭП-206 ЭП-1008 ЭП-103, ЭП-106 ЭП-201, ЭП-202 ЭП-501 4004А, 4004, 4004АМ	3740 6730 3210–3600 5100–5400 12720 2250–2180	16,7	8,7 8,7 8,0 17,0 11,2 3,8
Захват типа спредер	21500	20,0	–

Таблица Е.2 – Стоимость и нормы отчислений на складские сооружения, путевое оборудование, автопроезды, бытовые и специальные устройства

Наименование и характеристика устройства	Единицы измерения	Стоимость единицы, у.е.	Норма отчислений на амортизацию, %
	при расчете стоимости		
Крытый склад с пролетом 12–18 м и внешним расположением путей	м ²	150	1,2

Продолжение таблицы Е.2

Наименование и характеристика устройства	Единицы измерения при расчете стоимости	Стоимость единицы, у.е.	Норма отчислений на амортизацию, %
Крытая сортировочная платформа пролетом 12–18 м	м ²	120	1,2
Крытый ангарный склад с пролетом 24 м, длиной, м:			
72	Здание	68400	1,2
144	„	125200	
216	„	174300	
288	„	223500	
Крытый ангарный склад с пролетом 30 м, длиной, м:			
72	Здание	75300	1,2
144	„	133800	
216	„	186800	
288	„	244300	
Крытый ангарный склад, комбинированный склад, двухпролетный (30 + 30 м), длиной, м:			
72	Здание	158100	1,2
144	„	272000	
216	„	402300	
288	„	515700	
Крытый ангарный склад комбинированного типа, трехпролетный (24 + 30 + 24 м), длиной, м:			
72	Здание	203500	1,2
144	„	356300	
216	„	517300	
288	„	643500	
Пункт технического обслуживания электропогрузчиков и электротележек:			
на 5 машин	Здание	89600	1,2
10 машин	„	110700	
40 машин	„	266500	
Стеллаж для хранения грузов в крытых складах при обслуживании кранами, штабелерами	Ячейка	15–40	8,0
Гараж для хранения ПТМ	м ³	20	2,1
Эстакада для мостового крана:			
металлическая	м	112	2,1
железобетонная	м	108	

Окончание таблицы Е.2

Наименование и характеристика устройства	Единицы измерения при расчете стоимости	Стоимость единицы, у.е.	Норма отчислений на амортизацию, %
Открытая площадка: покрытая сборными плитами по щебеночному или песчаному основанию с бетонным и асфальтовым покрытием со щебеночным покрытием	м ²	37	2,1
	м ²	11	
	м ²	10	
Платформа высокая погрузочно-выгрузочная открытая	м ²	24	12,5
Повышенный путь при высоте, м:	м	2000	2,5
	м	2300	
Укладка железнодорожных путей	км	61000	5,0
Резервуар металлический для хранения бензина и дизельного топлива вместимостью, м ³ :	м ³	49	2,3
	м ³	30	
	м ³	9	
	м ³	8	
Прокладка линий энергоснабжения	м	8	2,8
Сооружение воздухопроводящей сети	м	14	2,0
Укладка линий водопроводов	м	20	6,25

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(справочное)
ГОДОВЫЕ НОРМЫ ОТЧИСЛЕНИЙ НА РЕМОНТ [3]

В процентах

Наименование ПТМ, оборудования, сооружений	Норма отчислений на ремонт
Краны мостовые грузоподъемностью, т: 5–20 свыше 20	9,8–9,2 7,4–6,6
Краны козловые грузоподъемностью, т: 5–7,5 10–30	15,9–14,3 12,7–11,4
Краны железнодорожные дизельные грузоподъемностью 10–15 т	11,1–5,9
Краны автомобильные грузоподъемностью 3–10 т	18,2–10,5
Погрузчики одноковшовые	17,6
Автопогрузчики	16,2
Электропогрузчики	12,7
Поддоны плоские: деревянные металлические	0,6 0,3
Площадка контейнерная	2,3
Крытый склад	2,0

ПРИЛОЖЕНИЕ И
(справочное)

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИЛОЧНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ TOYOTA

Параметры	Модель погрузчика						
	8FGCU15	8FGCU18	8FGCU20	8FGCU25	8FGCU30	8FGCU45	8FG50
Грузоподъемность, кг	1500	1750	2000	2500	3000	4500	5000
Общий вес, кг	2670	2910	3240	3630	4220	6870	8050
Тип двигателя	Бензиновый						
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	36		38			62	63
Расчетная частота вращения, об./мин	2250		2570			2350	
Максимальная скорость, км/ч	17,5		17			19	25
Дорожный просвет, мм	65–105		70–105		65–105	75–125	185–215
Колесная база, мм	1225		1485			1560	2250
Габаритные размеры, мм	3160×945×2035		3385× 1065×2050	3450× 1065×2050	3545× 1110×2050	3815× 1350×2105	4680× 1995×2440
Центр тяжести груза, мм	500					600	
Наклон рамы (вперед/назад), град.	6/10					5/6	10/12
Высота подъема рабочего органа, мм	3000						
Количество колес: передние/задние (x – ведущие)	2x/2						4x/2
Наружный габаритный радиус поворота, мм	1720	1780	1920	1970	2030	2390	3350
Скорость подъема вил с грузом/без груза, мм/с	560/580		630/645		520/550	440/480	420/470
Скорость опускания вил с грузом/без груза, мм/с	500/550		500/500			500/550	400/500

Окончание приложения II

Параметры	Модель погрузчика						
	62-8FD10	62-8FD15	62-8FD20	62-8FD30	72-8FDJ35	40-8FD35N	40-8FD40N
Грузоподъемность, кг	1000	1500	2000	3000	3500	4000	4500
Общий вес, кг	2170	3050	3290	4270	4940	5780	6150
Тип двигателя	Дизельный						
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	40		49			55	
Расчетная частота вращения, об./мин	2400		2200				
Максимальная скорость, км/ч	18	19,5		18	19,5	24	
Дорожный просвет, мм	90–120	95–135	115–160	135–205	150–210	120–200	
Колесная база, мм	1485		1650	1700		1900	
Габаритные размеры, мм	2245× 1045×1930	2290× 1070×1930	2560× 1150×2110	2795× 1240×2170	2365× 1290×2180	3925× 1350×2285	3980× 1350×2285
Центр тяжести груза, мм	500						
Наклон рамы (вперед/назад), град.	7/10	6/6	6/11			6/12	
Высота подъема рабочего органа, мм	2870		3000				
Количество колес: передние/задние (x – ведущие)	2x/2						
Наружный габаритный радиус поворота, мм	1910	1990	2200	2430	2490	2610	2660
Скорость подъема вил с грузом/без груза, мм/с	650/675	650/670	615/655	500/530	440/460	560/570	
Скорость опускания вил с грузом/без груза, мм/с	500/550		500/500		500/450	530/480	

ПРИЛОЖЕНИЕ К
(справочное)

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОЗЛОВЫХ КРАНОВ И ИХ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ [15]

Тип крана	Грузоподъемность, т	Пролет крана, м	Вылет консоли, м	Скорость перемещения, м/с:		
				$v_{\text{п}}$	$v_{\text{кр}}$	$v_{\text{т}}$
972-00-00	5,0	11,3	4,4 и 4,2	0,133	1,000	0,500
ККТ-516	5,0	16,0	4,2 и 4,2	0,133	0,833	0,333
ККТ-5-16-7,1	5,0	16,0	4,2 и 4,2	0,133	0,833	0,500
ККТ-5	5,0	16,0	4,2 и 4,2	0,133	1,055	0,333
К-4М	5,0	11,3	4,4 и 4,2	0,133	0,835	0,500
12Д-05	5,0	16,0	4,4 и 4,2	0,133	0,838	0,500
КК-6	6,0	16,0	4,5 и 4,5	0,133	1,630	0,825
ККУ-10	10,0	32,0	8,0 и 9,0	0,333	0,500	0,666
СКТБ	10,0	28,0	7,25 и 7,25	0,250	0,500	0,615
КДКК-10	10,0	16,0	4,2 и 4,2	0,168	1,500	0,635
ККС-10	10,0	32,0	8,0 и 8,5	0,250	0,600	0,616
ККУ-12,5	12,5	32,0	8,0 и 6,0	0,133	0,835	0,640
К8М	12,5	16,0	4,5 и 4,5	0,147	1,330	0,565
К-6Б	16,0	18,0	7,65 и 7,65	0,250	0,500	0,615
ККК-16	16,0	24,0	8,0 и 8,0	0,110	0,695	0,510

ПРИЛОЖЕНИЕ Л
(справочное)
АВТОМОБИЛЬНЫЕ СТРЕЛОВЫЕ КРАНЫ [15]

Параметры	Модель крана					
	КС-2563	СМК-10	КС-3561	КС-3562А	МКА-10М	МКА-16
Грузоподъемность на крюке, т	6,3	10,0	10,0	10,0	10,0	16,0
на выносных опорах	6,3–1,8	10,0–2,0	10,0–1,6	10,0–1,6	10,0–2,4	16,0–4,0
без выносных опор	2,0–0,55	–	2,0–0,4	2,5–0,4	2,0–0,5	5,0–1,5
Вылет стрелы (наименьший–наибольший), м	3,5–7,5	4,0–9,5	4,0–10,0	4,0–10,0	4,0–10,0	4,0–10,0
Длина стрелы, м	8,4	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Скорость груза при подъеме/опускании, м/с:						
наибольшая	0,11	0,17	0,21	0,17	0,30	0,21
наименьшая	0,007	0,058	0,008	0,033	0,06	0,045
Частота вращения кузова, об./мин	0,4–1,8	1,0–1,5	0,2–2,6	0,1–1,6	0,4–1,0	0,5–2,3
Скорость крана рабочая, км/ч	5,0	–	5,0	5,0	5,0	5,0
Грузоподъемность при передвижении, т	2,0	–	2,5	2,5	2,0	4,0
Мощность двигателя, кВт	132	132	132	132	132	176
Габаритные размеры в транспортном положении с основной стрелой, мм:						
длина	8200	13420	13150	13150	13280	14300
ширина	2690	2810	2880	2880	2650	2700
высота	3350	3860	3800	3800	3945	4000

ПРИЛОЖЕНИЕ М
(справочное)

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ СТРЕЛОВЫЕ КРАНЫ [15]

Тип крана	Длина стрелы, м	Грузоподъемность при вылете стрелы, т		Вылет стрелы, м		Скорость подъема груза, м/мин	Скорость крана, м/мин	Частота вращения крана, об./мин	Вместимость грейфера, м ³	Мощность двигателя, кВт
		наимень- шем	наиболь- шем	наимень- ший	наиболь- ший					
ДЭК-20	14	20,0	3,24	4,5	14,0	11,0	110	1,84	1,5	68,3
	20	10,0	1,8	6,0	17,0	22,0				
КДВ-15П	14	15,0	3,5	4,5	13,5	15,4	195	2,9	1,5	73,6
	18	7,5	1,3	4,5	18,0	30,8				
КМ-16	14	16,0	3,1	4,5	13,4	15,4	195	2,9	1,5	73,6
	18	7,9	1,4	4,0	18,0	30,8				
КДЭ-151	15	15,0	4,0	5,0	14,0	17,6	215	2,6	1,5	110
	20	10,0	2,4	5,0	15,0	26,5				
КДЭ-161	15	16,0	4,9	5,0	14,0	8,8	175	2,0	1,5	87,5
	20	11,2	4,2	6,0	14,0	13,0				
КДЭ-251	15	25,0	7,3	5,0	14,0	6,3	130	1,0	1,5	115
	20	16,5	4,9	6,0	18,0	8,8				
КДЭ-162	15	16,0	4,8	5,0	14,0	8,95	180	2,0	1,5	115
	20	11,8	3,4	6,0	17,0	13,4				
КДЭ-252	15	25,0	6,9	4,9	14,0	5,36	83	1,5	1,5	115
	20	16,8	4,7	6,0	18,0	8,95				
КДЭ-163	15	16,0	4,8	5,0	14,0	8,9	173	2,0	1,5	115
	20	11,5	3,2	6,0	18,0	13,4				
КДЭ-253	15	25,0	6,8	5,0	14,0	5,3	133	1,5	1,5	115
	20	16,7	6,3	6,0	14,0	8,9				

ПРИЛОЖЕНИЕ Н
(справочное)

ОБЪЕМНАЯ МАССА (ПЛОТНОСТЬ) И УГОЛ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА СЫПУЧИХ ГРУЗОВ [3]

Наименование груза	Плотность груза ρ , т/м ³	Угол естественного откоса α , град.	Коэффициент заполнения отвалов ϕ
Антрацит	0,90	45	0,81
Бульжник	2,10	38	0,84
Гипс дробленый	1,20–1,45	35	0,86
Глина сухая	1,80–2,00	40	0,80
Глина сырая	2,00–2,10	25	0,90
Гравий	1,50–2,00	45	0,89
Земля влажная	1,60–1,90	27	0,83
Известь гашеная в порошке	0,50–0,70	50	0,87
Бут	1,60–2,00	45	0,89
Кокс	0,40–0,50	50	0,83
Мел дробленый	1,40	39	0,81
Песок	1,40–1,60	32–35	0,86
Руда	1,70–3,50	50	0,84
Руда марганцевая	1,70–1,90	40	0,88
Соль каменная	1,70–2,00	50	0,90
Торф кусковой воздушно-сухой	0,30–0,50	45	0,80
Торф фрезерный влажный	0,55–0,65	50	0,85
Уголь бурый	0,65–0,80	50	0,89
Уголь каменный	0,80–0,85	45	0,82
Цемент	0,90–1,30	40	0,84
Шлак доменный	0,60–1,00	50	0,89
Щебень	1,80–2,00	45	0,83

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Производство погрузочно-разгрузочных работ. Терминалы : учеб. пособие / Н. П. Берлин [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 502 с.
- 2 **Берлин, Н. П.** Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных и складских работ на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / Н. П. Берлин, В. Я. Негрей, Н. П. Негрей. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 226 с.
- 3 **Берлин, Н. П.** Механизация погрузочно-разгрузочных и складских операций на железнодорожном транспорте : учеб.-метод. пособие / Н. П. Берлин, Н. П. Негрей. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 144 с.
- 4 **Гаджинский, А. М.** Логистика : учеб. / А. М. Гаджинский. – М. : Дашков и К, 2012. – 484 с.
- 5 Грузовые вагоны колеи 1520 мм железных дорог СССР : альбом-справочник. – М. : Транспорт, 1989. – 176 с.
- 6 **Еловой, И. А.** Логистика : учеб.-метод. пособие / И. А. Еловой. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 163 с.
- 7 **Еловой, И. А.** Разработка модели логистической цепи и определение ее основных параметров : учеб.-метод. пособие / И. А. Еловой. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 81 с.
- 8 **Ивуть, Р. Б.** Теория логистики : учебно-методическое пособие / Р. Б. Ивуть, Т. Р. Кисель. – Минск : БНТУ, 2011. – 329 с.
- 9 **Колос, М. М.** Производство погрузочно-разгрузочных работ. Терминалы : учеб.-метод. пособие / М. М. Колос. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 78 с.
- 10 **Краснова, И. И.** Логистика складирования : учеб.-метод. пособие / И. И. Краснова, Т. Р. Кисель. – Минск : БНТУ, 2016. – 80 с.
- 11 Логистика : учеб. пособие / Б. А. Аникин [и др.]; под ред. Б. А. Аникина, Т. А. Родкиной. – М. : Проспект, 2011. – 408 с.
- 12 Логистика в примерах и задачах / В. С. Лукинский [и др.]. – М. : Финансы и статистика, 2014. – 287 с.
- 13 **Маликов, О. Б.** Склады и грузовые терминалы : справ. / О. Б. Маликов. – СПб. : Бизнес-пресса, 2005. – 560 с.
- 14 Межотраслевые нормы времени на погрузку, разгрузку вагонов, автотранспорта и складские работы. – Минск : НИИ труда, 2002. – 116 с.
- 15 **Падня, В. А.** Погрузочно-разгрузочные машины : справ. / В. А. Падня. – М. : Транспорт, 1981. – 448 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Практические занятия	4
1 Определение параметров систем управления запасами	4
2 Определение месторасположения склада в регионе обслуживания и принадлежности используемого склада	11
3 Определение расчетных объемов работ, выбор подъемно-транспортных машин и разработка вариантов схем выполнения работ на складе	20
4 Определение параметров и площади функциональных зон склада	37
5 Определение необходимого количества подъемно-транспортных машин для выполнения работ на складе	50
6 Определение экономической эффективности вариантов выполнения работ на складе	57
Лабораторные работы	66
1 Определение пропускной способности бункера	66
2 Изучение технического оснащения и технологии работы склада элеваторного типа	70
3 Изучение конструкции и определение производительности ленточного конвейера	74
4 Изучение конструкции, технологии работы и определение производительности погрузчиков циклического действия	78
5 Изучение конструкции, технологии работы и определение производительности козловых кранов	81
6 Изучение конструкции, технологии работы и определение производительности стреловых кранов	86
7 Изучение технологии выгрузки сыпучих грузов с использованием повышенного пути	91
8 Обеспечение устойчивости кранов при производстве погрузочно-разгрузочных работ	95
Приложения	
А Нормы периодичности и продолжительности ремонтов и технических обслуживаний подъемно-транспортных машин	99
Б Состав бригады по обслуживанию одной подъемно-транспортной машины	101
В Часовые тарифные ставки	102
Г Номинальная емкость и напряжение аккумуляторных батарей	103
Д Нормы расхода топлива на один час работы ПТМ	104

Е Нормы амортизационных отчислений	105
Ж Годовые нормы отчислений на ремонт	110
И Технические характеристики вилочных автомобильных погрузчиков Toyota	111
К Основные параметры козловых кранов и их скорости перемещения	113
Л Автомобильные стреловые краны	114
М Железнодорожные стреловые краны	115
Н Объемная масса (плотность) и угол естественного откоса сыпучих гру- зов	116
Список литературы	117

Учебное издание

**ЛОГИСТИКА СКЛАДИРОВАНИЯ
И ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ РАБОТЫ**

Практикум

Составители:

БЕРЛИН Николай Петрович
МАЛИНОВСКИЙ Евгений Викторович
ВЕРБИЦУК Ярослав Ярославович

Редактор Л. С. Р е п и к о в а
Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а

Подписано печать 17.09.2019 г. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 6,98. Уч.-изд. л. 6,76. Тираж 180 экз.
Зак. № Изд. № 70.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/361 от 13.06.2014.
№ 2/104 от 01.04.2014.
№ 3/1583 от 14.11.2017.
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель