

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

# ЛИФТЫ И ПОДЪЕМНИКИ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности 1-36 11 01  
«Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины  
и оборудование (по направлениям)» и направления подготовки  
23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2022

УДК 621.876  
ББК 39.9  
Л64

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины»  
«25» октября 2022 г., протокол № 3

Составители: канд. техн. наук, доц. А. П. Смоляр;  
ст. преподаватель А. В. Гуркина

Рецензент канд. техн. наук, доц. В. В. Кутузов

Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Лифты и подъемники» для студентов специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (по направлениям)» и направления подготовки 23. 03. 02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» очной и заочной форм обучения.

Учебно-методическое издание

## ЛИФТЫ И ПОДЪЕМНИКИ

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевнича

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2022

## Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Изучение конструкций лифтов завода «Могилевлифтмаш» и мировых производителей .....	5
2 Лабораторная работа № 2. Исследование тяговой способности канатоведущих шкивов.....	10
3 Лабораторная работа № 3. Изучение конструкций лебедок лифтов и определение их КПД .....	14
4 Лабораторная работа № 4. Исследование конструкций и принципа действия безредукторных лебедок .....	23
5 Лабораторная работа № 5. Исследование механизмов открывания дверей шахты и кабины лифта.....	27
6 Лабораторная работа № 6. Изучение конструкций и принципа действия ловителей. ....	34
7 Лабораторная работа № 7. Изучение конструкций и принципа действия ограничителя скорости. ....	39
8 Лабораторная работа № 8. Изучение конструкции, назначения и области применения противовесов .....	44
Список литературы .....	46

## Введение

Лифтом называется стационарная подъемная машина периодического действия, предназначенная для подъема и спуска людей и (или) грузов в кабине, движущейся по жестким прямолинейным направляющим, у которых угол наклона к вертикали не более  $15^\circ$ .

Лифт является неотъемлемой частью инженерного оборудования жилых, административных зданий и сооружений. Лифты перемещают пассажиров, автомобили в многоэтажных гаражах, товары в магазинах и торговых центрах, обеспечивают работу судов речного и морского флота, применяются на большегрузных транспортных и пассажирских самолетах.

Целью учебной дисциплины является формирование специалистов, умеющих обоснованно и результативно применять существующие и осваивать новые технологии в области проектирования и эксплуатации лифтов и подъемников.

Цель проведения лабораторных работ – изучение принципов работы лифтов и подъемников, а также их узлов и агрегатов, приобретение навыков пользования контрольно-измерительными приборами, проведения экспериментальных исследований, обработки опытных данных, анализ результатов работы.

Лабораторные работы выполняются бригадой студентов на натуральных машинах, моделях под руководством преподавателя и лаборанта. Все расчеты, замеры и обработка результатов осуществляются студентами самостоятельно с обязательным оформлением индивидуального отчета. Отчёты оформляются либо на отдельных листах, либо сшиваются в тетрадь, допускается машинописное оформление отчетов. На титульном листе отчетов указывается учебное заведение, кафедра, дисциплина, фамилия, инициалы студента и год оформления отчета.

Отчет содержит следующее: название, цель работы, краткое изложение основных сведений, схемы установки или модели, основные формулы, обработку опытных данных и анализ полученных результатов.

До выполнения лабораторной работы студент самостоятельно изучает методические рекомендации к ней, используя рекомендуемую литературу, и получает конкретное задание.

После завершения лабораторной работы каждый студент индивидуально защищает ее у преподавателя.

Отработка лабораторных работ производится согласно разработанному кафедрой графику отработки лабораторных работ после предоставления преподавателю разрешающего документа, подписанного деканом или его заместителем.

# 1 Лабораторная работа № 1. Изучение конструкций лифтов завода «Могилевлифтмаш» и мировых производителей

**Цель работы:** ознакомиться с тенденциями развития и особенностями конструктивного исполнения лифтов завода «Могилевлифтмаш» и мировых производителей.

## 1.1 Общие сведения

Элайша Грейвс Отис положил начало новой отрасли промышленности в 1852 г., когда изобрел безопасный лифт в г. Йонкерс (США). Год спустя организовал компанию «ОТИС Элевейтор» (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Лифт фирмы ОТИС

Завод «ОТИС» в Санкт-Петербурге производит впервые в России лифты в вандалостойком исполнении, лифты с микропроцессорной системой управления, лифты со скоростью 1,6 м/с и др.

2 февраля 2000 г. руководство «ОТИС» объявило о начале производства революционно нового лифта GeN2 (рисунок 1.2). В конце 2000 г. был заказан уже тысячный лифт. Такие темпы продаж – самые быстрые в истории компании «ОТИС».



Рисунок 1.2 – Шахта лифта Otis GeN2

Конструкция лифта GeN2 базируется на первом за 150 лет крупнейшем прорыве в лифтовой технологии: в нем впервые в истории лифтостроения для подъема кабины применены плоские армированные полиуретановые ремни вместо обычных витых стальных канатов, используемых в лифтовой отрасли с XIX в.

Благодаря этому изобретению система GeN2 комплектуется безредукторной лебедкой, размеры которой в 4 раза меньше традиционно используемой.

Ремневедущий шкив и вал синхронного электродвигателя составляют единое целое, за счет чего лебедка очень компактна и устанавливается в верхней части шахты без увеличения ее высоты. Отсутствие машинного помещения позволяет вписать лифтовую шахту практически в любое здание.

Система GeN2 соответствует самым последним европейским нормам безопасности. Управление в режиме ревизии и аварийной ситуации обеспечивается с панели, расположенной на верхней этажной площадке. Даже в случае обесточивания здания механик, обслуживающий лифт, имеет возможность направить кабину на ближайшую остановку.

В отличие от традиционных редукторных и гидравлических лифтов узлы GeN2 абсолютно не нуждаются в масле. Особо следует отметить очень малые расходы электроэнергии, что достигается очень высоким (90 %) КПД лебедки.

Корпорация KONE, основанная 27 октября 1910 г. в Финляндии и специализирующаяся на производстве, монтаже и техническом обслуживании лифтов, эскалаторов, траволаторов и подъемников инвалидных колясок, первая в мире начала выпуск грузовых лифтов без машинного помещения. Лифты выпускаются с различными скоростными характеристиками: 0,5; 1,0 и 1,6 м/с. Грузоподъемность увеличена до 5 т. Глубина кабины может достигать 6 м. Максимальная высота подъема увеличена от 20 до 70 м. Новые возможности грузовых лифтов позволяют использовать их в качестве автомобильных.

В Японии делают самые быстрые и самые интеллектуальные лифты на двух конкурирующих промышленных предприятиях – **Mitsubishi Electric** и корпорации **Toshiba Elevator and Building Systems**.

В столице Тайваня в здании Taipei 101 высотой 509 м расположен самый быстрый в мире лифт (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Лифт Toshiba в деловом центре Taipei (Тайвань)

В здании 101 этаж, различных лифтов – 67, в том числе два мировых рекорсмена (они ходят только до 89-го этажа). Это лифты от Toshiba,

стоимостью более 2 млн долл. каждый.

При подъёме они развивают скорость 1010 м/мин. При спуске скорость немного ограничена.

Для сравнения: скорость обычного лифта в жилом здании – 1...1,6 м/с, в элитных высотках – 1,6...3,5 м/с; а у распространённых скоростных лифтов в административных небоскрёбах – 3,5 м/с, редко 5...10 м/с.

В деловом центре Taipei 101 на 89-й этаж, расположенный на высоте 388 м, лифт Toshiba поднимается за 38 с, а спускается – за 48 с.

В нескольких небоскрёбах мира установлены лифты компании Mitsubishi, развивающие скорость 12,5 м/с.

Кабина лифтов герметична (рисунок 1.4), а электроника успевает за те несколько секунд, что лифт находится в «полёте» подправить давление так, чтобы скорость его нарастания (или падения) была бы насколько возможно наименьшей.



Рисунок 1.4 – Кабины современных лифтов

Кремниевое-азотные керамические тормозные устройства останавливают 23-тонную (с пассажирами) кабину, падающую быстрее 20 м/с – всего на 40 м, выдерживая при этом тысячеградусный нагрев.

Дополнительный гидравлический демпфер на дне шахты имеет ход сжатия 6 м. Специальный подаватель вибрации троса учитывает не только движение лифта, но и колебания самого здания. Добавим, что в подобных лифтах система управления меняет не только скорость лифта, но следит и за скоростью нарастания ускорения (замедления), обеспечивая не только безударный старт, но и минимальное влияние на колеблющийся трос.

Компания Wittur (Германия) разработала еще одну лифтовую концепцию без машинного помещения. Задачей было интегрировать новый привод witty 2 (рисунок 1.5) с несущим канатом диаметра 6 мм, двойной обводкой в комбинации с канавкой полукруглого сечения без подрезки. Результатом этой компоновки стал привод весьма малых размеров с ведущим шкивом диаметра 210 мм и максимальным весом 229 кг, который при низком потребном крутящем моменте достигал значительного энергосбережения.

Специально разработанное для этого привода компоновочное решение предусматривало установку привода в верхней части шахты между направляющей противовеса и направляющей кабины. Такая концепция отличается

несложным монтажом и низкими расходами на техобслуживание. При этом весовые нагрузки большей частью берет на себя приямок, и необходимость сооружения несущих балочных конструкций в оголовке шахты отпадает. Концепция защищена патентом.

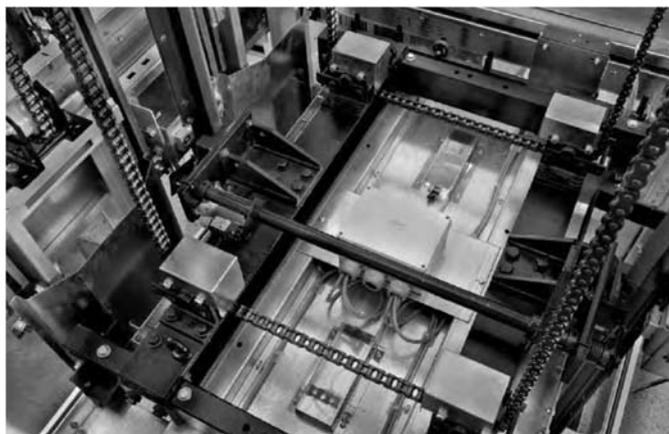


Рисунок 1.5 – Новый привод компании Wittur (Германия)

Границы применения системы на первом этапе и на сегодняшний день составляют: номинальная грузоподъемность от 320 по 675 кг, номинальная скорость от 0,63 по 1,6 м/с и максимальная подъемная высота – 30 м. Скорости до 2,0 м/с и подъемные высоты до 45 м находятся в стадии разработки.

В качестве дальнейшего развития предусматривается понизить высоту оголовка шахты, уменьшить приямок шахты и повысить номинальные грузоподъемности.

Появилась необходимость обучить лифты нечеткой логике. Японские инженеры обучили лифты нечёткой логике и даже интуиции (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Лифт нечеткой логики

Такие лифты строит Mitsubishi Electric. Её самая передовая система, управляющая бегом группы «подъёмников» (от 3 до 8 шт.), называется AI Supervisory Control 2200. AI, таким образом, искусственный интеллект. Компьютер в этой системе не просто посылает лифты к вызвавшим их пассажирам, но ещё и управляет кабинами весьма неординарным образом, используя не только

гибкий набор правил, но и накапливающийся опыт, и даже сведения из блока предсказаний будущего.

Система применяет нечёткую логику, которая позволяет компьютеру принимать решения, используя фрагментарные данные.

Систему «научили» оценивать время ожидания пассажира с психологической стороны. Например, раздражение человека, ждущего прибытия лифта, как считают японцы, пропорционально квадрату фактического времени ожидания.

Пульты вызова на этажах – это копия внутри кабинного пульта с полным набором этажей. При этом табло, расположенное над головой ожидающих, высвечивает все этажи, на которых ожидают люди, вверх или вниз они поедут.

Направление того или иного лифта в ответ на запросы из холлов система выбирает исходя из картины заказов.

В дополнение к предсказанному времени ожидания, учитываются другие факторы. Вроде вероятности того, что лифт пропустит новый «близкий» запрос, возможное время путешествия пассажира, текущая загрузка кабины и тому подобное. Система запоминает все свои действия за день, неделю, месяц и больше.

У нее складывается картина наиболее типичных потоков по времени суток, по рабочим дням и выходным, праздникам. В эту базу данных машина постоянно вносит коррективы и прогнозирует ситуацию наперед.

Обучением предпочтениям служащих в здании в AI Supervisory Control 2200 занимается искусственная нейронная сеть.

## ***1.2 Порядок выполнения работы***

Работа проводится в аудитории по расписанию деканата, где студенты знакомятся с конструкциями лифтов и тенденциями развития мировых производителей фирм KONE, ОТИС, Mitsubishi Electric, Toshiba и др., затем посещают выставку на заводе «Могилевлифтмаш», где студенты знакомятся с конструкциями и моделями грузовых и пассажирских лифтов. Экскурсию проводит специалист завода.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Ведущие мировые фирмы, производящие лифты.
- 2 Фирма «ОТИС» в России. Характеристика лифтов.
- 3 Особенности конструкции лифта GeN2.
- 4 Фирма KONE в России. Характеристики лифтов.
- 5 Лифты фирмы Toshiba и Mitsubishi.

## 2 Лабораторная работа № 2. Исследование тяговой способности канатоведущих шкивов

**Цель работы:** изучить основные положения теории и расчетные зависимости для канатоведущих шкивов (КВШ).

### 2.1 Общие сведения

Передача силы трения гибкого элемента о шкив широко используется в технике: в подъемниках с канатоведущими шкивами, в канатных дорогах, ременных передачах, ленточных тормозах и пр.

Усилие натяжения гибкого элемента, охватывающего шкив в любом месте на дуге обхвата, определяется по формуле Эйлера

$$F_2 = F_1 \cdot e^{f_0 \varphi}, \quad (2.1)$$

где  $\varphi$  – угол скольжения каната относительно канатоведущего шкива;

$f_0$  – коэффициент трения между канатом и канатоведущим шкивом.

Для полного угла обхвата шкива канатом уравнение (2.1) записывается в виде

$$\frac{F_2}{F_1} = e^{f_0 \beta}, \quad (2.2)$$

где  $F_2$  – натяжение набегающей ветви каната;

$F_1$  – натяжение сбегающей ветви каната;

$\beta$  – угол обхвата канатоведущего шкива канатом.

Уравнение (2.2) показывает, что при полном использовании силы трения предельное отношение натяжений  $F_2$  и  $F_1$  есть функция коэффициента трения  $f$  и угла обхвата  $\beta$  и что во избежание скольжения гибкого элемента это отношение не должно превышать величины, которая называется тяговым коэффициентом  $e^{f\beta}$ .

Тяговый коэффициент шкива может быть повышен, как это видно из уравнения (2.2), за счет увеличения коэффициента трения. Последний зависит от футеровки шкива и фрикционных свойств материала.

Исследованиями установлено, что результирующий коэффициент трения между канатом и канатоведущим шкивом зависит не только от коэффициента трения между канатом и поверхностью канавки, но и от формы канавки.

В дальнейшем этот результирующий коэффициент будем называть «приведенным коэффициентом трения»  $f_{пр}$ .

В связи с этим уравнение (2.2) записывается в следующем виде:

$$\frac{F_2}{F_1} = e^{f_{np}\beta}. \quad (2.3)$$

Прологарифмировав уравнение (2.3), получим

$$f_{np} = \frac{1}{\beta} \cdot \ln \frac{F_2}{F_1}. \quad (2.4)$$

Величину усилия между шкивом и тяговым элементом (канатом) в широких пределах возможно изменить за счет формы ручья, в котором помещается элемент. В подъемниках с канатоведущими шкивами трения применяются полукруглые, полукруглые с подрезом и клиновидные ручьи (рисунок 2.1).

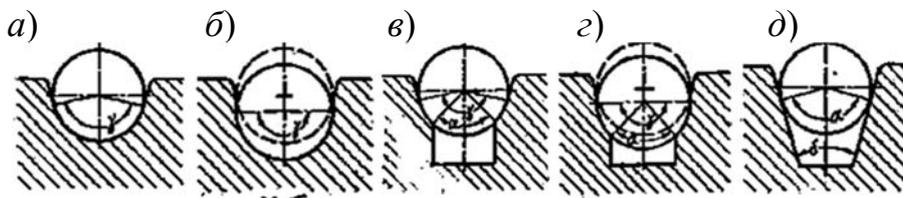


Рисунок 2.1 – Формы канавок канатоведущего шкива

Приведенный коэффициент трения определяется по следующим формулам:  
– для полукруглого ручья с подрезом (см. рисунок 2.1, в)

$$f_{np} = \frac{4 \cdot \left( \sin \frac{\gamma}{2} - \sin \frac{\alpha}{2} \right) \cdot f_0}{\gamma - \alpha + \sin \gamma - \sin \alpha}, \quad (2.5)$$

где  $f_0$  – коэффициент трения между канатом и поверхностью полукруглой канавки КВШ;

$\gamma$  – угол взаимного контакта каната с поверхностью полукруглой канавки;

$\alpha$  – угол подреза;

– для полукруглого изношенного ручья с подрезом (см. рисунок 2.1, г), у которого  $\gamma = \pi$ ,

$$f_{np} = 4 \cdot \frac{\left( 1 - \sin \frac{\alpha}{2} \right) \cdot f_0}{\pi - \alpha - \sin \alpha}; \quad (2.6)$$

– для полукруглого изношенного ручья без подреза (см. рисунок 2.1, б), у которого  $\gamma = \pi$ ,  $\alpha = 0$ ,

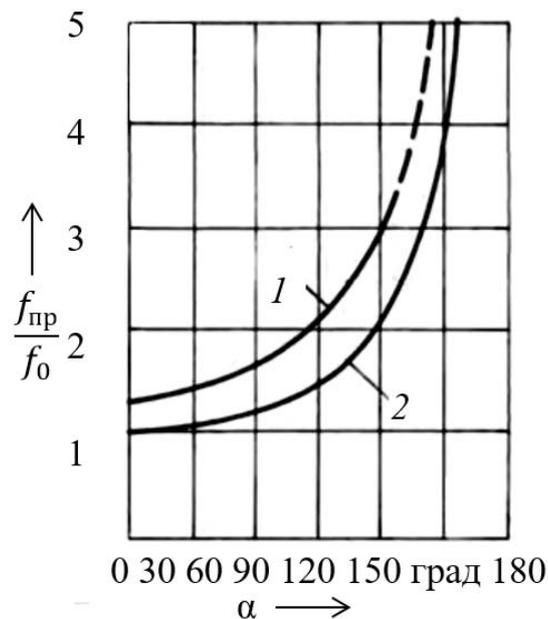
$$f_{np} = \frac{4}{\pi} \cdot f_0 = 1,27 \cdot f_0; \quad (2.7)$$

– для клиновидного ручья (см. рисунок 2.1, *д*) с углом клина  $\delta$  у основания или углом  $\alpha$  распора  $\alpha = \pi - \delta = \gamma$  после раскрытия неопределенности

$$f_{np} = \frac{1}{\sin \frac{\delta}{2}} \cdot f_0 = \frac{1}{\sin \frac{\pi - \alpha}{2}} \cdot f_0 = \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} \cdot f_0, \quad (2.8)$$

где  $f_0$  – коэффициент трения между канатом и боковой поверхностью клиновой канавки.

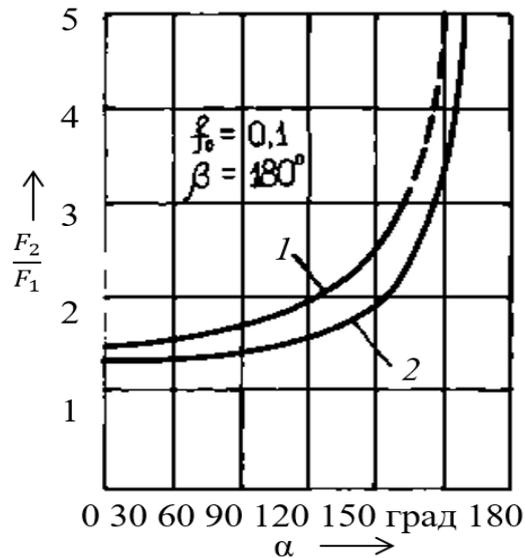
Графики зависимости относительной величины приведенного коэффициента трения  $f_{np}$  от угла  $\alpha$  подреза для изношенного полукруглого ручья с подрезом и угла  $\alpha$  распора (от угла  $\delta$  у основания клина) для клинового ручья изображены на рисунке 2.2.



1 – клиновая канавка; 2 – полукруглая канавка с подрезом

Рисунок 2.2 – Зависимости  $f_{np} / f_0$  от угла  $\alpha$

На рисунке 2.3 показаны графики зависимости  $F_2 / F_1$  (для тягового коэффициента при  $f = 0,1$  и  $\beta = 180^\circ$ ) от угла  $\alpha$  подреза для изношенного полукруглого ручья с подрезом и угла  $\alpha$  распора (от угла  $\delta$  у основания клина) для клинового ручья.



1 – клиновая канавка; 2 – полукруглая канавка с подрезом

Рисунок 2.3 – Зависимости  $F_2 / F_1$  от угла  $\alpha$

## 2.2 Порядок выполнения работы

Изучаются конструкции КВШ и канавок, проводится сравнительный анализ канавок КВШ.

Осуществляются замеры основных параметров КВШ, определяется тип канавки исследуемого КВШ, рассчитывается тяговый коэффициент шкива.

### Контрольные вопросы

- 1 Что такое КВШ? Для чего он предназначен?
- 2 Как связаны между собой набегающие и сбегающие усилия в канате на канатоведущем шкиве?
- 3 Что такое приведенный коэффициент трения?
- 4 Чем отличается коэффициент трения от приведенного коэффициента трения?
- 5 По каким зависимостям определяется коэффициент трения?

### **3 Лабораторная работа № 3. Изучение конструкций лебедок лифтов и определение их КПД**

**Цель работы:** изучить требования Правил по обеспечению промышленной безопасности лифтов, строительных грузопассажирских подъемников, эскалаторов, конвейеров пассажирских (далее Правил) к лебедкам лифтов, оценить достоинства и недостатки различных лебедок лифтов, определить КПД лебедки с червячной передачей.

#### **3.1 Общие сведения**

##### **Требования Правил к лебедкам лифтов.**

Лебедка и элементы ее крепления должны быть рассчитаны на нагрузки, возникающие в процессе эксплуатации и испытаний лифта. Лебедка барабанная или со звездочкой дополнительно должна быть рассчитана на нагрузки, возникающие при посадке кабины на верхний буфер.

Лебедку барабанную или со звездочкой допускается применять на лифтах с номинальной скоростью не более 0,63 м/с.

На лифтах, оборудованных лебедкой барабанной или со звездочкой, использование противовеса не допускается; допускается применение уравновешивающего устройства кабины.

У лебедки со шкивом или барабаном трения должно быть обеспечено сцепление тяговых элементов (канатов или ремней) со шкивом или барабаном, т. е. способность передачи силы трением при рабочем режиме и испытаниях.

Между приводными элементами канатов, ремней или цепей (шкивом, барабаном, звездочкой) и тормозным барабаном (диском) должна быть неразмыкаемая кинематическая связь.

Доступные вращающиеся элементы лебедки (ремни и цепи; шкивы, блоки, шестерни и звездочки; выступающие валы двигателя, шкива (барабана) трения) должны быть ограждены от случайного прикосновения.

Допускается не ограждать штурвалы для ручного перемещения кабины, тормозные барабаны и гладкие цилиндрические валы, нерабочие поверхности которых должны быть окрашены в желтый цвет.

Спадание канатов, ремней или цепей с приводных и направляющих элементов должно быть исключено как при рабочих режимах лифта, так и при его испытаниях.

Должна быть предусмотрена возможность перемещения кабины при отключении электропитания лифта:

– для ручного перемещения кабины лебедка может быть оборудована штурвалом, при этом прилагаемое к штурвалу усилие, необходимое для перемещения кабины с номинальной нагрузкой вверх, не должно превышать 235 Н.

Применение штурвала со спицами или кривошипной рукоятки не допускается;

– съемный штурвал должен храниться в машинном помещении. При

нахождении в машинном помещении нескольких лебедок съемные штурвалы должны иметь соответствующую маркировку (окраску) лебедки соответствующего лифта. Электрическое устройство безопасности должно размыкать цепь безопасности при установке штурвала на лебедку;

- направление движения кабины при вращении штурвала должно быть указано на лебедке или непосредственно на штурвале;

- при перемещении кабины штурвалом должна быть предусмотрена возможность контроля из машинного помещения нахождения кабины в зоне отпирания дверей.

При применении барабанной лебедки, кроме того, должны быть выполнены следующие требования:

- барабан должен иметь нарезанные по винтовой линии канавки, соответствующие диаметру каната;

- при нахождении кабины (противовеса) на полностью сжатых буферах на барабане должно оставаться не менее полутора запасных витков каждого закрепленного на барабане каната, не считая витков, находящихся под зажимным устройством;

- на барабане должен быть намотан только один слой каната;

- угол отклонения канатов относительно канавок должен быть не более  $4^\circ$ ;

- барабан должен иметь реборды, возвышающиеся над навитым канатом на высоту не менее одного диаметра каната. Со стороны (сторон) крепления каната реборду допускается не выполнять.

### **Лебедки с планетарной передачей.**

На рисунке 3.1 представлена лебедка для пассажирских и грузопассажирских лифтов с планетарной передачей компании Zahnradfabrik Passau GmbH (Германия). В этой компактной лебедке применяется двухступенчатая планетарная зубчатая передача, встроенная в корпус, к фланцу которой болтами крепится шкив.

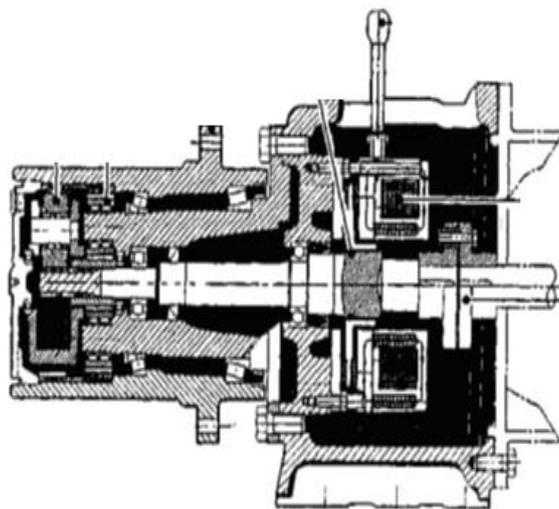


Рисунок 3.1 – Конструктивная схема лебедки с двухступенчатой планетарной зубчатой передачей

Три планетарных колеса установлены в первой ступени и четыре – во второй. Приводной двигатель переменного тока фланцевого исполнения соединения с солнечным зубчатым колесом с помощью упругой муфты приводит во вращение выходной вал. На лебедке установлен дисковый электромагнитный тормоз.

Эта конструкция в настоящее время используется с подъемными механизмами, оборудованными барабаном, её применение на лифтах – относительно новый подход в проектировании редукторных лебедок.

Лебедка рассчитана на грузоподъемность до 1600 кг и номинальную скорость от 0,63 до 1,0 м/с.

Планетарная лебедка, изготовленная компанией Alpha Getriebebau GmbH, показана на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Лебедка EPD с планетарной зубчатой передачей (Alpha Getriebebau GmbH)

Двухступенчатая планетарная зубчатая передача с тремя сателлитами встроена в конструкцию лебедки. Передаточное число редуктора 21 или 31.

Индукционный двигатель переменного тока закреплен посредством фланцевого соединения, и его скорость регулируется частотным преобразователем. Он рассчитан на 240 пусков в час.

Основные характеристики этой лебедки – высокий коэффициент полезного действия, компактность, низкий уровень шума и небольшой пусковой ток обеспечиваются благодаря сочетанию планетарной зубчатой передачи и частотного преобразователя.

Лебедка производится в двух исполнениях: EPD 300 для максимальной номинальной нагрузки 1000 кг с кратностью подвески 1:1 или 1250 кг с кратностью 2:1 (максимальная скорость 1,25 м/с).

### **Лебедки с ременной передачей.**

Первая лебедка с передачей клиновым ремнем (рисунок 3.3) была установлена в Германии компанией Gustav Ad. Koch Maschinenfabrik KG в 1954 г.; она все еще функционирует. С тех пор было установлено 3000...4000 лебедок грузоподъемностью 320...5000 кг, большинство из них в Германии.

Лифтовая лебедка очень простой конструкции, как показано на рисунке 3.3, где изображена лебедка для номинальной нагрузки 2500 кг и номинальной

скорости 1,0 м/с. Основные детали включают приводной электродвигатель, мультиклиновой приводной ремень, дисковый тормоз и тяговый шкив.

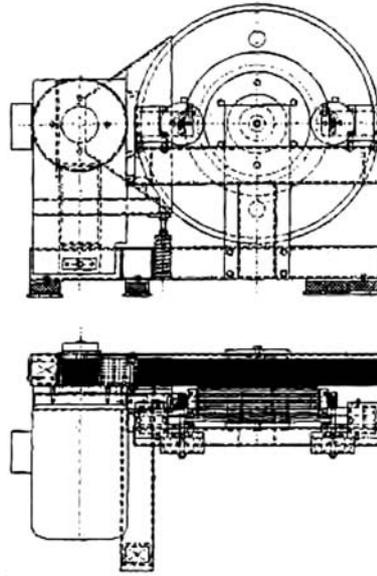


Рисунок 3.3 – Чертеж лебедки с клиноременным приводом (Ingenieurburo für Aufzugtechnik)

Так как передаточное число клиноременной передачи ограничено размерами приводного блока, эти лебедки больше подходят для высоких скоростей. Поэтому канатным системам с кратностью 2 : 1 и в некоторых случаях даже 4 : 1 следует отдавать предпочтение.

Применение этих систем облегчает применение лебедок с клиноременной передачей при относительно низкой номинальной скорости (на практике от 0,85 м/с для кратности 2 : 1 и от 0,5 м/с при подвеске с кратностью 4:1).

Обычно применяется асинхронный односкоростной двигатель на 1500 об/мин с регулированием скорости частотным преобразователем. Пружина, установленная на приваренном к раме кронштейне, обеспечивает постоянное натяжение ремней. Управляемый сдвоенный дисковый тормоз действует непосредственно на шкив. Диск отлит вместе со шкивом, соединенным болтами с приводным блоком.

Блок со шкивом опирается на два подшипника, закрепленных на неподвижной оси. Блок может быть изготовлен из полиамида с меньшей массой и меньшим моментом инерции. Лебедка для номинальной грузоподъемности 630 кг и номинальной скорости 1,0 м/с (кратность подвески 2:1) показана на рисунке 3.4.

Первоначально применявшиеся клиновые ремни были заменены зубчатыми ремнями.

Основные преимущества лебедок с ременным приводом следующие:

- высокий коэффициент полезного действия ременного привода (0,98) и низкое потребление энергии;
- низкий момент инерции вращающихся масс;
- бесшумная работа на протяжении всего срока службы;

- низкая стоимость технического обслуживания, т. к. клиновые ремни не требуют смазки, и все подшипники заполнены смазкой на весь срок службы;
- увеличенная безопасность из-за расположения рабочего тормоза на стороне шкива;
- не требуются дополнительные меры предосторожности для предотвращения неконтролируемого движения кабины (превышение допустимой скорости).

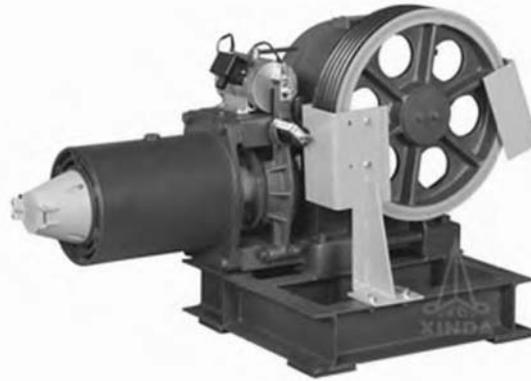


Рисунок 3.4 – Лебедка с клиноременным приводом (Ingenieurburo für Aufzugtechnik)

### **Лебедки с волновой передачей.**

Принцип такой передачи энергии был запатентован в США в 1955 г. Хотя волновая передача никогда не использовалась с обычными лифтами, не следует игнорировать краткое обсуждение возможности ее будущего применения. Schindler с успехом использовал этот тип зубчатой передачи в лифтах SchindlerMobile.

Редуктор волновой передачи состоит из трех основных компонентов:

1) *волновой генератор* – шариковый подшипник с внешним кольцом, закрепленный на эллиптической втулке, которая служит высоко эффективным преобразователем крутящего момента. Он смонтирован на скоростном (входном) валу;

2) *гибкое колесо* – гибкий стальной цилиндр с внешними зубьями, имеет кольцевой фланец на противоположном конце;

3) *внешнее опорное колесо* (колесо циркуляции) – жесткое стальное кольцо с внутренними зубьями, взаимодействующими с зубьями гибкого колеса.

Гибкое колесо немного меньшего диаметра, чем у неподвижного колеса, имеет на два зуба меньше на внешней окружности. Оно принимает эллиптическую форму под воздействием волнового генератора, и его зубья зацепляются с зубьями внешнего опорного колеса в направлении главной оси эллипса.

Работа волновой передачи, разбитая на четыре последовательные фазы, демонстрируется на рисунке 3.5 и описана ниже.

1 Исходное состояние.

2 Когда волновой генератор начинает вращаться в направлении по часовой стрелке, зона контакта зубьев перемещается с главной осью эллипса ( $90^\circ$ ).

3 Когда волновой генератор повернулся на  $180^\circ$  по часовой стрелке, гибкое колесо повернулась на один зуб в противоположном направлении, т. е. против

часовой стрелки.

4 Каждый полный поворот волнового генератора двигает два зуба гибкого колеса в направлении против часовой стрелки на внешнем опорном колесе.

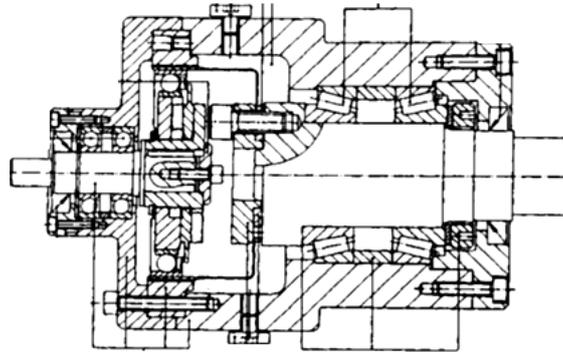


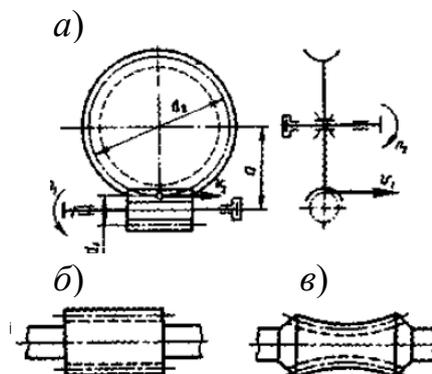
Рисунок 3.5 – Волновая передача (Harmonik Drive GmbH)

Волновая передача имеет ряд преимуществ:

- высокая перегрузочная способность по крутящему моменту;
- может работать с нулевым окружным зазором между зубьями зацепления;
- высокое передаточное число одной ступени, которое практически может изменяться от 50:1 до 320:1;
- относительно высокий КПД для высокого значения передаточного числа;
- минимальный износ и долгий срок службы всех компонентов;
- высокая крутильная жесткость;
- небольшие размеры редуктора.

### Лебедки с червячными передачами.

В редукторах лифтовых лебедок преимущественное распространение получили червячные передачи (рисунок 3.6) в силу ряда очевидных преимуществ: возможность получения больших передаточных чисел в одной паре, а также плавность и бесшумность работы.



*a* – червячная передача; *б* – червяк цилиндрический; *в* – червяк глобоидный

Рисунок 3.6 – Схема червячной передачи лифтового редуктора

Недостатками передачи являются сравнительно низкий КПД, повышенный износ, склонность к задирам и заеданию контактирующих поверхностей.

Как и в зубчатых передачах, червячная передача характеризуется величиной диаметра делительной окружности червяка  $d_1$  и колеса  $d_2$ , межцентровым расстоянием  $a$ . Однако в отличие от цилиндрических зубчатых передач, передаточное число червячного редуктора не определяется соотношением диаметров делительных окружностей, т. к. начальные окружности (цилиндры) не обкатываются, а скользят.

Скорость скольжения  $V_s$  при относительно не больших углах подъема винтовой линии червяка, соизмерима с его окружной скоростью  $V_1$ :

$$V_s = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}; \quad (3.1)$$

$$V_s = V_1 / \cos \gamma, \quad (3.2)$$

где  $V_1$  – окружная скорость червяка, м/с;  $V_1 = \pi \cdot d_1 \cdot n_1 / 60$ ;

$V_2$  – окружная скорость червячного колеса, м/с;  $V_2 = \pi \cdot d_2 \cdot n_2 / 60$ ;

$\gamma$  – угол подъема винтовой линии червяка, рад;

$n_1, n_2$  – число оборотов червяка и червячного колеса, об/мин.

При  $\gamma < 30^\circ$  скорость скольжения  $V_s > V_1$ . Значительные скорости скольжения делают передачу весьма чувствительной к качеству смазки и склонной к повышенному износу.

Передаточное число червячного редуктора определяется по формуле

$$U = n_1 / n_2 = Z_2 / Z_1, \quad (3.3)$$

где  $Z_1, Z_2$  – число заходов червяка и число зубьев червячного колеса.

В зарубежных конструкциях лифтов преимущественно применяются редуктора с цилиндрическим червяком. В нашей стране до недавнего времени отдавалось предпочтение глобоидным передачам.

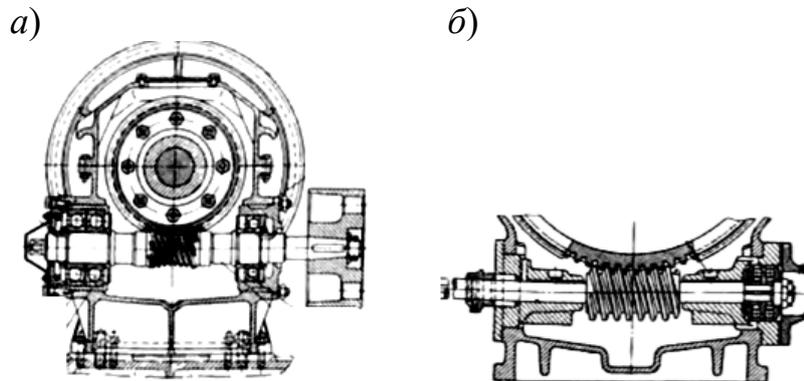
Глобоидные червячные передачи обладают повышенной нагрузочной способностью, т. к. в зацеплении с зубом червяка одновременно находится несколько зубьев, и линии контакта зубьев с червяком располагаются практически перпендикулярно вектору скорости скольжения, что способствует образованию непрерывной масляной пленки на трущихся поверхностях.

К недостатку относят наличие небольших кинематических колебаний окружной скорости червячного колеса, которые могут служить одной из причин вибрации кабины.

В последнее время наметилась тенденция применения цилиндрических червячных передач. Червячные передачи с эвольвентным цилиндрическим червяком более технологичны и менее критичны к точности сборки. Хорошо отработана технология изготовления и термической обработки червяка.

К недостаткам цилиндрических передач следует отнести более высокий

уровень контактных давлений, что делает необходимым использовать более дорогостоящие сорта бронзы для зубчатого венца червячного колеса. Несколько ухудшаются условия смазки в зацеплении (рисунок 3.7).



*a* – с глобоидным червяком; *б* – с цилиндрическим червяком

Рисунок 3.7 – Конструкция червячной передачи

В лифтовых лебедках применяют три способа расположения червяка редуктора: нижнее горизонтальное, верхнее горизонтальное и вертикальное.

Нижнее расположение червяка обеспечивает хорошие условия смазки червячного зацепления. Низкое расположение центра тяжести делает лебедку более устойчивой и компактной.

Основным недостатком является утечка масла через уплотнения червячного вала. Это требует постоянного внимания обслуживающего персонала и увеличивает расход масла. Возникают дополнительные гидродинамические сопротивления, связанные с перемешиванием масла вращающимся червяком.

Утечка масла полностью устраняется в лебедках с верхним и вертикальным расположением червяка.

Лебедки с верхним расположением цилиндрического червяка успешно применяются в лифтах зарубежного и отечественного производства. На рисунке 3.8 представлен фрагмент конструкции редуктора отечественного производства с верхним расположением червячного вала, который одновременно является валом ротора двигателя.

Применение системы «мотор – червяк» позволяет отказаться от использования соединительной муфты. При этом снижается виброактивность редуктора, масса и габариты лебедки. Уменьшается трудоемкость ремонтных работ и технического обслуживания. В таком редукторе отсутствует регулировка осевого положения червяка, принципиально важная для глобоидной передачи.

Недостатком является ухудшение условий смазки зацепления после длительного простоя лифта. Для его компенсации целесообразно увеличивать скорость скольжения контактирующих поверхностей червячного зацепления за счет применения двигателя с повышенной частотой вращения ротора.

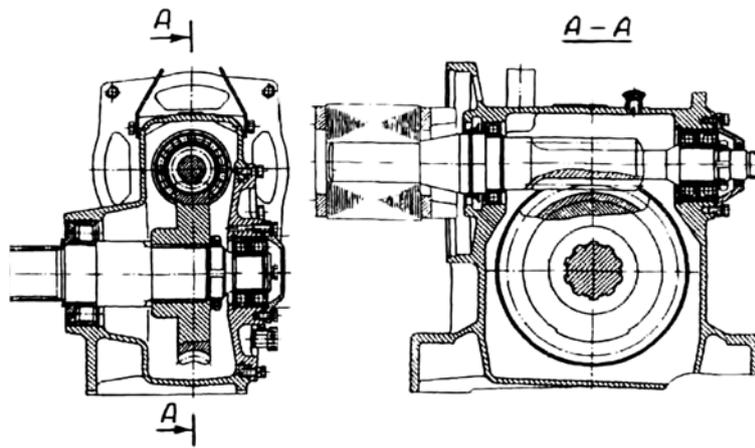


Рисунок 3.8 – Редуктор с верхним расположением цилиндрического червяка

### КПД редукторов с червячной передачей.

Коэффициент полезного действия червячной передачи  $\eta_G$  может быть выражен уравнением (без учета потерь в подшипниках и потерь, связанных с перемешиванием масла):

$$\eta_G = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \varphi)}; \quad (3.4)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\mu}{\cos \alpha_n}, \quad (3.5)$$

где  $\gamma$  – угол подъема винтовой линии нарезки червяка,  $\gamma = 27^\circ$ ;

$\mu$  – коэффициент трения;

$\alpha_n$  – нормальный угол зацепления,  $\alpha_n = 20^\circ$ .

Уравнение (3.4) справедливо только в случае ведущего червяка. Коэффициент трения  $\mu$  зависит от ряда факторов, а именно от материала, качества обработки поверхности, скорости, вида смазочного материала, нагрузки зубчатого зацепления, точности изготовления и сборки.

В настоящее время используются экспериментально полученные значения  $\mu$ , включающие потери подшипников вала червяка и колес.

Скорость скольжения определяется формулой

$$V_s = \frac{V_p}{\cos \gamma}, \quad (3.6)$$

где  $V_p$  – окружная скорость на диаметре делительной окружности червяка, м/с.

### **3.2 Порядок выполнения работы**

Изучаются требования Правил к лебедкам лифтов, проводится сравнительный анализ лебедок лифтов.

Определяется передаточное число лебедки, установленной в лаборатории, устанавливается ее тип и определяется КПД.

#### **Контрольные вопросы**

1 Какие типы лебедок могут применяться на лифтах?

2 Лебедки с планетарной передачей, конструкция, основные характеристики, достоинства и недостатки.

3 Лебедка с ременной передачей, конструкция, основные характеристики, достоинства и недостатки.

4 Лебедки с волновой передачей, конструкция, основные характеристики, достоинства и недостатки.

5 Лебедки с червячными передачами, конструкции, основные характеристики, достоинства и недостатки.

## **4 Лабораторная работа № 4. Исследование конструкций и принципа действия безредукторных лебедок**

**Цель работы:** изучить конструкции и принцип действия, а также области применения безредукторных лебедок.

### **4.1 Общие сведения**

Безредукторная лебедка оборудована специальным низкоскоростным двигателем постоянного тока, скорость которого варьируется в диапазоне 100...220 об/мин.

Между ротором и тяговым шкивом нет зубчатой передачи. Все основные компоненты лебедки, такие как ротор, тяговый шкив и тормозной шкив смонтированы на одном валу, установленном на двух подшипниках. Вал и подшипники должны поддерживать нагрузку, действующую на шкив так же, как и силу тяжести указанных выше компонентов и передавать полную нагрузку на конструкцию здания.

Тяговый и тормозной шкив обычно выполнены в одной детали. При отсутствии зубчатой передачи механический КПД выше по сравнению с редукторными лифтовыми лебедками. Поэтому энергопотребление низкое.

Первоначальная стоимость безредукторной лебедки выше, но это оправдано, т. к. срок службы низкоскоростного двигателя постоянного тока больше и стоимость технического обслуживания меньше.

Для регулирования скорости используются несколько систем. Со старыми

конструкциями привода использовалась система регулирования напряжения посредством установки генератора двигателя (Ward-Leonard). Результатом – обеспечение комфортности передвижения и точного выравнивания на каждой остановке независимо от нагрузки и направления движения.

Недостатками такой системы являются стоимость монтажа, пространство для размещения оборудования мотор-генератора, дополнительное техническое обслуживание коллектора и щеток быстроходного генератора и общие потери коэффициента полезного действия лебедки.

Недостатки устранены в системе Thyristor-Leonard (установка статического преобразователя), включающая два полностью управляемых трехфазных моста. Среднее значение постоянного тока контролируется управляемым тиристором с фазным регулированием.

Thyristor-Leonard используется с приводами постоянного тока, имеет недостаток – вращающий момент вызывает изменение в характеристиках контура регулирования (нелинейная зависимость между током и напряжением).

Как альтернатива, может быть использован двойной преобразователь, в котором постоянно функционируют два тиристорных моста, один – как выпрямитель, другой – как инвертор.

Система привода Thyristor-Leonard в любом её виде на ступень выше системы Ward-Leonard. Она характеризуется высоким коэффициентом полезного действия, низкой стоимостью технического обслуживания и превосходной надежностью. Ограничением к её применению могут явиться помехи в силовой линии (несинусоидные потоки).

Типичная конструкция безредукторной лифтовой лебедки, изготовленной фирмой Thyssen Aufzuge (Германия), представлена на рисунке 4.1.

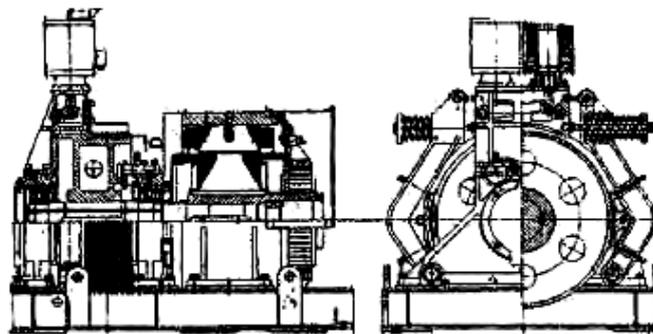


Рисунок 4.1 – Безредукторная лебедка (Thyssen Aufzuge)

Она используется вместе с установкой двигатель-генератора или статическим преобразователем при номинальной скорости до 8 м/с.

Массивный вал, изготовленный из серого чугуна, поддерживается двумя самоустанавливающимися роликовыми подшипниками на опорных стойках.

Стойки так же, как и корпус статора, смонтированы на стальной опорной плите.

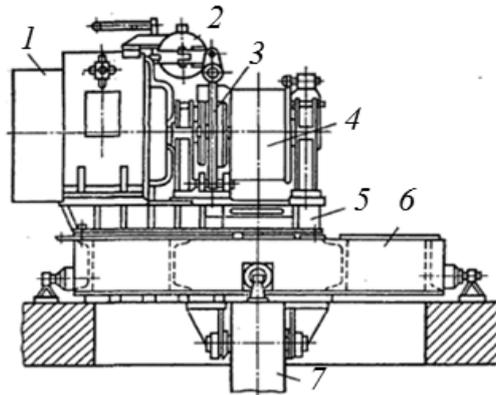
Тяговый и тормозной шкив изготовлены как единое целое и располагаются между подшипниками.

Обычно профиль поперечного сечения ручья имеет полукруглую форму (для привода с двойным обхватом), но могут быть поставлены шкивы с ручьями полукруглой формы с подрезом.

По соображениям безопасности, лебедки проектируются со сдвоенной системой управления тормозом.

Тормозную систему образуют две, установленные с внешней стороны тормозные колодки, каждая из которых оборудована тормозной пружиной и растормаживающим электромагнитом.

В конструкции скоростных лифтов преимущественно применяются безредукторные лебедки с приводом от тихоходного двигателя постоянного тока (рисунок 4.2).



1 – тихоходный электродвигатель постоянного тока; 2 – электромагнит; 3 – тормоз; 4 – КВШ; 5 – опора; 6 – рама; 7 – контршкив

Рисунок 4.2 – Безредукторная лебедка

КВШ устанавливается непосредственно на валу тихоходного двигателя. Для фиксации неподвижного состояния кабины используется колодочный тормоз нормально-замкнутого типа.

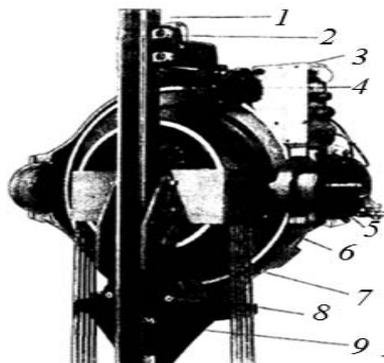
Остановка кабины с необходимой точностью и допустимым ускорением замедления обеспечивается работой управляемого двигателя. Недостатком применения подобной конструкции лебедки является ее высокая стоимость при несколько меньшей, чем у привода переменного тока, надежности; значительная масса и габаритные размеры.

Основное достоинство заключается в возможности обеспечения высокой точности остановки и плавности хода кабины при любых номинальных значениях скорости ее передвижения.

В последнее время появилась необычная конструкция безредукторного привода лебедки на основе дискового двигателя трехфазного переменного тока типа EcoDisk с постоянным подмагничиванием и регулированием частоты вращения ротора посредством электронной системы управления частотой и амплитудой питающего напряжения (рисунок 4.3).

Эта конструкция разработана фирмой KONE для пассажирского выжимного лифта без машинного помещения грузоподъемностью 630 кг при скорости

движения кабины 1 м/с. Фирма предлагает аналогичное решение для лифтов со скоростью движения кабины до 2,5 м/с. Лифты этого типа успешно эксплуатируются в Европе.



1 – направляющая кабины; 2, 8 – прижимные планки крепления лебедки; 3 – клеммная коробка; 4 – тахогенератор системы управления работой двигателя; 5 – электромагнит растормаживающий; 6 – дисковый ротор с КВШ и тормозным шкивом; 7 – канат тяговый; 9 – корпус лебедки

Рисунок 4.3 – Безредукторная лебедка с дисковым электродвигателем переменного тока EcoDisk

Параметры такой лебедки: масса – 190 кг вместо 430 кг; мощность двигателя – 3,5 кВт вместо 5,5 кВт. Лебедка не требует заливки масла.

Крепление лебедки производится на направляющей кабины в верхней части шахты. КВШ выполнен единым блоком с дисковым ротором двигателя и тормозным шкивом. Применяется колодочный тормоз с автономной системой растормаживания каждой колодки. Номинальная частота вращения КВШ – 95 об/мин. Диаметр КВШ составляет 400 мм. Точность остановки кабины  $\Delta = \pm 10$  мм.

#### **4.2 Порядок выполнения работы**

Изучаются конструкции и принципы работы безредукторных лебедок различных фирм.

#### **Контрольные вопросы**

1 Безредукторные лебедки, конструкции, основные характеристики, достоинства и недостатки.

2 Почему механический КПД у безредукторных лебедок выше, чем в редукторных?

3 Какие фирмы занимаются изготовлением безредукторных лебедок?

4 Особенности безредукторных лебедок, изготовленных фирмой Thyssen Aufzuge.

5 Особенности безредукторных лебедок, изготовленных фирмой KONE.

## **5 Лабораторная работа № 5. Исследование механизмов открывания дверей шахты и кабины лифта**

**Цель работы:** изучить требования Правил к дверям шахты и кабины лифта; изучить устройство дверей кабины, шахты и механизма открывания; определить мощность электродвигателя механизма открывания дверей.

### **5.1 Общие сведения**

#### **Требования Правил к дверям шахты и кабины лифта.**

Проемы в стенах шахты лифта для доступа в кабину лифта оборудуются сплошными дверями.

Двери шахты лифта должны отвечать требованиям норм пожарной безопасности, действующим для данного сооружения.

Двери шахты лифта вместе с замками должны выдерживать в запертом положении нагрузку 300 Н, равномерно распределенную по круглой или квадратной площадке площадью 5 см<sup>2</sup> и приложенную к дверной панели под прямым углом в любой ее точке с упругой деформацией, не превышающей 15 мм, при этом остаточная деформация и изменение функционирования после снятия нагрузки не допускаются.

Усилие, необходимое для предотвращения закрывания автоматических дверей с механическим приводом, не должно превышать 150 Н, за исключением первой трети перемещения двери.

Устройство должно автоматически включить реверсирование закрывающихся дверей при или перед воздействием створки на препятствие, находящееся в дверном проеме.

Устройство реверсирования устанавливается на кабине. Допускается устанавливать это устройство на двери шахты. Последние 0,05 м перемещения каждой ведущей створки двери могут находиться вне воздействия этого устройства.

Вертикально-раздвижные двери могут быть применены только у грузового лифта, в котором не допускается транспортировка пассажиров.

Усилие закрытия автоматической распашной двери шахты должно быть не более 150 Н.

Для открывающейся вручную двери шахты должно быть предусмотрено следующее (чтобы знать, находится ли кабина на этаже):

- одно или несколько прозрачных смотровых окон в дверях шахты;
- световой сигнал – «Кабина на данном этаже».

Дверь шахты на этажной площадке должна быть оборудована автоматическим замком, запирающим ее прежде, чем кабина отойдет от уровня этажной площадки на расстояние 0,2 м.

Автоматический замок должен исключать отпирание двери снаружи шахты.

При приложении к запертой двери шахты усилия 300 Н в направлении ее открывания не должно происходить отпирание двери.

Замок двери шахты должен быть испытан, на замке должна быть установлена табличка с указанием организации-изготовителя и идентификационного номера.

Двери шахты отпираются снаружи специальным ключом. После отпирания при изъятии ключа автоматическая дверь шахты закрывается и запирается автоматически при отсутствии кабины в зоне отпирания дверей шахты.

Дверь шахты на этажной площадке, закрываемая вручную, кроме автоматического замка, должна быть оборудована неавтоматическим замком или устройством, удерживающим дверь в закрытом положении.

Каждая дверь шахты на этажной площадке должна быть оборудована электрическим устройством безопасности, контролирующим закрытие двери.

Дверь должна быть оборудована устройством, предотвращающим выход створок из направляющих.

Горизонтально-раздвижные двери шахты лифта должны иметь направляющие сверху и снизу.

Вертикально-раздвижные двери шахты лифта должны иметь направляющие с обеих сторон.

### **Двери шахты.**

Автоматический привод дверей повышает комфортность условий транспортировки пассажиров и становится абсолютно доминирующим в конструкции скоростных лифтов, где потери времени на открытие и закрывание створок дверей заметно влияют на производительность работы лифта.

Передвижение створок шахтных дверей, как правило, обеспечивается приводом дверей кабины с помощью специального устройства, называемого отводкой.

Двери шахты призваны исключить возможность попадания людей в шахту при отсутствии кабины на этаже. В связи с этим, они оборудуются соответствующими блокировочными устройствами и замками. Другой особенностью шахтной двери является наличие системы автоматического закрытия при аварийном уходе кабины с этажа при открытых дверях.

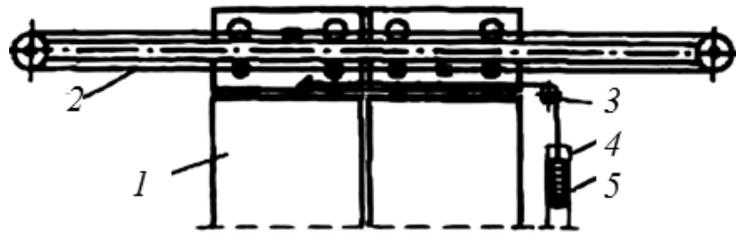
Применяются два основных решения: использование наклонных линеек подвески створок шахтных дверей или замыкающей створки грузового механизма. В последнем случае створки шахтных дверей перемещаются по горизонтальным направляющим линейкам посредством синхронизирующего троса и движущегося в вертикальном направлении груза (рисунок 5.1). Аналогичная схема применяется в конструкции полуавтоматических раздвижных дверей.

Конструкция шахтной двери с наклонными направляющими линейками и приводом от дверей кабины лифта представлена на рисунке 5.2.

Шахтная дверь монтируется на металлоконструкции рамы портала, включающей верхнюю балку 3, стойки 2 и балку порога 7.

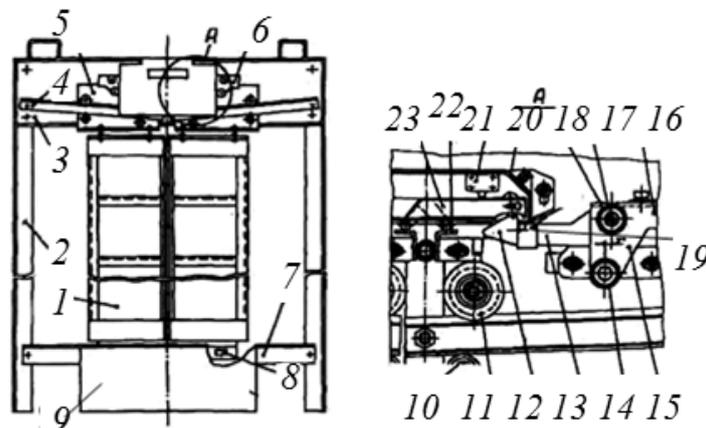
Каретки оборудуются опорными роликами 11 с ребордами, которые вместе с вкладышами 8 обеспечивают движение створок в вертикальной плоскости. Для надежного взаимодействия реборд роликов с направляющими линейками

каретки оборудуются контроликами. Между нижней поверхностью линейки и контроликом устанавливается зазор  $0,1...0,15$  мм путем поворота эксцентричной оси ролика.



1 – створка двери с кареткой; 2 – трос синхронизации движения створок; 3 – отклоняющий блок; 4 – цилиндрическая направляющая движения груза; 5 – груз закрывающий

Рисунок 5.1 – Схема шахтной двери с грузовым механизмом закрывания



1 – створка; 2 – стояк; 3 – балка; 4 – направляющая наклонная линейка; 5 – каретка; 6 – блок контроля; 7 – порог; 8 – вкладыш; 9 – фартук; 10 – контролик; 11 – ролик; 12 – зуб защелки; 13 – защелка; 14, 18 – ролики; 15 – рычаг; 16 – груз; 17 – ось рычага; 19 – основание блока контроля; 20 – корпус блока контроля; 21 – выключатель; 22 – упор; 23 – коромысло суммирующее

Рисунок 5.2 – Схема шахтной двери с наклонными линейками кареток

Шахтные двери оборудованы замками 6 с контактами 21, контролирующими закрытие створок 1. На рисунке 5.2 (вид А) створки показаны в закрытом состоянии, и замки исключают возможность открытия створок изнутри кабины. Зуб 12 защелки 13 сцеплен с краем отверстия в основании блока контроля 19.

Левая часть суммирующего коромысла 23 опирается на упор левой створки, тогда как его правая часть поднята максимально вверх зубом 12, который занимает верхнее положение под действием силы тяжести груза 16 рычага 15. При этом контактное устройство 21 находится в замкнутом положении.

При остановке кабины на этажной площадке включается привод створок

кабинных дверей и соответствующая отводка (см. рисунок 5.2) воздействует на ролик 14, поворачивая рычаг 15 против часовой стрелки. Зуб 12 выходит из зацепления с кромкой отверстия детали 19, коромысло 23 перестает воздействовать на контакты 21. Давление отводки на ролик 18 вызывает открытие правой створки шахтной двери. Аналогичным образом работает левая створка шахтной двери.

При закрытии кабинных дверей, соответствующие отводки, действуя на ролики 18, закрывают шахтные створки. Зуб защелки 12 скользит по наклонной части детали 19 до момента сцепления с кромкой отверстия основания 19. Под действием силы тяжести груза 16 зуб защелки занимает предельное верхнее положение, и коромысло 23 воздействует на кнопку контактного устройства 21.

### **Двери кабины.**

Раздвижные двери кабины имеют однотипную с шахтными конструкцию створок, каретки которых перемещаются по горизонтальным направляющим линейкам.

Конструкция дверей кабины состоит из верхней балки с оборудованием механизма привода; из створок и порога, закрепленного на кабине. Верхняя балка представляет собой металлическую конструкцию из гнутого или прокатного профиля, которая устанавливается на колпаке купе кабины.

Одна из распространенных конструкций автоматических раздвижных дверей отечественного производства представлена на рисунке 5.3. Створки 1 закреплены на каретках 3, оборудованных опорными роликами 20 и контрольными 22, двигающимися по горизонтальной направляющей линейке.

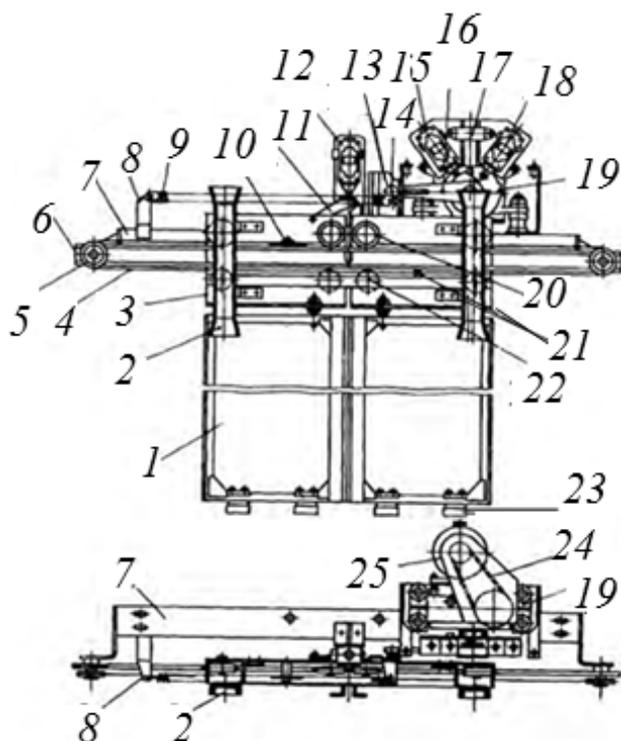
Привод состоит из электродвигателя 25, клиноременной передачи 24, редуктора 19 и установленного на его выходном валу водила 16 с отводным роликом 14. Последний воздействует на упор 13, жестко связанный с кареткой правой створки двери. Наличие синхронизирующего каната 4 обеспечивает движение створок во взаимно противоположном направлении с одинаковой скоростью.

При открытии створок водило 16 поворачивается против направления часовой стрелки. Отводной ролик 14 воздействует на полку упора 13, преодолевая силы сопротивления движению створок кабинных и шахтных дверей и усилие возвратной пружины 9. При полностью открытых створках водило оказывается повернутым на 180°, а пружина максимально растянута и прижимает ролик 14 к полке упора 13. Отводки 2 удерживают шахтные двери в открытом положении, воздействуя на ролики 14, установленные на рычагах защелки замков шахтных дверей (см. рисунок 5.3).

Работа привода при закрывании дверей происходит при меньшей величине внешних сопротивлений, т. к. движению створок помогает растянута пружина и касательная составляющая сил тяжести створок шахтных дверей. Водило вращается по часовой стрелке, а пружина, прижимая ролик 14 к полке упора 13 заставляет створки следить за изменением горизонтальной составляющей окружной скорости ролика 14.

Встреча с препятствием при закрывании створок вызовет их остановку.

Водило *16* с роликом *14* выйдут из взаимодействия с полкой упора *13* и приведет в действие механизм автоматического реверса привода дверей.



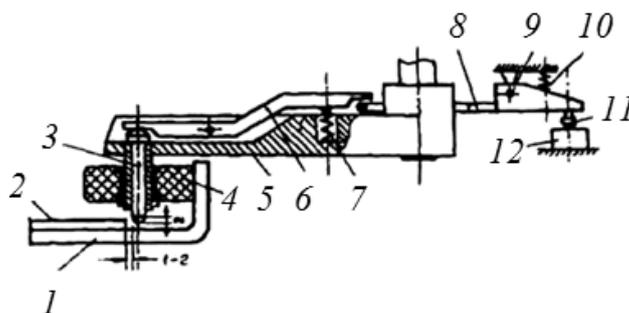
*1* – створка; *2* – отводка; *3* – каретка; *4* – канат синхронизации движения створок; *5* – блок отклоняющий; *6* – линейка; *7* – балка верхняя; *8* – кронштейн; *9* – пружина; *10* – механизм натяжения каната; *11* – рычаг; *12* – конечный выключатель контроля притвора створок; *13* – упор; *14* – ролик отводной; *15* – конечный выключатель контроля закрытия створок; *16* – водило; *17* – микровыключатель реверса; *18* – конечный выключатель контроля открытия створок; *19* – редуктор червячный; *20* – ролик опорный; *21* – зажим каната; *22* – контролик; *23* – башмачки створок; *24* – клиноременная передача; *25* – электродвигатель

Рисунок 5.3 – Автоматические раздвижные двери кабины

Створки начнут расходиться, пропуская застрявшего между створками пассажира. На препятствие будет действовать только усилие растянутой пружины *9* и тем меньшей величины, чем ближе препятствие к центру притвора створок. Жесткость и натяжение закрывающей пружины принимается такой величины, чтобы максимальное усилие давления створки не превышало 150 Н.

Рассмотрим работу системы автоматического реверса более подробно (рисунок 5.4).

При штатной работе привода на закрывание створок, когда на пути их движения нет препятствий, ролик *4* прижат к полке упора *1*. Если на пути движения створок возникает препятствие, ведущая створка с упором *1* останавливается, а ролик *4*, продолжая свое движение по окружности относительно оси водила *5*, выходит из взаимодействия с полкой упора, и движется в направлении линейки *2*. При этом шток *3*, встречая на своем пути наклонную кромку линейки *2*, поднимается вверх и воздействует на левое плечо рычага *6*.



1 – упор створки; 2 – вертикальная линейка упора; 3 – шток; 4 – ролик; 5 – водило; 6 – рычаг водила; 7 – пружина рычага водила; 8 – рычаг с плечом кольцевой формы (условно повернут на 90°); 9 – шарнир; 10 – пружина; 11 – регулировочный болт; 12 – микропереключатель реверса

Рисунок 5.4 – Схема автоматического реверса привода створок дверей

Правое плечо рычага 6, поворачиваясь по часовой стрелке, давит на кольцевое плечо рычага 8. Рычаг 8, преодолевая усилие пружины 10, поворачивается против часовой стрелки и регулировочный болт 11 перестает действовать на приводной элемент микропереключателя. Соответствующие контакты микропереключателя 12 включают двигатель на реверс движения створок.

При закрытых дверях кабины, когда водило 5 занимает горизонтальное положение, палец 3 исключает возможность открытия створок двери изнутри кабины, т. к. верхняя часть правой кромки линейки 2 имеет прямоугольную форму. При попытке открыть дверь из кабины палец 3 упирается в правую кромку линейки 2, препятствуя движению створок.

Рассмотренный выше вариант конструкции автоматических дверей отличается повышенной безопасностью, т. к. усилие сжатия створок определяются только пружиной. Привод при закрытии створок играет пассивную роль, работая фактически в холостом режиме.

В некоторых конструкциях привода автоматических раздвижных дверей, и открытие и закрывание створок происходит при активной роли привода, т. к. створки имеют жесткую кинематическую связь с механизмом. Для компенсации этого недостатка предусматриваются специальные устройства, разрывающие жесткую кинематическую связь с приводом при встрече створок с препятствием.

В целях повышения уровня безопасности устанавливаются дублирующие электронные устройства автоматического реверса привода дверей.

### **Сопротивления движению створок дверей кабины и шахты.**

Суммарные сопротивления движению створок дверей кабины и шахты

$$W_{\Sigma} = (n_{ст.к.} \cdot W_{ст.к.} + n_{ст.ш.} \cdot W_{ст.ш.}) \cdot K + F_{пр}, \quad (5.1)$$

где  $n_{ст.к.}, n_{ст.ш.}$  – число створок дверей кабины и шахты;  
 $W_{ст.к.}, W_{ст.ш.}$  – сопротивления движению створки дверей кабины и шахты;  
 $K$  – коэффициент, учитывающий сопротивления движению башмачков створок и сопротивления на отклоняющих блоках линейки,  $K = 1, 2 \dots 1, 25$ ;  
 $F_{пр}$  – усилие пружины.

Сопротивление движению створки дверей кабины

$$W_{ст.к.} = \frac{m_{ст.к.} \cdot g}{D_p} \cdot (2 \cdot K + f \cdot d_y), \quad (5.2)$$

где  $m_{ст.к.}$  – масса створки двери кабины;  
 $D_p$  – диаметр ролика каретки, см;  
 $K$  – коэффициент трения качения ролика (для ролика из полимерного материала),  $K = 0, 04$ ;  
 $f$  – коэффициент трения в подшипниках качения ролика,  $f = 0, 02$ .

Сопротивление движению створки двери шахты при наклонных линейках

$$W_{ст.ш.} = m_{ст.ш.} \cdot g \cdot \left[ \left( \frac{2 \cdot K + f \cdot d_y}{D_p} \right) + \operatorname{tg} \alpha \right], \quad (5.3)$$

где  $m_{ст.ш.}$  – масса створки двери шахты;  
 $\alpha$  – угол наклона линейки двери шахты,  $\alpha \approx 2^\circ 38'$ .  
 Усилие пружины

$$F_{пр} = n_{ст.к.} \cdot W_{ст.к.} \quad (5.4)$$

Мощность электродвигателя механизма открывания дверей

$$P_{ов} = \frac{W_{\Sigma} \cdot V_{ст.к.}}{1000 \cdot \eta_m}, \quad (5.5)$$

где  $V_{ст.к.}$  – скорость движения створки, м/с;  
 $\eta_m$  – КПД механизма.

При использовании кривошипного механизма открывания створок дверей кабины и шахты, скорость движения створок  $V_{ст.к.}$  будет переменной (при постоянной угловой скорости кривошипа  $\omega$ ). Горизонтальная составляющая  $V_{гор}$  окружной скорости кривошипа, равная  $V_{кр}$ , будет изменяться по синусоидальному закону от нуля до своего максимального значения, а затем уменьшается до нуля.

$$V_{кр} = \omega \cdot r_{кр}; \quad (5.6)$$

$$V_{ст} = V_{кр} \cdot \sin \alpha. \quad (5.7)$$

При расчете мощности электродвигателя механизма открывания дверей принимается максимальное значение скорости движения створки.

## **5.2 Порядок выполнения работы**

Изучаются требования Правил к дверям шахты и кабины лифта, устройство дверей кабины, шахты и механизма открывания.

Выполняются необходимые измерения параметров механизма открывания дверей лифта.

Определяется мощность, затрачиваемая на привод дверей, выбирается электродвигатель.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Какое устройство блокирует дверь шахты при ее открывании?
- 2 Какое устройство открывает двери шахты и двери кабины лифта?
- 3 Что представляет из себя система автоматического закрытия дверей шахты?
- 4 Как работает система автоматического реверса привода створок дверей?
- 5 Из чего складываются суммарные сопротивления движению створок дверей кабины и шахты?

## **6 Лабораторная работа № 6. Изучение конструкций и принципа действия ловителей**

**Цель работы:** изучить требования Правил к ловителям лифта; изучить устройство конструкций ловителей лифта и их принцип действия.

### **6.1 Общие сведения**

Ловитель – устройство для торможения, фиксации неподвижного состояния и удержания на направляющих кабины (противовеса), движущейся вниз с аварийным превышением скорости.

Правила предъявляют ряд требований к ловителям.

Не допускается применение электрических, гидравлических или пневматических устройств для привода ловителей.

Ловители должны затормаживать и останавливать кабину с грузом или противовес при обрыве канатной подвески. При этом масса груза в кабине должна превышать номинальную на 10 %.

Для лифтов самостоятельного пользования масса расчетного груза определяется по фактической полезной площади пола.

За расчетную скорость посадки на ловители следует принимать предельную величину скорости настройки ограничителя скорости.

Момент срабатывания ловителей кабины должен контролироваться выключателем, отключающим привод механизма подъема.

Замедление пустой кабины при посадки на ловители не должно превышать предельного значения в  $25 \text{ м/с}^2$ .

При скорости кабины всех типов лифтов более  $0,75 \text{ м/с}$  и в больничных лифтах, независимо от скорости, должны устанавливаться ловители плавного торможения.

После подъема кабины (противовеса), остановленной ловителями, они автоматически должны приводиться в исходное состояние.

При использовании комбинированных ловителей, ускорение замедления купе должно быть равно  $9,81 \text{ м/с}^2$ . Эти ловители допускается применять в лифтах со скоростью кабины не более  $1 \text{ м/с}$ .

Ловители должны оснащаться табличкой с указанием наименования производителя, заводского номера, года изготовления, типа ловителя и номинальной скорости лифта, для которого они предназначены.

Основу конструкции ловителей составляют улавливающие устройства, работающие на основе самозаклинивания между поверхностью головки направляющей и конструкцией рамы кабины (противовеса).

**Ловители резкого торможения** могут изготавливаться на основе применения улавливающих устройств клинового, роликового и эксцентрикового типа.

Рабочая поверхность тормозящего элемента конструкции обычно оснащается зубьями или поперечной насечкой, что более характерно для роликовых и эксцентриковых ловителей.

Для облегчения процесса снятия с ловителей после устранения аварийной ситуации преимущественно применяются двусторонняя конструкция, с симметричным расположением улавливающих устройств.

Конструкция двухсторонних клиновых ловителей резкого торможения рассмотрена на рисунке 6.1.

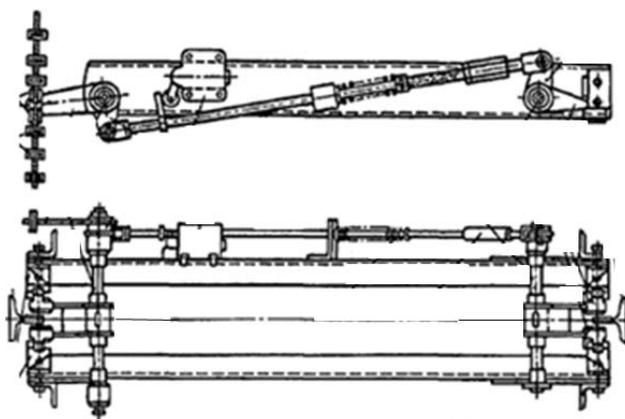


Рисунок 6.1 – Приводной механизм ловителей резкого торможения

Применение зубьев и насечки с повышенной твердостью обеспечивает увеличение приведенного значения коэффициента трения за счет работы пластического деформирования поверхности направляющей.

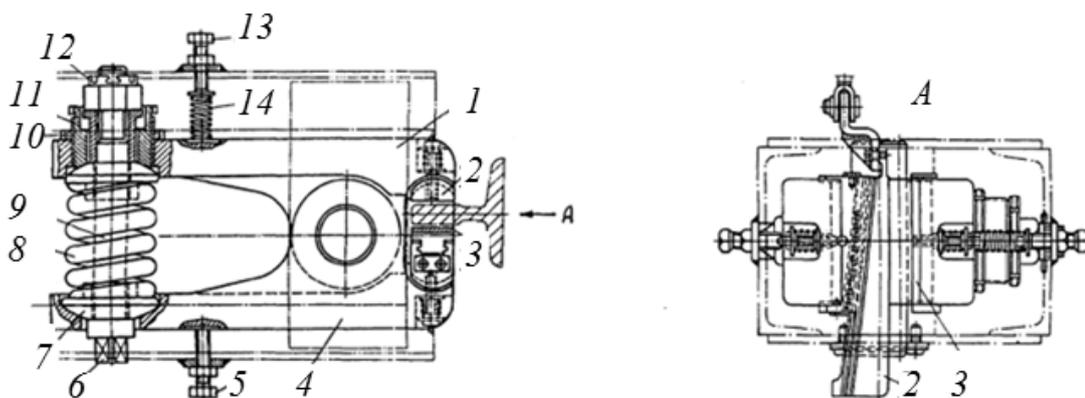
Ловители резкого торможения останавливают кабину и противовес на очень малом тормозном пути, измеряемым несколькими десятками миллиметров, поэтому область их применения ограничена лифтами со скоростью движения кабины не более 0,75 м/с. Клиновые ловители с зубьями работают с линейно изменяющейся тормозной силой о чем свидетельствует характерный треугольный след на более пластичной, чем зуб поверхности, направляющей.

Эксцентриковые и роликовые ловители с поперечной насечкой оставляют на поверхности след менее определенной формы глубиной до 1 мм.

**Ловители плавного торможения** имеют устройство, ограничивающее силу нормального давления на тормозные колодки с гладкой рабочей поверхностью. Тормозная сила на всем пути замедления сохраняет обычно постоянное значение, определяемое конструкцией или регулировкой.

Ограничение силы нормального давления до установленного уровня достигается применением предварительно сжатой пружины или упруго-деформируемого элемента конструкции.

В конструкции лифтов отечественного производства долгое время применялись клещевые ловители плавного торможения одностороннего типа (рисунок 6.2).



1, 4 – двуплечный рычаг; 2 – колодка тормозная; 3 – клин; 5, 13 – болт регулировочный; 6 – квадратный хвостовик болта; 7 – шайба опорная; 8 – пружина; 9 – болт; 10 – контргайка; 11 – втулка; 12 – гайка; 14 – пружина

Рисунок 6.2 – Клещевой односторонний ловитель плавного торможения

Рычаги 1 и 4 образуют клещи с шарниром, ось которого закреплена в балке вертикальной рамы каркаса кабины. С длинной стороны рычагов установлена предварительно сжатая пружина 8, а с противоположной – тормозная колодка 2 и клин 3, перемещающийся вертикально в пазу направляющей клиновой колодки.

При включении приводного механизма ловителей клин 3, поднимаясь

вверх, скользит по наклонному пазу колодки 2, касается поверхности направляющей кабины и, после самозаклинивания, раздвигает короткие плечи рычагов 1 и 4, включает в работу пружину 8. Сила предварительного сжатия пружины определяет величину силы нормального давления на тормозящие поверхности деталей 2, 3 и постоянство тормозной силы на всем пути замедления. Регулировка силы предварительного сжатия пружины 8 производится гайкой 12 и фиксируется на требуемом уровне контргайкой 10.

Величина суммарного зазора между боковыми поверхностями головки направляющей и тормозящими поверхностями ловителя регулируется втулкой 11 так, что при ввертывании втулки в резьбовое отверстие длинного плеча рычага 1 суммарный зазор уменьшается, а при вывертывании увеличивается.

Регулировка равенства зазоров между направляющей, колодкой 2 и клином 3 производится болтом 5 и возвратной пружинной 14, которая прижимает рычаги к торцу болта 5 так, что при ввертывании и вывертывании болта, клещи поворачиваются по или против часовой стрелки.

Концевые части рычагов, к которым крепится колодка 2 и клин 3, имеют возможность самоустановки благодаря наличию специальных пружин и цилиндрических опорных поверхностей.

Для уменьшения сил трения задняя наклонная поверхность клина 3 перемещается по роликовой батарее.

Очевидным достоинством клещевых ловителей является возможность легкой перенастройки на необходимую тормозную силу и установки на направляющие с разной шириной головки. Это позволило организовать массовое производство ловителей, которыми можно было установить практически на любой лифт при соответствующей настройке.

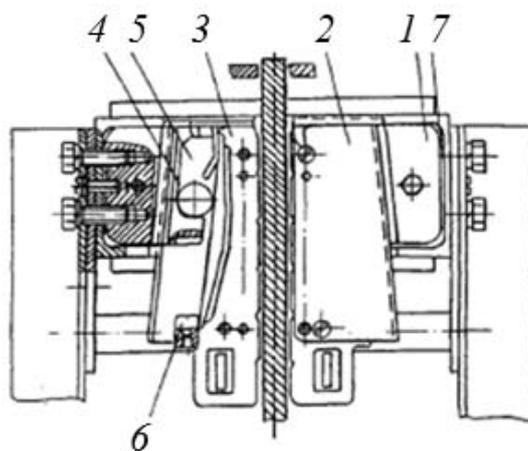
Заложенная в конструкции клещевых ловителей возможность регулировки тормозной силы и зазоров не исключала возможности ее нарушения в условиях эксплуатации и существенно усложнила конструкцию. Это послужило основанием для поиска более технологичных и простых решений.

Клиновые подпружиненные ловители плавного торможения АО КМЗ имеют более простую конструкцию, практически не требующую регулировки (рисунок 6.3).

Рассматриваемый тип ловителя имеет два, симметрично расположенных улавливающих устройства с упругим звеном, ограничивающим силу торможения.

При срабатывании ограничителя скорости рычаги приводного механизма поднимают клинья 3. Ролики 4 заклиниваются и деформируют пружину 7 на величину, определяемую вертикальным ходом клина и углом наклона пружины.

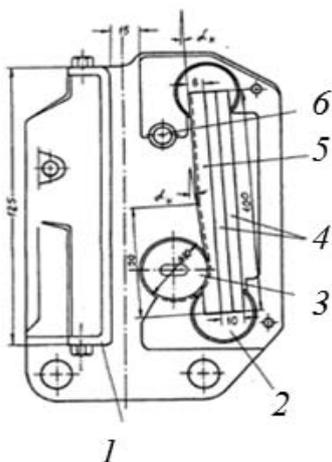
Сила нормального давления на тормозящие поверхности определяется жесткостью и прогибом пружины 7. Простая замена пружинной вставки позволяет изменять нормальное давление и тормозную силу ловителя. Ролик 4 с направляющей не взаимодействует и играет вспомогательную роль передачи нагрузки на деформируемое звено, поэтому ловитель данной конструкции можно считать роликовым лишь условно.



1 – колодка направляющая; 2 – щека; 3 – клин; 4 – ролик; 5 – пружина; 6 – упор; 7 – прокладка

Рисунок 6.3 – Подпружиненный ловитель с роликовым механизмом

Несомненный интерес также представляет конструкция роликового ловителя плавного торможения, которая применяется фирмой «ОТИС» (рисунок 6.4).



1 – корпус; 2 – поворотная опора; 3 – ролик; 4 – пластинчатые пружины; 5 – опорная пружина; 6 – болт ограничительный

Рисунок 6.4 – Роликовый ловитель плавного торможения

Ловители этого типа отличаются простотой конструкции и хорошо зарекомендовали себя в условиях эксплуатации в жилых и административных зданиях.

Ловитель имеет одностороннюю конструкцию. Улавливающее роликовое устройство располагается только с одной стороны направляющей. На другой стороне находится плоский башмак со сменной рабочей накладкой 4.

Литой корпус 1 крепится болтами к торцевому листу верхней балки каркаса кабины и на обратной стороне имеет упор, входящий в отверстие листа и разгружающий болты от действия тормозной силы.

Упругий элемент ловителя представляет собой двухопорную балку, состоящую из набора пластин 4, 5 шириной 25 мм, которые с небольшим натягом

вставляются в прорези опорных цилиндров 2, изготовленных из латуни. Опоры устанавливаются в цилиндрических расточках корпуса и могут свободно поворачиваться при деформации балки, обеспечивая условия статической определенности.

Передняя пластина 5 имеет центральную проточку, в которой свободно перемещается рабочая часть ролика с закаленной насечкой. Пластина имеет две рабочие поверхности с различными углами наклона.

Наличие переменного угла направляющей пластины 5 обеспечивает плавное и надежное самозаклинивание ролика и облегчает снятие кабины с ловителей.

## **6.2 Порядок выполнения работы**

Изучаются требования Правил к ловителям лифта, их устройство и принцип работы.

Экспериментальным путем определяется усилие, необходимое для срабатывания ловителя.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Укажите основные типы ловителей, применяемых в лифтах.
- 2 Требования Правил, предъявляемых к ловителям лифта.
- 3 Особенности конструкции ловителей резкого торможения.
- 4 Особенности конструкции ловителей плавного торможения.
- 5 Особенности конструкции роликовых ловителей плавного торможения.

## **7 Лабораторная работа № 7. Изучение конструкций и принципа действия ограничителя скорости**

**Цель работы:** изучить требования Правил к ограничителям скорости лифта; изучить устройство конструкций ограничителей скорости лифта и их принцип действия.

### **7.1 Общие сведения**

Ограничитель скорости представляет собой автоматическое устройство, предназначенное для приведения в действие ловителей при аварийном превышении скорости движения кабины (противовеса) вниз.

Согласно требованиям Правил ограничитель скорости должен срабатывать, если скорость движения кабины вниз превысит номинальную не менее чем на 15 % и не более чем:

– на 40 % для лифтов с номинальной скоростью кабины от 0,5 до 1,6 м/с включительно;

- на 33 % при номинальной скорости более 1,6 м/с до 4 м/с включительно;
- на 25 % при номинальной скорости более 4 м/с;
- до 0,7 м/с для лифта с номинальной скоростью менее 0,5 м/с.

При установке ловителей на противовесе ограничитель скорости может срабатывать при скорости, превышающей предельную величину, установленную для кабины, на 10 %.

Срабатывание ограничителя скорости должно приводить к включению ловителей.

Ограничитель скорости должен иметь устройство для проверки его работоспособности при движении кабины (противовеса) с номинальной скоростью.

Ограничитель скорости, у которого усилие включения ловителей создается только за счет сил трения между канатом и шкивом, должен иметь устройство для проверки достаточности силы трения.

В лифтах с приводом постоянного тока ограничитель должен иметь выключатель, контролирующий его срабатывание.

Ограничитель, приводящий в действие ловители противовеса, должен контролироваться выключателем.

Канат ограничителя скорости должен иметь натяжное устройство, контролируемое выключателем.

Ограничитель скорости должен быть отрегулирован и опломбирован предприятием изготовителем и снабжен табличкой с указанием наименования предприятия, заводского номера, года изготовления, номинальной скорости лифта и скорости срабатывания.

Ограничители скорости, независимо от конструктивного исполнения, состоят из шкива, охватываемого бесконечным канатом, имеющим жесткую кинематическую связь с приводным механизмом ловителей. Натяжение каната обеспечивается специальным натяжным устройством в приямке шахты.

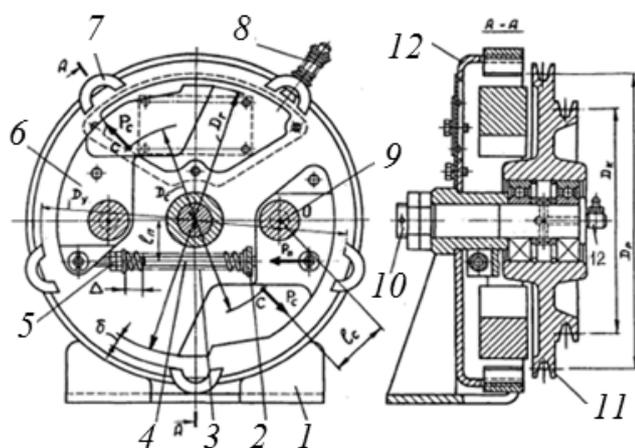
В качестве примера рассмотрим устройство ограничителя скорости с горизонтальной осью вращения (рисунок 7.1).

Основу конструкции составляет шкив 11, на задней стороне которого закреплены пальцы 9, на которых установлены грузы 6 центробежного устройства. Грузы шарнирно связаны между собой тягой 4, на которой установлена предварительно сжатая пружина 3. Пружина сжата гайками 5 относительно упора 2 с отверстием для прохода тяги 4.

На внутренней цилиндрической поверхности корпуса установлены неподвижные упоры 7 и подвижный упор 8.

Благодаря наличию тяги 4, синхронизирующей движение грузов в радиальном направлении, их силы тяжести оказываются уравновешенными и на работу ограничителя скорости влияния не оказывают.

При номинальной скорости движения кабины (противовеса) на грузы действуют центробежные силы  $P_c$  и сила предварительного сжатия пружины  $P_n$ . Сила сжатия пружины регулируется так, чтобы она уравновешивала центробежные силы грузов и обеспечивала гарантированный радиальный зазор  $\delta$  между неподвижными упорами 7 и заостренными концами грузов при номинальной скорости кабины.



1 – корпус; 2 – упор; 3 – пружина; 4 – тяга; 5 – гайки регулировочные; 6 – груз; 7, 8 – упоры неподвижный и подвижный; 9 – палец шарнира; 10 – ось; 11 – рабочий цилиндр; 12 – масленка

Рисунок 7.1 – Ограничитель скорости центробежного типа с горизонтальной осью вращения

При аварийном превышении скорости растет число оборотов шкива ограничителя скорости, и центробежные силы начинают раздвигать грузы от центра к неподвижным упорам 7 до момента их сцепления.

Шкив останавливается и его обод тормозит канат, связанный с приводным механизмом ловителей. Если сила трения между канатом и ободом больше силы сопротивления включению ловителей, они сработают и остановят кабину.

Если сила трения недостаточна, включение ловителей не произойдет.

Возможны две причины недостаточности силы трения: уменьшение тяговой способности рабочего шкива ограничителя в результате износа канавки; обрыв или уменьшение натяжения каната ограничителя скорости.

При аварийном превышении скорости ограничитель может не сработать при повышенном сопротивлении в шарнирах подвески грузов или неправильной настройке пружины.

Реальная возможность нарушения работы ограничителя скорости делает необходимым применение средств контроля его работоспособности.

Для проверки правильности настройки ограничителя на расчетную скорость срабатывания применяется контрольный шкив меньшего диаметра. Обычно диаметр контрольного шкива имеет такую величину, чтобы при переброске на него каната, частота вращения увеличивалась бы более чем на 15 %, но не больше предельного значения, установленного Правилами.

Проверка надежности сцепления каната с ободом ограничителя скорости производится посредством подвижного упора 8. На упор 8 следует нажать при движении кабины вниз с номинальной скоростью. Если исправные ловители сработают, сила сцепления имеет достаточную величину. В противном случае следует выяснить причину нарушения и устранить ее.

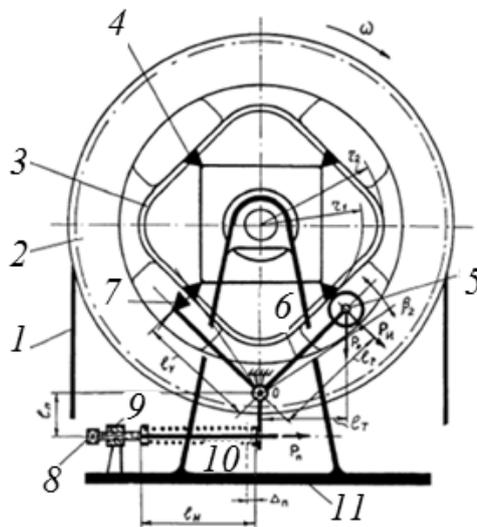
Если велик износ рабочего шкива, следует заменить ограничитель скорости на заведомо исправный и проверить его работоспособность аналогичным способом.

### Конструкция ограничителя скорости с инерционным роликом.

Конструкция ограничителя скорости с инерционным роликом давно применяется в зарубежной практике. Такими ограничителями оборудуются лифты фирмы KONE (Финляндия), ОТИС (США) и других производителей лифтов. В нашей стране они не применялись, т. к. ПУБЭЛ [6] требовал наличия контрольного шкива, который в этой конструкции отсутствовал. В настоящее время положение меняется в связи с развитием рыночной экономики и расширением сферы использования лифтов зарубежных фирм.

Конструкция ограничителя отличается простотой, удобством доступа ко всем его частям и надежностью работы. Ее основу составляет шкив, свободно вращающийся на оси, закрепленной в опорной раме. На задней стороне шкива имеется четырехгранник со скругленными вершинами, по поверхности которого катится тяжелый ролик с резиновым ободом.

Устройство и принцип действия ограничителя наглядно демонстрируется его схемой (рисунок 7.2).



1 – канат; 2 – шкив; 3 – четырехгранный кулачок; 4 – упор; 5 – ролик; 6 – рычаг; 7 – зуб рычага; 8 – винт регулировки силы сжатия пружины; 9 – опора с резьбой; 10 – пружина с направляющим стержнем; 11 – опорная рама

Рисунок 7.2 – Конструктивная схема ограничителя скорости с инерционным роликом

Основу конструкции ограничителя скорости с инерционным роликом составляет шкив 1, свободно вращающийся на оси, закрепленной в опорной раме 11. На задней стороне шкива имеется четырехгранник 3 со скругленными вершинами, по поверхности которого катится тяжелый ролик 5 с резиновым ободом. Ролик установлен на конце равноплечего качающегося рычага 6, противоположный конец которого выполнен в форме зуба 7.

На торцевой части четырехгранного кулачка 3 имеются упоры 4 клиновидной формы, расположенные в одной плоскости с внутренним квадратом.

Ролик прижимается к ободу квадратного кулачка усилием предварительно сжатой пружины 10 так, что при вращении шкива с номинальной скоростью он

следит за его поверхностью, совершая вынужденные кинематические колебания относительно оси рычага. Сила начального натяжения пружины уравнивает действие силы тяжести ролика и действие инерционной силы при номинальной частоте вращения.

При аварийном превышении скорости, под действием сил инерции, ролик 5 отрывается от поверхности кулачка и зуб 7 сцепляется с упором 4, останавливая шкив.

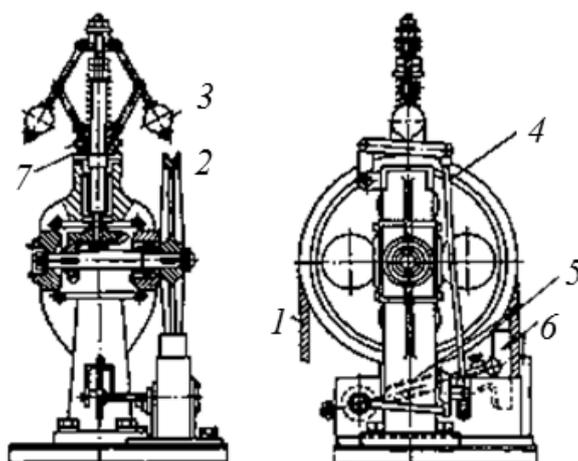
Работа ограничителя контролируется выключателем, который приводится в действие в момент сцепления зуба 7 с упором 4.

Контроль достаточности сил сцепления каната с ободом шкива ограничителя скорости осуществляется путем нажатия на специальный кронштейн, закрепленный на рычаге со стороны ролика. Зуб 7 сцепляется с упором 4 и останавливает шкив. Все происходит так, как и при нажатии на подвижный упор ограничителя скорости центробежного типа.

### **Конструкция ограничителя скорости с вертикальной осью вращения.**

Рассмотренные выше ограничители скорости с жесткой системой стопорения шкива не могут применяться в скоростных лифтах из-за значительной динамики соударения жестких упоров.

Монопольное место в лифтах с повышенными скоростями движения заняла конструкция ограничителя скорости вертикального (шпиндельного) типа, с разделением функций контроля превышения скорости и торможения каната (рисунок 7.3).



1 – канат; 2 – шкив; 3 – груз центробежного устройства; 4 – тяга; 5 – пружина; 6 – колодки тормозные; 7 – муфта

Рисунок 7.3 – Ограничитель скорости с вертикальной осью вращения

Для передачи движения от горизонтального вала шкива 2 на вертикальный вал шпинделя используется коническая зубчатая передача.

При вращении шкива 2 с аварийным превышением скорости увеличивается величина центробежных сил, действующих на грузы 3, которые расходятся в

стороны от вертикальной оси вращения и поднимают вверх муфту 7. Последняя посредством тяги 4 освобождает предварительно сжатую пружину 5 и тормозные колодки 6 сжимают канат 1. Сила предварительного сжатия пружины определяется величиной силы торможения каната, необходимой для надежного включения ловителей.

Проверка работоспособности ограничителя производится воздействием на рычаг, освобождающий пружину и включающий механизм торможения каната.

## ***7.2 Порядок выполнения работы***

Изучаются требования Правил к ограничителям скорости лифта, их устройство и принцип работы.

Определяется скорость срабатывания ограничителя.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Требования Правил к ограничителям скорости.
- 2 Принцип работы ограничителя скорости лифта.
- 3 Особенности конструкции ограничителей скорости с горизонтальной осью вращения.
- 4 Особенности конструкции ограничителей скорости с вертикальной осью вращения.
- 5 Особенности конструкции ограничителей скорости с инерционным роликом.

## **8 Лабораторная работа № 8. Изучение конструкции, назначения и области применения противовесов**

**Цель работы:** изучить устройство конструкций противовесов лифта, принцип их действия и область применения.

### ***8.1 Общие сведения***

Противовесы применяются в лифтах с целью уменьшения необходимой мощности привода за счет уравнивания силы тяжести кабины и части массы груза.

В лифтах с КВШ противовес, наряду с этим, обеспечивает натяжение канатов, необходимое для надежного сцепления канатов с ободом шкива.

Конструкция противовеса должна отвечать требованиям безопасности Правил.

Основу конструкции противовеса составляет несущий каркас с устройством канатной подвески и башмаками.

При применении роликовых башмаков, в средней части боковых стоек каркаса устанавливаются жесткие контрольные башмаки для исключения

возможности выхода противовеса из плоскости направляющих в аварийных ситуациях.

Канаты закрепляются на верхней балке каркаса с помощью пружинной подвески или огибают блоки, если в конструкции лифта используется полиспаг.

Рамы противовеса заполняются набором железобетонных или чугунных грузов исходя из расчетного значения коэффициента уравновешивания менее  $p$  и массы каркаса.

Масса каркаса, в зависимости от конструктивного исполнения и грузоподъемности лифта, составляет 5 %...15 % расчетной массы противовеса. В конструкции каркаса предусматриваются устройства для неподвижной фиксации набора грузов в каркасе.

Поперечные размеры в плане определяются соответствующими размерами грузов. Габаритная высота противовеса обычно соизмерима с высотой кабины.

На рисунке 8.1 представлен вариант типовой конструкции противовеса с пружинной подвеской, применяемый в лифтах отечественного производства.

Несущий каркас противовеса изготавливается из стального проката или гнутого стального профиля.

В целях экономии материала иногда применяются противовесы, не имеющие жесткого каркаса. Конструкция бескаркасного противовеса состоит из верхней и нижней балки, между которыми располагается набор грузов, стянутых двумя вертикальными болтами, проходящими через сквозные отверстия. Недостатком такого решения является сложность регулировки коэффициента уравновешивания груза кабины.

В противовесах применяются чугунные и железобетонные грузы различной формы и размеров.

Масса груза не должна превышать 60 кг из условия возможности подъема двумя рабочими.

Корректировка величины коэффициента уравновешивания груза производится путем снятия или добавления необходимого количества грузов.

С целью снижения трудоемкости этого процесса, в зарубежной практике применяются конструкции противовесов с двумя рядами грузов уменьшенной массы, разделенными центральными стойками каркаса (рисунок 8.2).

## **8.2 Порядок выполнения работы**

Работа проводится в аудитории по расписанию деканата, где студенты изучают устройство противовесов лифта, их принцип работы и область применения, приводят в отчете соответствующие схемы.

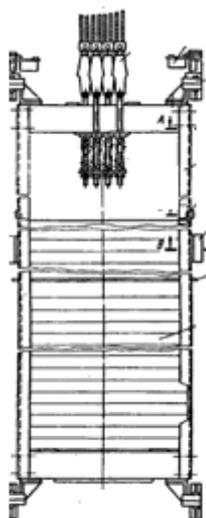


Рисунок 8.1 – Схема конструкции противовеса с пружинной подвеской

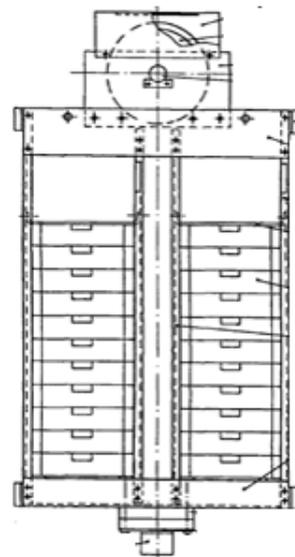


Рисунок 8.2 – Противовес лифта фирмы «ОТИС» с полиспастной подвеской

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Для каких целей применяются противовесы в лифтах?
- 2 Конструкция противовеса с пружинной подвеской.
- 3 Какие грузы применяются в противовесах?
- 4 Конструкция противовеса с полиспастной подвеской.
- 5 Преимущества и недостатки бескаркасных противовесов.

### **Список литературы**

- 1 Лифты: учебник / Под общ. ред. Д. П. Волкова. – Москва : Ассоциация строительных вузов, 1999. – 480 с.
- 2 Лифты электрические пассажирские. Параметры, контролируемые при проверке исправности / Под ред. В. М. Дудко. – Люберцы; Владимир: ФОЛИАНТ, 2000. – 95 с.
- 3 **Полетаев, А. А.** Эксплуатация лифтов. Вопросы и ответы : справочник / А. А. Полетаев. – Москва : Стройиздат, 1991. – 197 с.
- 4 **Полковников, В. С.** Монтаж лифтов : учебник / В. С. Полковников, Е. В. Грузинов, Н. А. Лобов. – Москва : Высшая школа, 1981. – 279 с.
- 5 **Полковников, В. С.** Монтаж и эксплуатация лифтов / В. С. Полковников, Е. В. Грузинов, Н. А. Лобов. – Москва : Высшая школа, 1987. – 257 с.
- 6 Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов [Электронный ресурс]: постановление М-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 30.12.2020 г., № 56 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22136433p&p1=1>. – Дата доступа: 20.12.2022.

**7 ПБ 10-558–2003.** Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов. – Москва: НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2003. – Сер. 10, вып. 26. – 176 с.