ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

ЛИФТЫ И ПОДЪЕМНИКИ

Методические рекомендации к практическим занятиям для студентов направления подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно- технологические комплексы» дневной формы обучения

Могилев 2018

УДК 621.876
ББК 39.9
Л 64

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины» «6» февраля 2018 г., протокол № 8

Составитель канд. техн. наук В. А. Судакова

Рецензент канд. техн. наук А. Е. Науменко

Методические рекомендации предназначены для студентов направления подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно- технологические комплексы» дневной формы обучения.

Учебно-методическое издание

ЛИФТЫ И ПОДЪЕМНИКИ

Ответственный за выпуск И. В. Лесковец

Технический редактор С. Н. Красовская

Компьютерная верстка Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 24.01.2014.
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский
университет», 2018

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Содержание

1 Лифты завода «Могилевлифтмаш» и мировых производителей..... 4
2 Определение КПД лебедки с червячной передачей..... 13
3 Исследование тяговой способности КВШ..... 30
4 Механизмы открывания дверей шахты и кабины.....34
Список литературы …….. 43

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

1 Лифты завода «Могилевлифтмаш» и мировых производителей

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

Порядок выполнения работы

Работа проводится в аудитории по расписанию деканата, где студенты знакомятся с конструкциями лифтов и тенденциями развития мировых производителей фирм KONE, OTИС, 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.

Лифты ведущих мировых производителей

Элайша Грейвс Отис положил начало новой отрасли промышленности в 1852 г., когда изобрел безопасный лифт в г. Йонкерс (США). Год спустя он организовал компанию **ОТИС Элевейтор** (рисунок 1.1), которая первой в мире начала промышленное производство лифтов. Уже почти полтора века ОТИС по сути является мультинациональной компанией, работающей практически во всех странах мира.

Рисунок 1.1 – Лифт фирмы ОТИС

Первый лифт ОТИС установил в Санкт-Петербурге в 1893 г. во времена правления Александра III. Сто лет спустя компания снова вернулась в Россию, создав несколько совместных предприятий. Завод в Санкт-Петербурге производит более сотни основных моделей и модификаций пассажирских лифтов. Являясь самым новым лифтостроительным заводом в Европе, предприятие стало

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

лидером в технологии, впервые в России начав производство лифтов в вандалостойком исполнении, лифтов с микропроцессорной системой управления, лифтов со скоростью 1,6 м/с, лифтов для перевозки пожарных подразделений и др.

Продукция завода отвечает европейским стандартам качества. Это подтверждается тем, что в России и СНГ только завод ОТИС в Петербурге аттестован по европейскому стандарту ИСО–9000.

2 февраля 2000 г. ОТИС объявил о начале производства революционно нового лифта «Gen 2». В конце 2000 г. был заказан уже тысячный лифт. Такие темпы продаж нового лифта – самые быстрые в истории компании «ОТИС».

Конструкция лифта «Gen 2» 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 «Gen 2» 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.

Предлагается лифтовая система, которая занимает минимум объема, обеспечивая при этом максимум комфорта. Конструкция лебедки и ее тормоза, стальные ремни с полиуретановым покрытием обеспечивают практически бесшумную работу. Платформа кабины с помощью резиновых прокладок полностью изолирована от конструкции рамы кабины, что снижает уровень шума внутри кабины. Цифровая система векторного управления движением лифта обеспечивает исключительно плавный ход кабины. Микропроцессорная система управления прошла многочисленные испытания и статистический анализ дефектов в лабораториях компании. Лебедка прошла испытания в режиме перегрузок, который позволил проверить ее надежность в течение всего срока службы. Стальные ремни прошли температурные испытания (от минус 20 до плюс 60 °С) и испытания на воздействие агрессивных сред.

Система «Gen 2» соответствует самым последним европейским нормам безопасности (лифтовая директива 95/1 6/СЕ). 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 «Gen 2» (рисунок 1.2) абсолютно не нуждаются в масле. Герметичные подшипники, а также ремни с полиуретановым покрытием, в отличие от традиционных канатов, не требуют смазки, тем самым исключается риск попадания смазочных материалов в среду здания, что особенно важно для музеев, архивов, медицинских учреждений и других подобных объектов.

Особо следует отметить очень малые расходы электроэнергии, что достигается очень высоким (90 %) КПД лебедки.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Рисунок 1.2 – Отличия «Gen 2»

На лифтовом рынке России появился действительно революционный лифт, отвечающий самым взыскательным требованиям по дизайну и комфорту, надежности и безопасности.

Оформлены первые заказы на лифты «Gen 2» для Санкт-Петербурга. Среди заказчиков Государственный Эрмитаж, универмаг «Московский» и Коммерческий Центр «Питер».

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 (ранее – только 0,5 м/с). Грузоподъемность увеличена до 5 т (ранее – до 4 т). Глубина кабины теперь может достигать 6 м (ранее – не более 4 м). Максимальная высота подъема увеличена от 20 до 70 м. Новые возможности грузовых лифтов позволяют использовать их в качестве автомобильных. При этом лифты KONE TranSys имеют существенные технические преимущества и меньшую стоимость.

В свое время KONE совершила революцию в лифтостроении, создав лифты без машинного помещения. Теперь новейшее революционное решение: лифты KONE MaxiSpace, не требующие машинного помещения и противовесов.

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

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

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

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

Этажей в нём 101, различных лифтов – 67, в том числе два мировых рекордсмена (они ходят только до 89 этажа). Это лифты от Toshiba, стоимостью более 2 млн долл. каждый.

При подъёме они развивают скорость 1010 м/мин (почему-то именно в этих единицах очень часто указывают скорость «лифтовые» сайты). Это 60,6 км/ч или 16,83 м/с. 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; а у распространённых скоростных лифтов в административных небоскрёбах – 3,5. редко 5...10.

В деловом центре Taipei 101 на 89 этаж, расположенный на высоте 388 м, лифт Toshiba взлетает за 38 с. Спуск занимает на 10 с больше.

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

Причём, тут речь не о количественном сравнении таких лифтов с обычными, а о качественном. Инженерам приходится решать множество сложных задач: преодоление сопротивления воздуха в шахте; подавление вибраций разнообразного происхождения; подавление шума; плавный, но быстрый разгон; надёжные аварийные системы, способные остановить падающий с чудовищной скоростью лифт, и т. д.

Огромной проблемой становится трос. Из какого бы материала его ни делали, он всегда будет иметь собственную резонансную частоту колебаний, постоянно меняющуюся по мере разматывания/сматывания.

А тут ещё собственные сверхнизкие резонансные частоты колебания самой высотки накладываются. Да, за трос нужно «дёргать» весьма сильно –

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

разгон в таких лифтах ещё в пределах допустимого с точки зрения комфорта, но всё же мощный.

Обтекаемая кабина призвана не только сократить расход энергии, но и уровень шума. Она дополнена такими «колпаками», которые уводят большую часть воздуха в стороны и к задней стенке лифта (т. к. через двери слышно, что происходит снаружи, гораздо лучше).

Разумеется «по кругу» есть хорошая звукоизоляция. Так что уровень шума на максимальной скорости – ничтожные 45 децибел – это тише, чем в иных лифтах с меньшей скоростью в десять раз.

Ещё тут установлена первая в мире система кондиционирования, контролирующая давление воздуха внутри кабины лифта и уменьшающая «декомпрессионный» дискомфорт при быстром перемещении по вертикали.

Кабина 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

Очевидно, на этапах разгона/торможения можно выгадать секунды, в течение которых система может интенсивнее накачивать/откачивать воздух из кабины, по сравнению с тем изменением давления, которое наблюдалось бы в негерметичной кабине.

Максимальные же скорости изменения давления при этом падают на 37 %, хотя суммарную величину этого перепада изменить нельзя – это зависит от разности высот этажей.

Кремниево-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 подавитель 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 нарас-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

тания ускорения (замедления), обеспечивая не только безударный старт, но и минимальное влияние на колеблющийся трос.

А что же Mitsubishi? Её сверхскоростные лифты во многом похожи на лифты компании-соперницы. Аэродинамическая кабина, шумо- и виброподавители. Интеллектуальная система контроля тяги с обратной связью (рисунок 1.5).

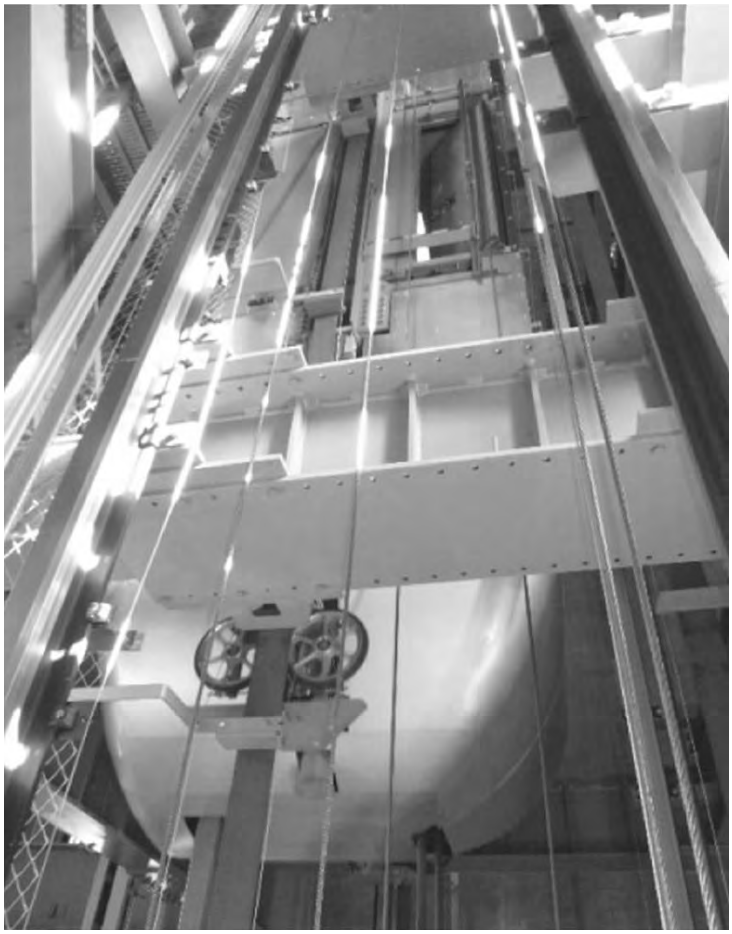


Рисунок 1.5 – Интеллектуальная система контроля тяги с обратной связью

Именно на примере ее самых «навороченных» лифтов мы увидим, что современные подъемники-рекордсмены не только быстры, но и обладают зачатками интеллекта.

А как еще назвать способность лифтов к обучению и встроенную нейросеть, размышляющую о психологии пассажиров? Это уже не фантастика, а серийные модели лифтов от Mitsubishi.

Компания Wittur (Германия) разработала еще одну лифтовую концепцию без машинного помещения. Задачей было интегрировать новый привод witty 2 (рисунок 1.6) 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

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

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 1.6 – Новый привод компании Wittur (Германия)

Поскольку несущие витые канаты из высокопрочной проволоки имели диаметр менее 8 мм, и не отвечали, таким образом, предписаниям стандарта EN 81-1, они были подвергнуты длительному испытанию в Научном институте подъемно-транспортного оборудования и логистики в г. Штуттгарте (Германия).

Результат испытаний – долговечность каната по сравнению с другими выше среднего, по причине сберегающей канат формы канавки шкива. Особенность двойной обводки на шкиве позволяет, кроме того, использовать кабину относительно малого веса. Выигрышный коэффициент полезного действия шахты достигается подвеской кабины по центру в соотношении 2:1.

На первом этапе внедрения разработки на рынке привод рассчитан на номинальную грузоподъемность до 675 кг. В настоящее время существуют 20 различных решений с центрально-отворяющимися или телескопическими дверьми. Эти варианты соответствуют или превосходят требования стандартов ISO 4190 и EN 81–70 по таким показателям, как общий размер шахты и минимальные размеры при односторонней и сквозной загрузке для соответствующих технических решений.

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

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

высоту оголовка шахты, уменьшить приямок шахты и повысить номинальные грузоподъемности.

В Останкинской телебашне пущен в эксплуатацию новый скоростной лифт – после пожара, произошедшего в 2000 г., башня была недоступна для туристов; большие неудобства в связи с отсутствием лифтовых кабин испытывали и работники Останкино.

Всего инженерами установлено семь лифтов: три обычных обеспечивают работу персонала башни, четыре скоростных лифта рассчитаны на туристов (три лифта для подъема на смотровую площадку; один – для транспортировки блюд из кухонного комплекса, расположенного на первом этаже здания – в ресторан).

Процесс введения лифтов в эксплуатацию напрямую влияет на открытие ресторана «Седьмое небо». После запуска лифтов, необходима их аттестация и сертификация – уникальные лифты были разработаны фирмой «Харрис» специально для Останкино.

Появилась необходимость обучить лифты нечеткой логике. Если два человека ждут лифт на третьем этаже, чтобы ехать на восьмой и двадцатый, а один на пятом желает на сорок шестой – к кому отправится лифт в первую очередь? Японские инженеры обучили лифты нечёткой логике и даже интуиции (рисунок 1.7).

Рисунок 1.7 – Лифт нечеткой логики

Такие лифты строит Mitsubishi Electric. Её самая передовая система, управляющая бегом группы «подъёмников» (от 3 до 8 шт.), называется Al Supervisory Control 2200.

А1, 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.

Цель – чтобы каждый человек ожидал «свой» лифт как можно меньше

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

времени, а все пассажиры в целом – добрались до нужных этажей как можно быстрее (рисунок 1.8).

Рисунок 1.8 – Панель лифта

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

Это принимается во внимание при выборе – к кому отправить кабину в первую очередь. Да, ещё ожидать лифт тем нетерпимей, чем ближе человеку нужно проехать. Компьютер ещё и сравнивает время ожидания со временем последующей поездки. Но как же система узнаёт, кому куда нужно?

Пульты вызова на этажах – это не две кнопки (вверх-вниз), как у других лифтов (тем более, не одна, как в совсем уж простых моделях) – а копия внутрикабинного пульта с полным набором этажей. Подходишь и жмешь пункт назначения. При этом табло, расположенное над головой ожидающих, высвечивает не бесполезную информацию – где лифт находится сейчас, а 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.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Как только пассажир нажал кнопку вызова, система мгновенно вычисляет всю ситуацию и даёт сигнал – огонёк со звонком у той двери, которая откроется для этого человека. А второй раз повторяет приглашение, когда кабина действительно прибыла.

Обучением предпочтениям служащих в здании, прогнозом вызовов и прочими интуитивными в какой-то мере вещами в Al Supervisory Control 2200 занимается искусственная нейронная сеть.

В дополнение Mitsubishi придумала кабину, в которой вместо обычного пульта управления лифтом – два больших цветных жидкокристаллических дисплея чувствительных к прикосновению пальцев.

Они выполняют сразу много функций. Высвечивают виртуальные «кнопки» этажей с подписями, показывающими фирмы или помещения (тренажёрный зал, ресторан), находящиеся на этих этажах, отображают направление движения и выбранные этажи, а заодно – рекламу.

Мировой рекорд скорости лифта – подъём на высоту 388 м за 38 с, причём это время включает разгон и торможение.

Контрольные вопросы

1 Ведущие мировые фирмы, производящие лифты.
2 Кто впервые изобрел лифт?
3 Когда в России был установлен первый лифт?
4 Фирма ОТИС в России. Характеристика лифтов.
5 Особенности конструкции лифта «Gen 2».
6 Фирма KONE в России. Характеристики лифтов.
7 Лифты фирмы Toshiba.
8 Лифты фирмы Mitsubishi.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

2 Определение КПД лебедки с червячной передачей

Цель работы: изучить требования правил устройства и безопасной эксплуатации лифтов (ПУБЭЛ) к лебедкам лифтов, оценить достоинства и недостатки различных лебедок лифтов, определить КПД лебедки с червячной передачей.

Порядок выполнения работы

Работа проводится в аудитории по расписанию деканата, где студенты знакомятся с требованиями ПУБЭЛ к лебедкам лифтов, проводят сравнительный анализ лебедок лифтов, определяют КПД лебедки с червячной передачей.

Требования ПУБЭЛ к лебедкам лифтов

На лифтах могут применяться следующие типы лебедок: со шкивом или барабаном трения, с использованием канатов или ремней; барабанная с каната-

ми; со звездочкой и цепью (цепями).

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.

Для передачи крутящего момента от электродвигателя допускается применение ременной передачи. Количество ремней должно быть не менее двух.

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:

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

– 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 град;

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

Общие характеристики лебедок лифтов

Безредукторные лебедки обычно используются при скоростях больше 2,5 м/с; тогда как лебедки с редукторным приводом применяются при меньших скоростях.

Прямозубые зубчатые передачи периодически использовались в прошлом, но с усовершенствованием методов проектирования и технологии производства червячная передача стала общепринятым стандартом для лифтовых редукторных лебедок.

Изготовители лифтов Otis Elevator Co. и Mitsubishi Electric Corp. представили редукторные лифтовые лебедки для номинальной скорости до 5 м/с, применяя двухступенчатые косозубые цилиндрические передачи с высоким коэффициентом полезного действия.

Лебедка оборудована трехфазным мотором, а управление скоростью достигается с помощью преобразователя частоты.

Косозубые цилиндрические зубчатые передачи предполагается использовать при скорости больше 2,5 м/с, тогда как при меньших скоростях стандартным решением будет оставаться червячная передача.

Червячная передача иногда используется в сочетании с ременной или дополнительной парой прямозубых цилиндрических зубчатых колес (грузовые лифты повышенной грузоподъемности).

Лебедки с ременной передачей клиновым или зубчатым ремнем, должны оборудоваться не менее, чем тремя ремнями, работающими параллельно.

Минимальный коэффициент запаса разрывного усилия ремня – 10.

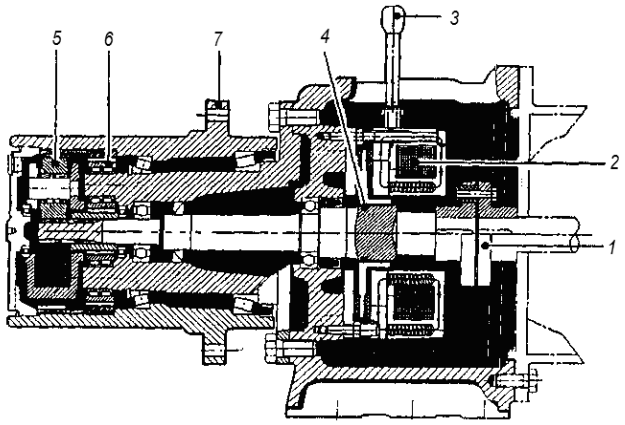
На рынке появился ряд конструкций лебедок, оборудованных планетарными передачами.

Лебедки с планетарной передачей

На рисунке 2.1 представлена лебедка для пассажирских и грузопассажирских лифтов с планетарной передачей компании Zahnradfebrik Passau GmbH (Германия). В этой компактной лебедке применяется двухступенчатая

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

планетарная зубчатая передача, встроенная в корпус, к фланцу которой болтами крепится шкив.



1 – соединительная упругая муфта, *2* – электромагнит дискового тормоза, *3* – ручной рычаг подключения тормоза, *4* – уплотнительное кольцо, *5* – первая ступень зубчатой передачи, *6* – вторая ступень зубчатой передачи, *7* – фланец крепления шкива

Рисунок 2.1 – 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 довольно небольшая, компактная, зубчатая передача имеет высокий коэффициент полезного действия, а распределение энергии по нескольким планетарным колесам двух ступеней гарантирует долгий срок службы и бесшумную работу.

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 2.2.

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.

Вал двигателя выведен на внешнюю сторону для установки штурвала ручного привода, который может быть использован в случае аварии.

Тяговый шкив установлен консольно.

Колодочный тормоз внешнего сжатия установлен между двигателем и ре-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

дуктором и обеспечивает интегральный контроль износа.

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.

Рисунок 2.2 – Лебедка EPD с планетарной зубчатой передачей (Alpha Getriebebau GmbH)

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 2.3) 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. Эти лебедки компания продолжает выпускать. Роланд Ставинога модернизировал первоначальную конструкцию.

Лифтовая лебедка очень простой конструкции, как показано на рисунке 2.3, 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.

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 подвески с кратностью 4:1).

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

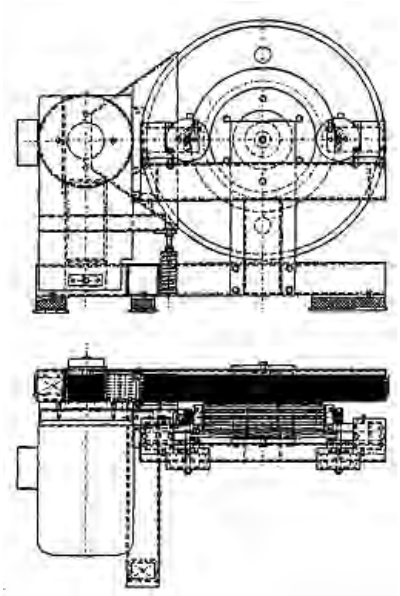


Рисунок 2.3 – Чертеж лебедки с клиноременным приводом (Ingenieurburo für Aufzugtechnik)

Обычно применяется асинхронный односкоростной двигатель на 1500 об/мин с регулированием скорости частотным преобразователем.

Двигатель с приводным блоком смонтирован на стальной конструкции рамы лебедки.

Пружина, установленная на приваренном к раме кронштейне, обеспечивает постоянное натяжение ремней.

Резиновые прокладки или блоки амортизаторов установлены между опорной рамой лебедки и опорными балками, чтобы уменьшить передачу вибрации на примыкающие конструкции здания.

Управляемый сдвоенный дисковый тормоз действует непосредственно на шкив. Диск отлит вместе со шкивом, соединенным болтами с приводным блоком. Так как требуемый тормозной момент на шкиве значительно выше, чем на скоростном валу, применение эффективного дискового тормоза совершенно необходимо.

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 2.4.

Первоначально применявшиеся клиновые ремни были заменены зубчатыми ремнями.

Существует несколько известных производителей этого типа ремня.

На рисунке 2.5 изображен зубчатый ремень для тяжелого режима работы с необработанной кромкой, выпущенный компанией ContiTech Antriebssysteme GmbH.

Ремень выполнен из высококлассного эластомерного состава на основе полихлоропрена; растянутые элементы (компоненты прочности), выполненные из

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

полиэстерного корда, включены в основу ремня для увеличения передаваемой мощности и уменьшения рабочего удлинения.

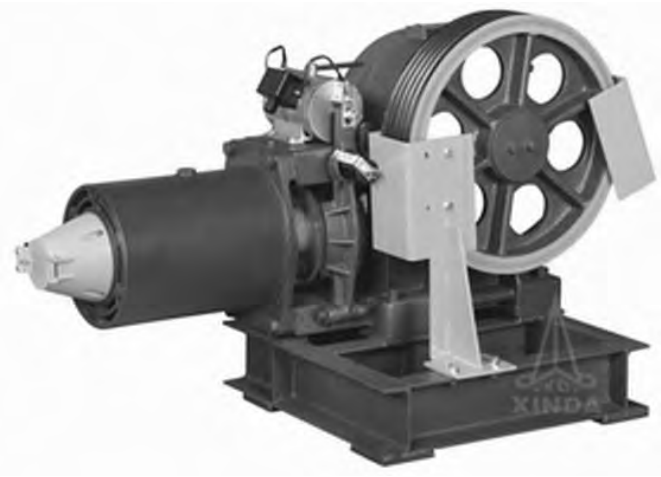


Рисунок 2.4 – Лебедка с клиноременным приводом (Ingenieurburo für Aufzugtechnik)

Рисунок 2.5 – Зубчатый клиновый ремень (ContiTech Antriebssysteme GmbH)

Движущие силы, действующие в сечении ремня, предаются растянутым элементам через прорезиненную основу. Прорезиненная основа ремня включает волокна, которые уложены в поперечном направлении так, чтобы ремень мог сопротивляться изгибу. Гибкость ремня увеличивается за счет спрофилированной зубчатой конструкции, уменьшающей напряжения изгиба и тепловыделение; она также допускает использование приводных блоков меньшего диаметра. Клиновые ремни ContiTech обладают антистатическими свойствами, устойчивы к экстремальной температуре и износу.

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

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

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).

Лебедки с волновой передачей

Принцип такой передачи энергии был запатентован в США в 1955 г.

Хотя волновая передача (рисунок 2.6) 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.

Рисунок 2.6 – Редуктор волновой передачи (Harmonik Drive GmbH)

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 2.7 и описана ниже.

1 Исходное состояние.

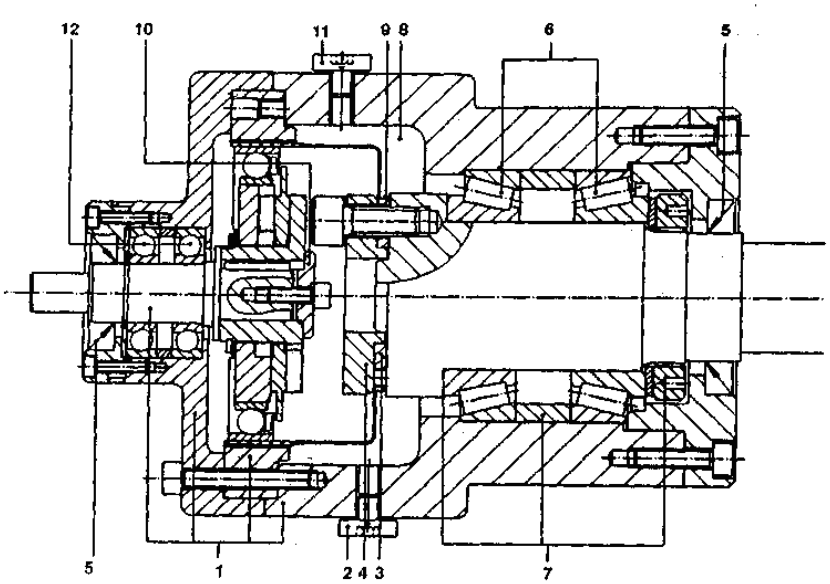
2 Когда волновой генератор начинает вращаться в направлении по часовой стрелке, зона контакта зубьев перемещается с главной осью эллипса (90°).

3 Когда волновой генератор повернулся на 180° по часовой стрелке, гибкое колесо повернулась на один зуб в противоположном направлении,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

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.



1 – скоростной вал; внешнее опорное колесо и корпус; *2* – выходное отверстие для масла, *3* – гибкое колесо, *4* – прижимное кольцо *5* – уплотнение тихоходного вала, *6* – роликовые подшипники тихоходного вала, *7* – гайка и распорные кольца для регулирования правильного осевого положения гибкого колеса, *8* – воздушный вентиляционный канал, *9* – гибкое колесо, *10* – опорная шайба крепления волнового генератора на скоростном валу, *11* – пробка для заливки масла, *12* – шариковые подшипники скоростного вала

Рисунок 2.7 – Волновая передача (Harmonik Drive GmbH)

Относительной перпендикулярности и соосности трех основных компонентов должно быть уделено огромное внимание, так же, как и обеспечению рекомендуемых допусков на изготовление.

Точная сборка зубчатой передачи – необходимое условие достижения безупречного функционирования, высокого коэффициента полезного действия, надежности и долговечности всех компонентов системы.

Волновая передача имеет ряд преимуществ:

– высокая перегрузочная способность по крутящему моменту из-за передачи энергии зацеплением многочисленных зубьев;

– волновой привод 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; при стендовых испытаниях его величина составляла около 0,85;

– минимальный износ и долгий срок службы всех компонентов;

– высокая крутильная жесткость;

– небольшие размеры редуктора.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Безредукторные лебедки

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 могут использоваться несколько систем. Со старыми конструкциями привода постоянного тока использовалась система регулирования напряжения посредством установки генератора двигателя (Ward-Leonard). Результатом её применения было обеспечение хорошей комфортности передвижения и точного выравнивания на каждой остановке независимо от нагрузки кабины и направления движения.

Однако стоимость монтажа была сравнительно высокой, необходимо было пространство для размещения оборудования мотор – генератора, требовалось дополнительное техническое обслуживание коллектора и щеток быстроходного генератора и общие потери (применялось минимум три вращающихся компонента) уменьшали общий коэффициент полезного действия лебедки.

Чтобы избежать недостатков системы Ward-Leonard (установка мотор-генератора) её можно заменить на систему Thyristor-Leonard (установка статического преобразователя). Она включает два полностью управляемых трехфазных моста. Среднее значение постоянного тока контролируется управляемым тиристором с фазным регулированием.

Эта система, в основном используемая с приводами постоянного тока, имеет недостаток, связанный с появлением уравнительного тока при малой величине вращающего момента, вызывающий 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.

Эта концепция тиристорного управления больше всего доступна, но она также наиболее дорогая, т. к. применяется трансформатор с двумя самостоятельными вторичными обмотками, два реактора уравнительных токов и две схемы управления.

Система привода Thyristor-Leonard в любом её виде на ступень выше системы Ward-Leonard.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

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).

Обычно используются шестиимпульсные мостовые преобразователи; однако, некоторые лифтовые компании предлагают 12-импульсные преобразователи, применение которых уменьшает электрические помехи другими электрическими системами в здании и ощутимый шум от двигателя постоянного тока.

Типичная конструкция безредукторной лифтовой лебедки, изготовленной фирмой Thyssen Aufzuge (Германия), представлена на рисунке 2.8.

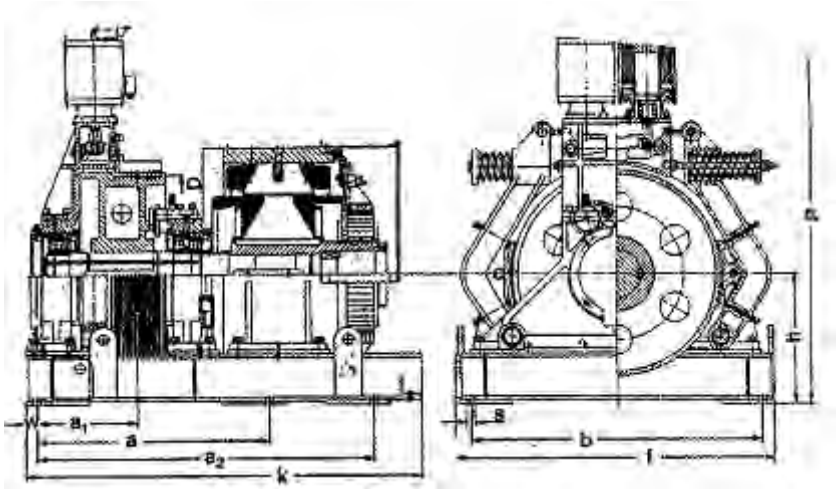


Рисунок 2.8 – Безредукторная лебедка (Thyssen Aufzuge)

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 также, 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.

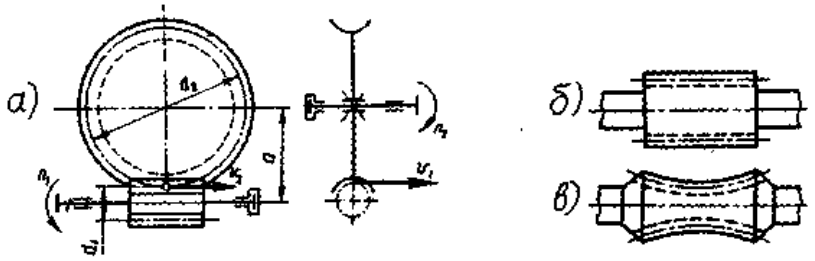
По соображениям безопасности, лебедки проектируются со сдвоенной системой управления тормозом.

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

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Лебедки с червячными передачами

В редукторах лифтовых лебедок преимущественное распространение получили червячные передачи (рисунок 2.9) в силу ряда очевидных преимуществ: возможность получения больших передаточных чисел в одной паре; плавность и бесшумность работы.



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

Рисунок 2.9 – Схема червячной передачи лифтового редуктора

Недостатками червячной передачи являются сравнительно низкий КПД, повышенный износ в связи с большими скоростями скольжения в зацеплении, 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:

$$V_S = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}\,; \tag{2.1}$$

$$V_S = V_1 / \cos\gamma\,, \tag{2.2}$$

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; $V_2 = \pi \cdot d_2 \cdot n_2 / 60$;

γ – угол подъема винтовой линии червяка, рад.;

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

При $\gamma < 30°$ 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:

$$U = n_1 / n_2 = Z_2 / Z_1, \tag{2.3}$$

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

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.

Благоприятные условия смазки способствуют устранению заедания в червячном зацеплении.

Увеличение площади контактной поверхности позволяет использовать более дешевые сорта бронзы и дает некоторую экономию цветных металлов. Именно это обстоятельство предопределило предпочтительное применение глобоидных передач в лифтовых лебедках отечественного производства в послевоенный период. Наряду с очевидными достоинствами, глобоидные передачи имеют весьма существенные недостатки.

Значительно сложнее технология изготовления глобоидных передач. Практическое отсутствие оборудования для шлифовки глобоидного червяка исключило возможность его термической обработки, что в свою очередь привело к снижению усталостной прочности, уменьшению КПД и повышенному износу зубьев колеса в связи с наличием существенных микронеровностей на поверхности червяка.

Отсутствие аналитической теории и использование экспериментальных зависимостей существенно усложняет процесс проектирования.

Глобоидные передачи весьма критичны к точности сборки и регулировке осевого положения червяка и колеса.

Снижение точности сборки и регулировки глобоидной передачи влечет за собой резкое снижение КПД и может вызвать заклинивание червячного зацепления. В связи с этим исключалась возможность применения пролетной схемы установки КВШ с выносной опорой. Доминирующим решением стала консольная установка КВШ и, связанное с этим увеличение габаритов подшипников выходного вала редуктора.

К недостатку глобоидной передачи следует отнести и наличие небольших кинематических колебаний окружной скорости червячного колеса, которые могут служить одной из причин вибрации кабины.

Длительный опыт эксплуатации отечественных лебедок с глобоидными передачами, а также опыт иностранных фирм убедительно свидетельствует о целесообразности возврата к цилиндрическим червячным передачам.

Поэтому в последнее время в практике отечественного лифтостроения наметилась устойчивая тенденция применения цилиндрических червячных передач как при производстве лифтов, так и при модернизации действующего лифтового оборудования.

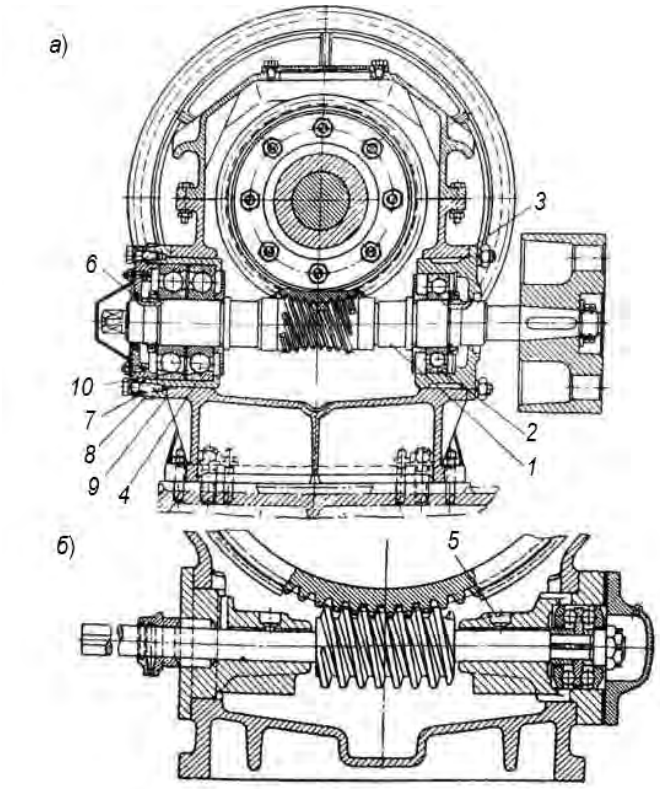
Червячные передачи с эвольвентным цилиндрическим червяком более технологичны и менее критичны к точности сборки. Хорошо отработана техно-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

логия изготовления и термической обработки червяка.

Наличие аналитической теории расчета может служить основой оптимизации параметров этих передач.

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 2.10).



а – с глобоидным червяком; *б* – с цилиндрическим червяком: *1* – червяк; *2* – радиальный подшипник; *3*, *4* – стаканы; *5* – набор регулировочных прокладок из фольги для регулировки осевого положения червяка; *6* – прокладки под фланцем стакана подшипников червячного колеса; *7* – крышка; *8* – прокладки регулировочные; *9* – манжетное резиновое уплотнение; *10* – маслоотбойное кольцо

Рисунок 2.10 – Конструкция червячной передачи

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

Нижнее расположение червяка широко применяется в отечественной и зарубежной практике. Такое конструктивное решение имеет ряд преимуществ.

Прежде всего, обеспечиваются 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 уве-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

личивает 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 2.11 представлен фрагмент конструкции редуктора отечественного производства с верхним расположением червячного вала, который одновременно является валом ротора двигателя.

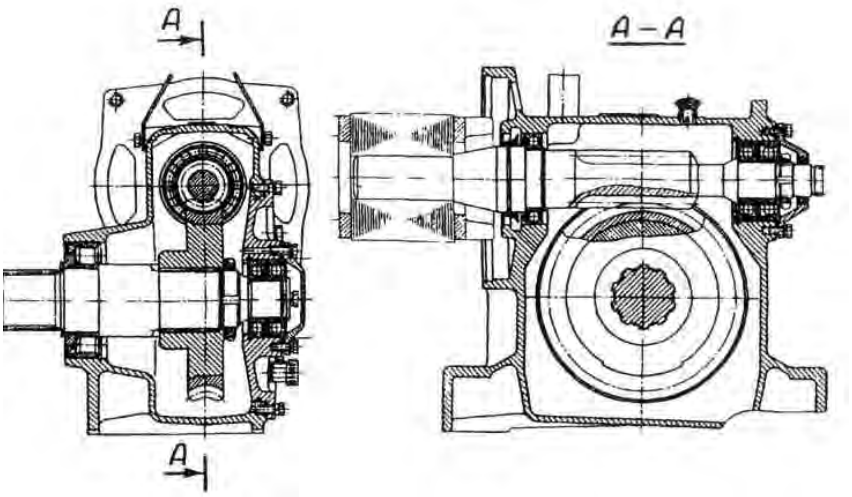


Рисунок 2.11 – Редуктор с верхним расположением цилиндрического червяка

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 редукторе с цилиндрической червячной передачей отсутствует регулировка осевого положения червяка, принципиально важная для глобоидной передачи.

Недостатком редуктора с верхним расположением червяка является ухудшение условий смазки зацепления после длительного простоя лифта.

Остаточная масляная пленка не гарантирует жидкостное трение в момент пуска двигателя.

Для компенсации этого недостатка и повышения несущей способности масляной пленки целесообразно увеличивать скорость скольжения контактирующих поверхностей червячного зацепления за счет применения двигателя с повышенной частотой вращения ротора.

КПД редукторов с червячной передачей

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

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

$$\eta_G = \frac{\mathrm{tg}\gamma}{\mathrm{tg}(\gamma + \varphi)}, \qquad (2.4)$$

$$\mathrm{tg}\gamma = \frac{\mu}{\cos\alpha_n}, \qquad (2.5)$$

где γ – угол подъема винтовой линии нарезки червяка, $\gamma = 27°$;

μ – коэффициент трения;

α_n – нормальный угол зацепления, $\alpha_n = 20°$.

Уравнение 2.4 справедливо только в случае ведущего червяка.

Коэффициент трения μ 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 μ, включающие потери подшипников вала червяка и колес, которые относительно невелики, и их трудно оценить раздельно.

На рисунке 2.12 показана зависимость $\mathrm{tg}\varphi$ от скорости скольжения соответствующих поверхностей зубьев (угол зацепления 20°).

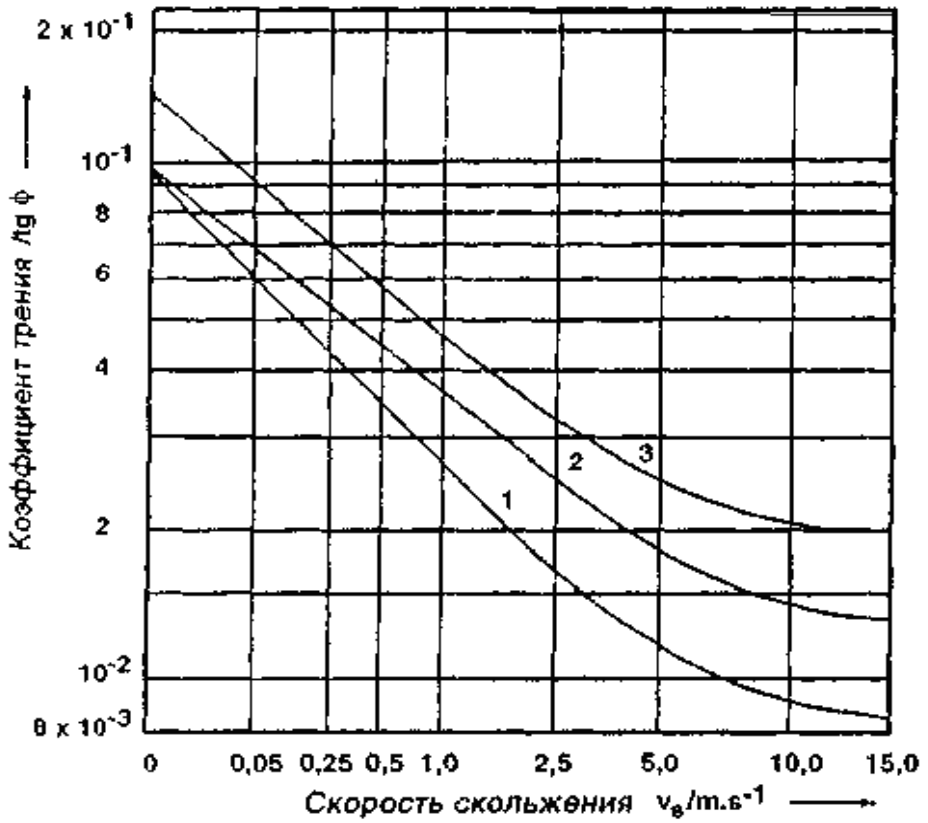


Рисунок 2.12 – Зависимость коэффициента трения от скорости скольжения в червячном зацеплении

Кривая 3 (см. рисунок 2.12) соответствует применению зубчатых колес из фосфористой бронзы и твердых шлифованных и полированных стальных червяков, смазанных минеральным маслом с вязкостью (60...130) · 10^{-6} м^2/с при 60 °С.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Кривые 1 и 2 на рисунке 2.12 действительны для следующего сочетания материалов: стальной закаленный шлифованный червяк, червячное колесо медно-оловянно-бронзовое CuSn12.

Различие между кривыми 1 и 2 обусловлено применением различных масел:

– кривая 1 – синтетическое масло (Polyglycol), имеющее вязкость ν_{50} = 95 мм^2/с;

– кривая 2 – минеральное масло, имеющее вязкость, ν_{50} = 110 мм^2/с.

Эти материалы, работая вместе, обеспечивают хорошую работоспособность при низком коэффициенте трения, и имеют хорошую износостойкость. Скорость скольжения определяется формулой

$$V_S = \frac{V_p}{\cos\gamma} \quad , \tag{2.6}$$

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

Контрольные вопросы

1 Какие типы лебедок могут применяться на лифтах?

2 Допускается ли на барабанных лебедках использование противовеса?

3 Допускается ли для передачи крутящего момента от электродвигателя использование ременной передачи?

4 Что должно быть предусмотрено для ручного перемещения кабины при отключении электропитания лифта?

5 Какая передача чаще всего используется в лифтовых редукторных лебедках?

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

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

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

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

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

11 Определить КПД редуктора с червячной передачей.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

3 Исследование тяговой способности КВШ

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

Порядок выполнения работы

Работа проводится в лаборатории кафедры с изучением конструкции КВШ и канавок, проводится сравнительный анализ канавок КВШ, изучаются основные расчетные зависимости для канатоведущих шкивов.

Основные положения теории и расчетные зависимости

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

$$F_2 = F_1 \cdot e^{f_0 \varphi} , \qquad (3.1)$$

где φ – угол скольжения каната относительно канатоведущего шкива;

f_0 – коэффициент трения между канатом и канатоведущим шкивом.

Для полного угла обхвата шкива канатом уравнение записывается в таком виде

$$\frac{F_2}{F_1} = e^{f_0 \beta} , \qquad (3.2)$$

где F_2 – натяжение набегающей ветви каната;

F_1 – натяжение сбегающей ветви каната;

β – угол обхвата канатоведущего шкива канатом.

Уравнение (3.2) показывает, что при полном использовании силы трения предельное отношение натяжений F_2 и F_1 есть функция коэффициента трения f и угла обхвата β 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 (3.2), 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 «при-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

веденным коэффициентом трения» $f_{пр}$.

В связи с этим уравнение (3.2) записывается в следующем виде

$$\frac{F_2}{F_1} = e^{f_{пр}\beta}; \qquad (3.3)$$

Прологарифмировав уравнение (3.3) получим

$$f_{пр} = \frac{1}{\beta}\ln\frac{F_2}{F_1}. \qquad (3.4)$$

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 3.1).

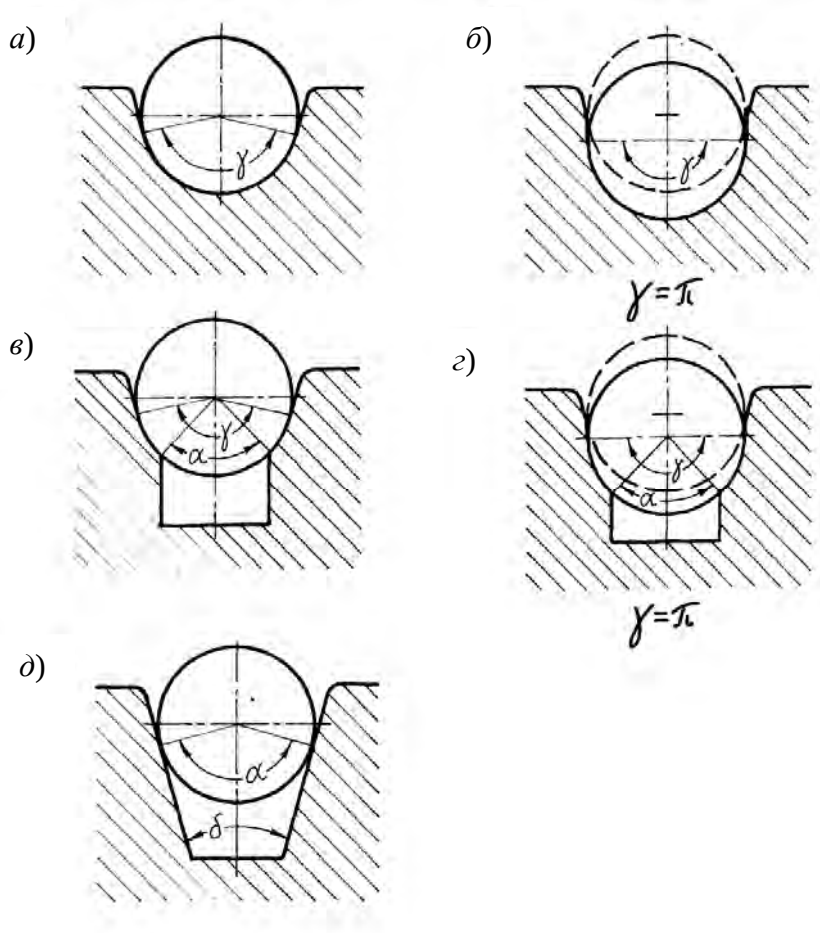


Рисунок 3.1 – Формы канавок канатоведущего шкива

Приведенный коэффициент трения определяется по следующим формулам:
а) для полукруглого ручья с подрезом (рисунок 3.1, *в*)

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

$$f_{пр} = \frac{4\left(\sin\frac{\gamma}{2} - \sin\frac{\alpha}{2}\right)\cdot f_0}{\gamma - \alpha + \sin\gamma - \sin\alpha}, \qquad (3.5)$$

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

γ – угол взаимного контакта каната с поверхностью полукруглой канавки;

α – угол разреза.

б) для полукруглого изношенного ручья с подрезом (рисунок 3.1, *г*), у которого $\gamma = \pi$.

$$f_{пр} = 4\frac{\left(1 - \sin\frac{\alpha}{2}\right)\cdot f_0}{\pi - \alpha - \sin\alpha}; \qquad (3.6)$$

в) для полукруглого изношенного ручья без подреза (рисунок 3.1, *б*), у которого $\gamma = \pi$; $\alpha = 0$.

$$f_{пр} = \frac{4}{\pi} f_0 = 1{,}27 f_0 .$$

г) для клиновидного ручья (рисунок 3.1, *д*) с углом клина δ у основания или углом α распора $\alpha = \pi - \delta = \gamma$ после раскрытия неопределенности

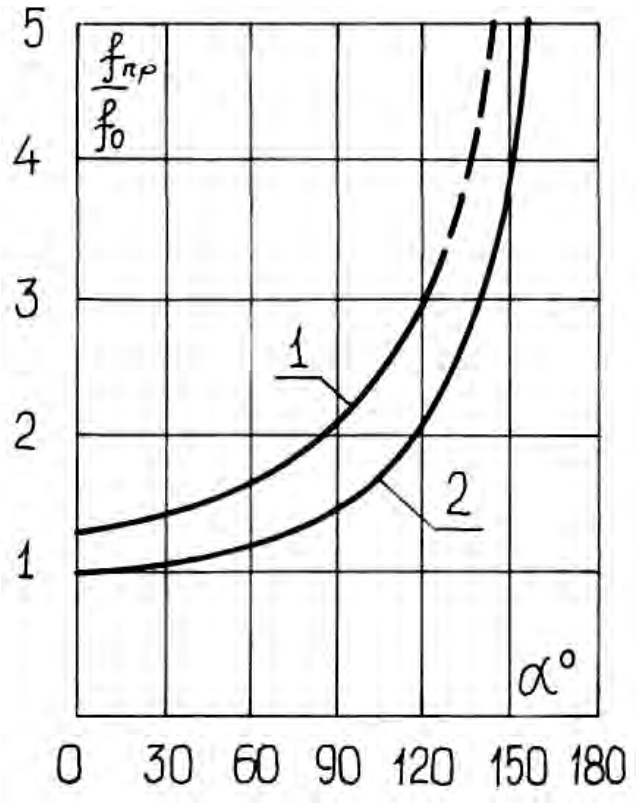
$$f_{пр} = \frac{1}{\sin\frac{\delta}{2}} f_0 = \frac{1}{\sin\frac{\pi - \alpha}{2}} f_0 = \frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}} f_0 , \qquad (3.8)$$

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

Графики зависимости относительной величины приведенного коэффициента трения $f_{пр}$ от угла α подреза для изношенного полукруглого ручья с подрезом и угла α распора (от угла δ у основания клина) для клинового ручья изображены на рисунке 3.2.

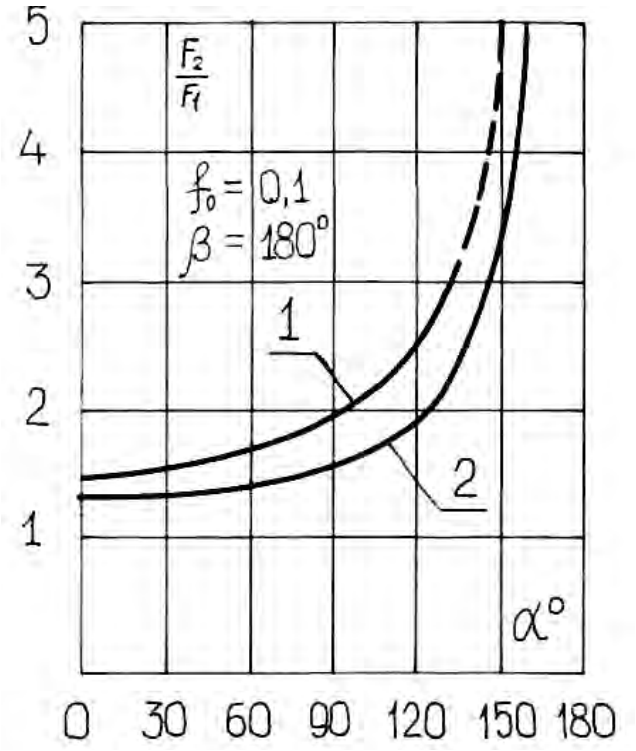
На рисунке 3.3 показаны графики зависимости F_2/F_1 (для тягового коэффициента при f = 0,1 и β = 180°) от угла α подреза для изношенного полукруглого ручья с подрезом и угла α распора (от угла δ у основания клина) для клинового ручья.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/



1 – клиновая канавка; *2* – полукруглая канавка с подрезом

Рисунок 3.2 – Зависимости $f_{пр}/f_0$ от угла α



1 – клиновая канавка; *2* – полукруглая канавка с подрезом

Рисунок 3.3 – Зависимости F_2/F_1 от угла α

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Контрольные вопросы

1 Как связаны между собой набегающие и сбегающие усилие в канате на канатоведущем шкиве?

2 Чем отличается коэффициент трения от приведенного коэффициента трения?

4 Механизмы открывания дверей шахты и кабины

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

Порядок выполнения работы

При выполнении практической работы необходимо записать требования ПУБЭЛ к дверям шахты и кабины лифта, изучить устройство дверей кабины, шахты и механизма открывания и привести в отчете соответствующие рисунки.

Требования ПУБЭЛ 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^2 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.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

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, одновременно удовлетворяющих следующим условиям;

– 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.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

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.

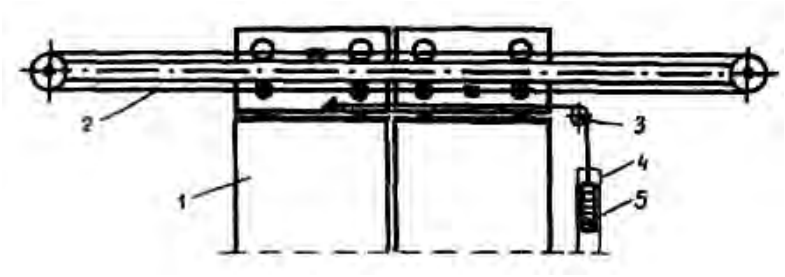
В мировой практике имеется опыт применения индивидуального привода шахтных и кабинных дверей, но такое решение оказалось не жизнеспособным.

Конструкция дверей шахты и кабины в значительной мере аналогичны, с некоторыми конструктивными особенностями, обусловленными их назначением.

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.

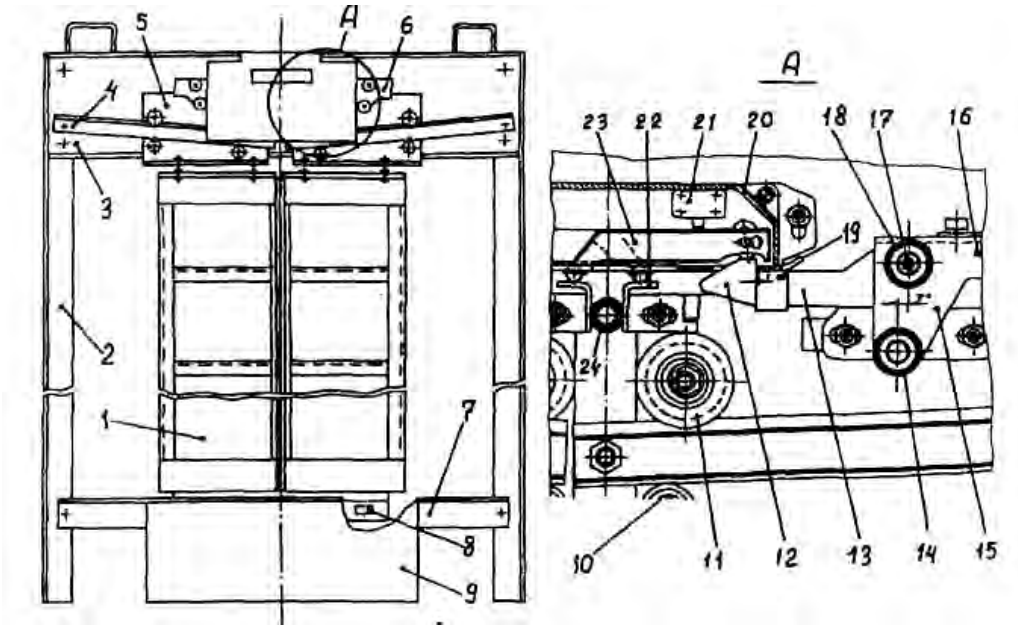
Применяются два основных решения: использование наклонных линеек подвески створок шахтных дверей или замыкающего створки грузового механизма. В последнем случае, створки шахтных дверей перемещаются по горизонтальным направляющим линейкам посредством синхронизирующего троса и двигающегося в вертикальном направлении груза (рисунок 4.1). Аналогичная схема применяется в конструкции полуавтоматических раздвижных дверей.



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

Рисунок 4.1 – Схема шахтной двери с грузовым механизмом закрывания

Конструкция шахтной двери с наклонными направляющими линейками и приводом от дверей кабины лифта представлена на рисунке 4.2.



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

Рисунок 4.2 – Схема шахтной двери с наклонными линейками кареток

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Шахтная дверь монтируется на металлоконструкции рамы портала, включающей верхнюю балку *3*, стойки *2* и балку порога *7*. Рама портала крепится на внутренней поверхности стены шахты. На балке *3* закреплены наклонные направляющие линейки, по которым перемещаются каретки *5* со створками *1*. 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 контрроликами. Между нижней поверхностью линейки и контрроликом устанавливается зазор 0,1…0,15 мм путем поворота эксцентричной оси ролика.

Угол наклона линеек выбирается так, чтобы параллельная линейке составляющая силы тяжести створки гарантировала автоматическое закрытие створок в случае, если кабина ушла с этажной площадки с открытыми створками по аварийной причине.

Раздвижные створки шахтных дверей представляют собой сварную конструкцию из гнутого стального профиля, облицованные пластиком со стороны этажной площадки.

В пожаростойком исполнении коробчатая металлическая конструкция створок заполняется минеральным картоном или другим негорючим материалом. Наружная поверхность покрывается огнестойким лаком.

Со стороны этажной площадки проем шахтной двери имеет декоративное металлическое обрамление.

Шахтные двери оборудованы замками *6* с контактами *21*, контролирующими закрытие створок *1*. На рисунке 4.2 (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 4.2) 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*.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

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.

Направляющие линейки дверей кабины и шахты изготавливаются из стального проката и имеют обработанные скругленные поверхности качения роликов кареток.

Одна из распространенных конструкций автоматических раздвижных дверей отечественного производства представлена на рисунке 4.3. Створки *1* закреплены на каретках *3*, оборудованных опорными роликами *20* и контрроликами *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.

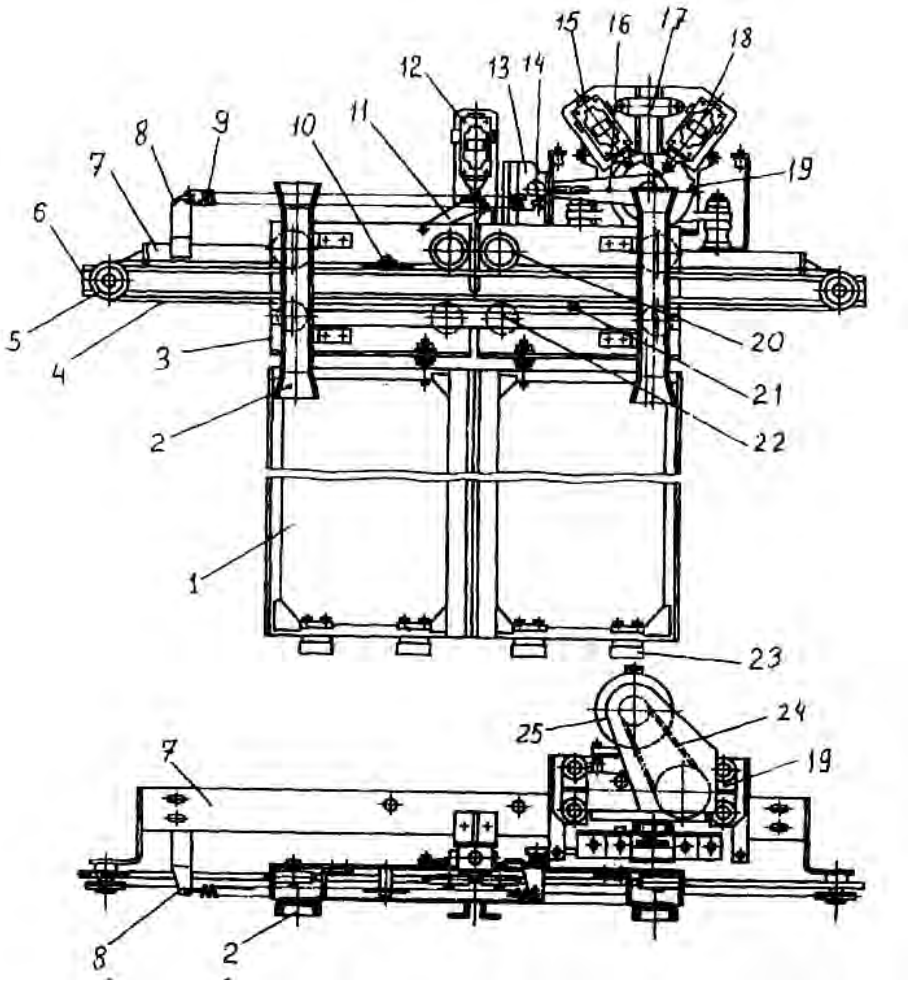
При открытии створок водило *16* поворачивается против направления часовой стрелки. Отводной ролик *14* воздействует на полку упора *13*, преодолевая силы сопротивления движению створок кабинных и шахтных дверей и усилие возвратной пружины *9*. При полностью открытых створках водило оказывается повернутым 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 4.3).

Работа привода при закрывании дверей происходит при меньшей величине внешних сопротивлений, т. к. движению створок помогает растянутая 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.

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.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/



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* – контрролик, *23* – башмачки створок, *24* – клиноременная передача, *25* – электродвигатель

Рисунок 4.3 – Автоматические раздвижные двери кабины

Рассмотрим работу системы автоматического реверса более подробно (рисунок 4.4).

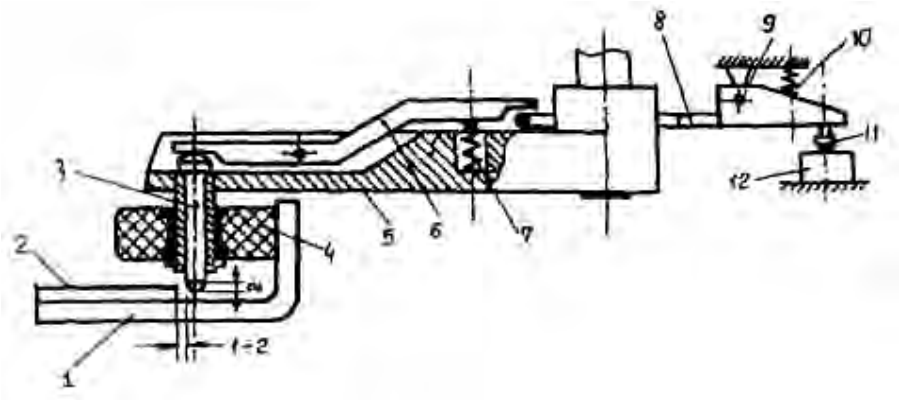
При штатной работе привода на закрывание створок, когда на пути их движения нет препятствий, ролик *4* прижат к полке упора *1*.

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*.

Правое плечо рычага *6*, поворачиваясь по часовой стрелке, давит на кольцевое плечо рычага *8*. Рычаг *8*, преодолевая усилие пружины *10*, поворачивает-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

ся против часовой стрелки и регулировочный болт *11* перестает действовать на приводной элемент микропереключателя. Соответствующие контакты микропереключателя *12* включают двигатель на реверс движения створок.



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 4.4 – Схема автоматического реверса привода створок дверей

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, так как 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. При этом существует опасность травматизма, так как усилие сжатия створок будет определяться силовыми возможностями привода.

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.

Наиболее эффективные системы основаны на применении средств промышленной электроники, которые контролируют состояние дверного проема посредством инфракрасных фотоэлектронных устройств в дополнение к электронному датчику наличия объекта между створками, который реверсирует движение закрывающихся створок до момента их встречи с препятствием. Такие устройства обычно устанавливаются в передней створке дверей кабины и

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

условно называются «антенна». В основу его работы положен контроль изменения электрической емкости «антенны» при приближении препятствия.

Сопротивления движению створок дверей кабины и шахты

Суммарные сопротивления движению створок дверей кабины и шахты

$$W_{\Sigma} = (n_{ст.к.} \cdot W_{ст.к.} + n_{ст.ш.} \cdot W_{ст.ш.}) \cdot K + F_{пр}, \qquad (4.1)$$

где $n_{ст.к.}$ и $n_{ст.ш.}$ – число створок дверей кабины и шахты;

$W_{ст.к.}$ и $W_{ст.ш.}$ – сопротивления движению створки дверей кабины и шахты;

K – коэффициент, учитывающий сопротивления движению башмачков створок и сопротивления на отклоняющих блоках линейки, K = 1,2…1,25;

$F_{пр}$ – усилие пружины.

Сопротивление движению створки дверей кабины

$$W_{ст.к.} = \frac{m_{ст.к.} \cdot g}{D_p}\left(2K + f \cdot d_ц\right). \qquad (4.2)$$

Сопротивление движению створки двери шахты при наклонных линейках

$$W_{ст.ш.} = m_{ст.ш.} \cdot g\left[\left(\frac{2K + f \cdot d_ц}{D_p}\right) + \mathrm{tg}\alpha\right], \qquad (4.3)$$

где $m_{ст.к.}$ – масса створки двери кабины;

$m_{ст.ш.}$ – масса створки двери шахты;

D_p – диаметр ролика каретки, см;

K – коэффициент трения качения ролика (для ролика из полимерного материала), K = 0,04 см;

f – коэффициент трения в подшипниках качения ролика, f = 0,02;

α – угол наклона линейки двери шахты, $\alpha \approx 2°38'$.

Усилие пружины

$$F_{пр} = n_{ст.к.} \cdot W_{ст.к.} \qquad (4.4)$$

Мощность электродвигателя механизма открывания дверей

$$P_{дв} = \frac{W_{\Sigma} \cdot V_{ст}}{1000 \cdot \eta_м}, \qquad (4.5)$$

где $V_{ст}$ – скорость движения створки, м/с;

$\eta_м$ – КПД механизма, $\eta_м = \eta_{ч.р.} \cdot \eta_{р.м}$.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

При использовании кривошипного механизма открывания створок дверей кабины и шахты, скорость движения створок $V_{ст}$ (рисунок 4.5) будет переменной (при постоянной угловой скорости кривошипа ω). 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.

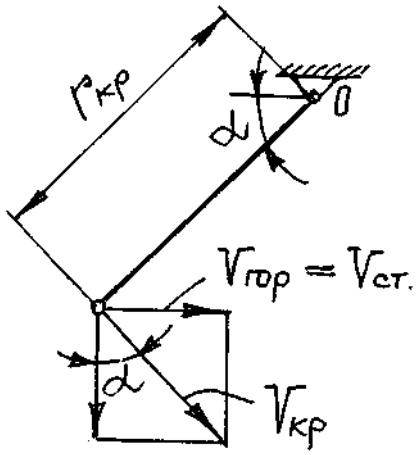


Рисунок 4.5 – Звено кривошипного механизма

$$V_{кр} = \omega \cdot r_{кр}\,, \tag{4.6}$$

$$V_{ст} = V_{кр} \cdot \sin\alpha\,. \tag{4.7}$$

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

Контрольные вопросы

1 Двери шахты и двери кабины лифта – это одно и то же?

2 Можно ли пассажиру открыть дверь шахты с площадки этажа после ухода с этажа кабины?

3 Какое устройство блокирует дверь шахты при ее открывании?

4 Какое устройство открывает двери шахты и двери кабины лифта?

5 Что происходит с дверями шахты и кабины при соприкосновении створок дверей с препятствием?

6 Что представляет из себя система автоматического закрытия дверей шахты?

7 Зачем применяется пружина в механизме открывания дверей кабины?

8 Как работает система автоматического реверса привода створок дверей?

9 Из чего складываются суммарные сопротивления движению створок дверей кабины и шахты?

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

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 : доп. № 2 от 19 нояб. 1997 г. – Москва : ИНТЕРПРИНТ, 1992. – 168 с.

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.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/