ВВЕДЕНИЕ

Лифт стал неотъемлемой частью искусственно созданной среды обитания человека технократической цивилизации. Практически за одно столетие удалось создать полностью автоматизированную систему внутреннего транспорта пассажиров и грузов в зданиях и сооружениях, которая надежно функционирует, не требуя от пользователей специальных знаний и предварительной подготовки.

В России, в странах ближнего и дальнего зарубежья успешно функционирует огромный парк лифтов различного конструктивного исполнения, который обеспечивает нужды коммунального хозяйства, промышленных предприятий и сложных сооружений общественного и специального назначения.

Расширяющиеся потребности общественного развития требуют непрерывного совершенствования средств внутреннего транспорта зданий и сооружений на основе современных научно-технических достижений.

Возрастающий парк лифтов и других средств ближнего транспорта требует непрерывного совершенствования техники монтажа и технического обслуживания этих машин с целью повышения надежности и безопасности применения.

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Лифт – (от англ. lift поднимать) стационарный подъёмник обычно прерывного действия с вертикальным движением кабины или платформы по жёстким направляющим, установленным в шахте. К началу XX века электрические лифты получили широкое распространение, постепенно вытесняя лифты с другими типами приводов. В 1920-х годах появились лебёдки с одинарным обхватом канатоведущего шкива, которые широко применяются и сейчас. В России лифтостроение начало развиваться лишь после революции 1917 года, когда наряду с грузовыми и пассажирскими лифтами общего назначения стали изготовляться лифты специальных типов.

После Великой Отечественной войны, то есть в конце 1940-х годов, в СССР было освоено серийное производство типовых конструкций лифтов общего назначения и скоростных лифтов. В 1955—56 годах ВНИИПТМАШ совместно с трестом «Союз Лифт» создали типовой ряд конструкций пассажирских лифтов для жилых домов и общественных зданий грузоподъёмностью от 320 до 1000 кг, а также типовой ряд грузовых лифтов грузоподъёмностью от 100 до 5000 кг и больничный лифт грузоподъёмностью 500 кг. Наибольшее развитие отечественное лифтостроение получило в 1963 году, когда было организовано Центральное проектно-конструкторское бюро по лифтам.

ЦПКБ по лифтам в 1966-1967 годах разработало новый параметрический ряд пассажирских и грузовых лифтов, представленный 36 моделями и 62 исполнениями. С ростом больших городов и появлением многоэтажной застройки значительно возрос и лифтовой парк. В конце 1990-х годов появились лифты, принцип действия которых основан на микросхемах и микроэлектронике. Несмотря на значительное многообразие типов и конструкций современных лифтов, все они состоят из основных элементов, имеющих принципиально одинаковое значение.

Классификация лифтов

1. По назначению

- Пассажирские лифты. Для перевозки людей. Также допускается перевозка грузов, если общая масса пассажиров с грузом не превысит грузоподъёмности лифта.

- Больничные. Для транспортировки больных, в том числе на больничных транспортных средствах (каталках, инвалидных колясках) с сопровождающим персоналом (как правило лифтёром).

- Грузопассажирские**.** Для транспортировки людей и грузов.

- Грузовые**.** Для транспортировки грузов, материалов и оборудования.

- Грузовые с проводником. Для транспортировки грузов и сопровождающих их лиц.

- Грузовые без проводника. Для транспортировки только грузов. Оборудуются наружным управлением, перемещение людей в этих лифтах не допускается.

- Грузовые малые. Используются как правило в ресторанах и кафе (для подъёма продуктов питания), библиотеках, складах и т. д. Грузоподъёмность, как правило, от 5 до 300 кг. Подъём людей на них категорически запрещён.

2. По конструкции

- Выжимные. У таких лифтов над шахтой нет машинного помещения, а кабина приводится в движение снизу.

- Грузовые с монорельсом, встроенным в кабину.

- Грузовые (малые магазинные).

- Инвалидные платформы. Предназначены для перемещения людей с ограниченными физическими способностями в коттеджах, административных и общественных зданиях.

- Пневмолифты. Работают за счёт воздуха, который выкачивается внутри цилиндра в секции выше кабины, последняя начинает подниматься под действием атмосферного давления снизу кабины. Подъём осуществляется за счёт разницы в давлении снизу и сверху кабины.

- Гидравлические. С использованием гидропривода.

- Коттеджные. Кабина таких лифтов обычно приводится в действие телескопическим подъемником.

- Строительные подъёмники. Предназначены для подъёма и подачи различных грузов внутрь проёмов зданий или на крышу.

- Ножницевидные подъёмники. Фиксированное подъёмное устройство, предназначенное для вертикального перемещения предметов с одного уровня на другой. Часто в таких подъемниках используется гидропривод.

- Системы парковки автомобилей.

- Панорамные. Не имеют собственных лифтовых шахт.

3. По конструкции привода

- С электрическим приводом:

- С барабанными лебёдками. Имеют жёсткое соединения кабины и противовеса с барабаном.

- Лебёдки с канатоведущим шкивом. Не имеют жёсткого соединения кабины и противовеса с канатоведущим шкивом.

- С гидравлическим приводом.

- С пневматическим приводом.

- По конструкции привода различают лебёдки с редукторным и безредукторным приводом. Лебёдки с редукторным приводом применяют на лифтах с небольшими скоростями, безредукторные лебёдки применяют, наоборот, на лифтах с большими скоростями.

Устройство

1. С электрическим приводом

- Средства подвески кабины и противовеса. Представлены стальными проволочными канатами.

- Лебёдка. Является силовой установкой.

- Кабина. Перевозит пассажиров и/или другие грузы.

- Противовес. Уравновешивает силу тяжести массы кабины и часть массы номинального груза.

- Шахта лифта. Полностью или частично огороженное место, простирающееся от пола приямка до перекрытия. В ней двигается кабина и, если есть, то

и противовес. Она оборудована направляющими кабины и противовеса, дверями посадочных площадок, буферами или упорами в приямке.

- Ловитель. Механическое устройство для остановки и удержания кабины или противовеса на направляющих в случае обрыва, ослабления натяжения канатов подвески или если скорость опускающейся кабины (противовеса) превышает номинальную скорость на заранее установленную величину. Тормозное действие ловителя инициируется ограничителем скорости, обычно расположенным в машинном помещении.
- Буфера. Устройства плавного замедления кабины за пределами нижнего расчётного положения кабины или противовеса. Могут быть полиуретановыми, пружинного или масляного типа, в зависимости от номинальной скорости. Предназначены для накопления или рассеивания кинетической энергии кабины или противовеса.
- Электрические устройства. Включают электрические устройства безопасности и освещения.
- Станция управления лифтом.

2. С гидравлическим приводом

Гидравлическим приводом оснащаются прежде всего грузовые лифты и лифты для малоэтажных зданий. Гидравлический привод позволяет поднимать большие грузы, однако скорость и высота таких лифтов ограничена. Принцип действия гидравлического лифта таков: гидравлический насос нагнетает в высокий вертикальный цилиндр масло. Давление масла приводит в движение расположенный в цилиндре поршень; движение этого поршня при помощи системы блоков и тросов передаётся лифтовой кабине.

Производители лифтов

На мировом рынке основными производителями являются компании OTIS, SCHINDLER, KONE и THYSSEN. За ними следует концерн MITSUBISHI. Эти же фирмы представлены в России. Кроме того, на отечественном рынке расширяют свои позиции такие фирмы, как BKG, SODIMAS, LODIGE.

Среди отечественных производителей лифтов выделяются три основных предприятия: Карачаровский механический завод (КМЗ), Щербинский лифтостроительный завод (ЩЛЗ) и Могилевский лифтостроительный завод (МЛЗ). Стоит упомянуть также Самаркандский лифтостроительный завод, «Сибирский лифт» (г. Омск), Уральский лифтостроительный завод.

1.1. Системы диспетчеризации лифтов

Для повышения безопасности эксплуатации лифтов используются разнообразные системы диспетчеризации. Развитие цифровых технологий позволило внедрить большое количество различных функциональных возможностей в программно-аппаратные системы диспетчеризации, изготовляемые в России. В настоящее время доступен достаточно широкий ряд таких устройств, работающих как самостоятельно в лифтовых установках, так и в составе многофункциональных комплексов, предназначенных для диспетчеризации всевозможных жилищно-коммунальных служб (пожарная безопасность, управление освещением и т.д.). Для повышения безопасности эксплуатации лифтов целесообразно рассмотреть существующие системы их диспетчеризации.

Наиболее распространенными являются пять типов таких систем: «УБДЛ88-1М» (изготовитель ЗАО «КРОС-НИАТ», г. Ульяновск), «АСУД-248» (ООО НПО «Текон-Автоматика», г. Москва), «Обь» (ООО "Лифт-Комплекс ДС, г. Новосибирск), «КДК-М» (ООО «ППК ЭССАН Лифтэк», г. Новосибирск), «ЕСДКЛ» (ООО «Нейрон», г. Рязань). Назначение и выполняемые общие функции рассматриваемых систем приблизительно аналогичны. Это: блокировка движения кабины в аварийных случаях (обрыв фазы питающего напряжения; неисправность цепей устройства, обеспечивающих безопасную эксплуатацию лифта; проникновение в шахту лифта; аварийная остановка кабины и подъём противовеса при включенном главном приводе); сигнализация о нарушениях безопасности работы лифта (об открытии дверей шахты при отсутствии лифта на этаже, дверей машинного и блочного помещений или шкафов управления при их расположении вне машинного помещения, о срабатывании

цепи безопасности лифта); защита электродвигателей (главного привода от нахождения его под током при неподвижной кабине и при обрыве фазы питающего напряжения, дверного привода при превышении максимально допустимого времени его работы); включение освещения шахты при срабатывании блокировки лифта по проникновению в шахту; двусторонняя связь с кабиной.

Каждая из упомянутых систем имеет специфические особенности. Так, в электрической схеме системы «УБДЛ88-1М» предусмотрена возможность подключения до восьми контрольных датчиков, информация с которых поступает в диспетчерский пункт. Также полезной функцией этой системы является выдача информации на индикацию и в канал связи о текущем состоянии контролируемых точек, возможность запрета запуска лифта на большой скорости. Может обеспечиваться переговорная связь с крыши кабины лифта в режиме «Ревизия». Также предусмотрено спецоборудование для связи с пассажирами, пользующимися слуховыми аппаратами.

УБДЛ88-1 установлена на лифтах более 80 городов России и с 1999 года рекомендована к применению Ростехнадзором РФ. Наряду с зарекомендовавшими себя моделями заслуживают внимания современные модификации комплекса. В частности, в Саранске по компьютерной сети (с ADSL-доступом) комплексом ТМ88-1, в состав которого входит УБДЛ88-1М, диспетчеризованы уже более тысячи лифтов, и разработан проект для установки системы видеонаблюдения на этих объектах

Система «АСУД-248» обеспечивает: автоматическую проверку исправности аппаратуры связи; запись и прослушивание переговоров диспетчера с абонентами; автоматическое включение связи с кабинами лифтов, подъездами, машинными помещениями лифтов, электрощитовыми и другими помещениями при срабатывании охранной сигнализации и (или) при поступлении аварийных сигналов. Системой «АСУД-248» оборудовано более 3500 лифтов города Москвы, С-Петербурга, Королева, Электростали, Мытищ, Краснознаменска. Следует отметить, что в Москве, по оценкам специалистов, данная система не только получила широкое распространение, но и заняла большую часть рынка.

В системе «Обь» предусматривается одновременное подключение до 11000 лифтов, а также имеется возможность снимать информацию с восьми контрольных датчиков СУЛ (станции управления лифтом). Переговорная функция осуществляется посредством устройства домофонного типа. На начало 2008 года более 60 тысяч лифтов были оборудованы системой «Обь» в 198 городах России от Владивостока до Калининграда. В ближнем зарубежье оборудование смонтировано в Казахстане, Белоруссии. Сейчас компания «Лифт-комплекс» делает упор на адаптацию своей продукции к лифтам импортного производства, так как отечественные изготовители ею уже охвачены. Такая работа успешно проведена с компанией «Лифтстрой» (г. Москва), поставляющей в Россию южнокорейские лифты под брендом SIGMA. Помимо этого в данном направлении ведутся проекты с компаниями, поставляющими лифты под брендами SODIMAS и AXEL.

Комплекс «КДК-М» запрашивает информацию с лифтовых блоков и выводит ее на экран монитора. К одному блоку возможно подключение до 64 лифтов. Также к особенностям «КДК-М» можно отнести наличие речевого информатора для пассажиров лифта, малое энергопотребление (работа от аккумулятора не менее 40 минут), автономное питание схемы охраны шахты, повышенную помехоустойчивость. Система «КДК» разрабатывается с 1994 года и, наряду с «УБДЛ88-1М» и «Обью», является наиболее распространенным комплексом диспетчеризации, охватывающим всю Россию, а также некоторые города Белоруссии и Казахстана. Стоит отметить, что наряду с двумя вышеупомянутыми системами она рекомендована к использованию Ростехнадзором РФ.

Система «ЕСКДЛ» имеет жидкокристаллические индикаторы, которые предназначены для отображения положения кабины лифта, направления движения, различных сообщений. Сообщения могут содержать информацию о перегрузке лифта, режимах работы (режим специального обслуживания и т.д.). На индикаторах может отображаться информация о чрезвычайных ситуациях в здании, например, о пожарной опасности, опасности землетрясения или

наводнения, если такие возможности предусмотрены станцией управления. Кроме служебных сообщений возможно отображение различной рекламной информации, информации о сервисах, расположенных на этаже прибытия. Сообщения выдаются как в текстовом, так и в графическом виде. Одной из ее особенностей является возможность обнуления системы при каком-либо сбое без необходимости использования специальных ключей. Система «ЕСКДЛ» установлена более чем 5000 лифтах в различных городах России, особенно стоит отметить, что она установлена на объектах Управления делами Президента России.

Одним из важнейших факторов при выборе системы диспетчеризации является обоснованность выбора того или иного типа коммуникаций. Известны следующие типы коммуникации для передачи информации: по радиоканалу, посредством сотовой связи, по локальной сети. Каждая из рассматриваемых систем может поддерживать все вышеназванные способы передачи данных. Рассмотрим каждый из них в отдельности.

Передача данных по радиоканалу не требует дополнительной прокладки проводов большой протяженности, что определяет относительно невысокую стоимость. Однако малая скорость передачи данных недостаточна для современного оборудования диспетчеризации. Кроме того, в условиях города не обеспечивается необходимо высокая надежность получения качественной передачи радиосигнала, а при грозе вносятся в него помехи.

Передача данных по локальной сети может осуществляться непрерывно с необходимой скоростью и достаточной надежностью. Однако при этом необходима прокладка сетевого кабеля. Этот недостаток можно минимизировать использованием одной локальной сети для нескольких целей (например, противопожарной безопасности, управления освещением и т.д.). Данный тип коммуникаций очень удобен для применения в удаленно стоящих многоэтажных зданиях и легко выводится в сеть Интернет.

Одним из современных типов коммуникаций, используемых в комплексах диспетчеризации, является сотовая связь. Он стал доступен в результате

удешевления услуг сотовой связи, что предоставляет относительно недорогую и в то же время высокоскоростную и надежную передачу данных. Перебои с сотовой связью в настоящее время практически не случаются, чего нельзя сказать о сети Интернет. Устройства диспетчеризации при использовании сотовой связи снабжаются специальным разъемом для сим-карт. К недостаткам данного типа связи можно отнести то, что при его использовании система диспетчеризации не может передать полный протокол данных, а также задержку отправки на 5-40 секунд.

В последнее время широкое распространение получили беспроводные технологии WiFi и WiMax, которые, разумеется, не могли обойти стороной ведущие производители комплексов диспетчеризации лифтового оборудования. Поэтому стали появляться специализированные модификации.

Это станет возможным благодаря установке нового оборудования, которое позволит поддерживать как протоколы КДК, так и ЕСДКЛ одновременно. Связь в настоящее время обеспечивается следующими провайдерами: «Корбина», «Домолинк», а также «GSM-Мегафон» (используется для диспетчеризации при аварийных случаях а также в удаленных объектах, у которых нет доступа к Интернету). К недостаткам «Корбины» можно отнести аварийность, в результате чего приходится в срочном порядке переключаться на существенно более дорогой «GSM-Мегафон». К недостаткам «Домолинка» можно отнести необходимость проведения Ethernet (порядка 30000 руб. на объект) в случае отсутствия цифровой АТС. В перспективе планируется перевод существующих систем диспетчеризации на «Стрим TV», что позволит достичь большей экономии и удобства в обслуживании, благодаря созданию отдельной локальной сети для лифтового хозяйства города.

Следует отметить, что ни в одной из рассмотренных систем диспетчеризации не предусмотрена возможность мониторинга и диагностирования технического состояния лифтов. В процессе эксплуатации выявлен ряд характерных наиболее часто встречающихся неисправностей лифтовых установок. Для металлоконструкций лифтов характерны следующие дефекты и повреждения,

возникающие в процессе эксплуатации: образование усталостных трещин, ослабление болтовых соединений, механические повреждения, деформация, разрушение или уменьшение сечения элементов в результате коррозии и (или) износа. Для механизмов наиболее характерны следующие неисправности и повреждения: ослабление тормозной полумуфты лебедки (радиальное биение); разрушение быстроходного вала лебедки с электродвигателем на лапах; износ червячного зацепления редуктора; ослабление болтовых соединений; выработка (износ) шарнирных соединений; износ шпоночных соединений; разрушение манжетных уплотнений; трещины в блоках, канатоведущих шкивах и барабанах; износ ручьев канатоведущего шкива, блоков, шкива ограничителя скорости и др. Для канатов характерны дефекты, при наличии которых канат должен быть заменен: обрыв проволочек; поверхностный износ и коррозия свыше норм, предусмотренных ПУБЭЛ; отсутствие смазки в сердечнике; заломы, обрыв одной из прядей или сердечника; местное видимое увеличение или уменьшение диаметра каната, сплющивание каната (потеря формы поперечного сечения).

С целью повышения безопасности эксплуатации лифтов в г. Чите назрела необходимость разработать систему их мониторинга и диагностирования. В составе этой системы важную роль будет играть база данных, обеспечивающая хранение информации о лифтах и их техническом состоянии. Программное обеспечение позволит извлекать необходимую информацию, например, о характерных неисправностях однотипных лифтов или других интересующих параметрах или явлениях.

Данная система позволит сократить число простоев лифтов, уменьшить число ремонтов и снизить их трудоемкость, устанавливать оптимальные межремонтные сроки, в результате чего повышается безопасность и ресурс лифтов.

2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Технические данные лифта отображены в табл.1.

Таблица 1

Технические данные

Наименование показателей	Величина
Грузоподъемность, кг	500
Номинальная скорость движения, м/с	1
Вместимость, чел	6
Наибольшая высота подъема, м	75
Наибольшее число остановок	17
Точность остановки кабины, мм	±20
Расположение противовеса относительно кабины	сзади
Расположение машинного помещения	над шахтой
Продолжительность включений, %	40
Система управления	Смешанная собирательная по приказам и вызовам при движении кабины вверх и вниз
Двери кабины	раздвижные, автоматические
Размеры кабины внутренние	
ширина, мм	1042
глубина, мм	1382
высота, мм	2100
Глубина приямка, мм не менее	1400
Род тока	переменный трехфазный

2.1. Определение веса противовеса

Определяем вес неуравновешенной части тяговых канатов $G_{T.K}$,кН по формуле:

$$G_{T.K} = m \cdot q_{кан} \cdot H, \quad (1)$$

где $q_{кан}$ - погонная масса каната принимаем равным 0.527 кг/м=5.27Н/м;

m – число канатов принимаем равным 4;

Н– высота подъема принимаем равным 75м.

$$G_{T.K} = 4 \times 0,527 \times 75 = 158кг = 1,58кН$$

Определяем вес подвесного кабеля $G_{П.К.}$,Н по формуле:

$$G_{П.К} = m' \cdot q_к \cdot \frac{H}{2}, \quad (2)$$

где m'– число подвесных кабелей принимаем равным 3;

$q_к$– вес 1 м подвесного кабеля КПВЛ-24 по ГОСТ 16092-80 принимаем равным 0.513 кг/м=5.13Н/м.

$$G_{П.К.} = 3 \times 0,513 \times \frac{75}{2} = 58 \text{ кг} = 580 \text{ Н}$$

Определяем Вес компенсирующей цепи $G_{К.Ц.}$,кН по формуле:

$$G_{К.Ц} = m_ц \cdot q_ц \cdot H, \quad (3)$$

где– погонная масса цепи принимаем равным 1.35 кг/м=13.5 Н/м;

$m_ц$ - число цепей принимаем равным 1.

$$G_{К.Ц} = 1 \times 1,35 \times 75 = 101 кг = 1,01 кН$$

Определяем Вес противовеса $G_п$,кН по формуле:

$$G_п = G_К + (0.4 \div 0.5) \cdot (Q + G_{П.К}), \quad (4)$$

где $G_К$ - вес кабины принимаем равным 950кг=9500Н;

Q- грузоподъемность принимаем равным 500кг=5000Н.

$$G_п = 950 + 0.5(500 + 58) = 1229 кг = 12,29 кН$$

2.2. Потери в шахте

Потери на трение в башмаках кабины от смещения центра тяжести груза относительно центра подвески F_Q,Н определяем по формуле:

$$F_Q = \frac{Q \cdot \mu}{6 \cdot h} \cdot (A + B), \quad (5)$$

где μ - коэффициент трения капроновых вкладышей башмаков о направляющую принимаем равным 0,12;

A, B, h – размеры кабины.

$$F_Q = \frac{500 \times 0.12}{6 \times 3000} \times (1080 + 1420) = 8кг = 80Н$$

Потери на трение от смещения центра тяжести кабины относительно подвески принимаются в размере 15% от веса кабины $F_К$,Н определяем по формуле:

$$F_К = 0.015 \cdot G_К, \qquad (6)$$

$$F_К = 0.015 \times 950 = 14кг = 140Н$$

Потери на трение при движении противовеса принимаются равными 0.75% от веса противовеса $F_П$,$Н$ определяем по формуле:

$$F_П = 0.075 \cdot F_К, \qquad (7)$$

$$F_П = 0.0075 \times 1229 = 9кг = 90Н$$

2.3. Определение усилий в тяговых канатах и их отношений при различных режимах работы

При выборе типоразмера редуктора лебедки лифта, двигателя, муфты и канатоведущего шкива необходимо знать величины натяжений ветвей тяговых канатов, которые зависят от целого ряда факторов, таких как: кинематическая схема, загруженность кабины, направления движения, расположение кабины, вес противовеса, высота подъема, вес и количество подвесных кабелей и канатов. Поэтому при разработке проекта каждой конкретной модели лифта необходимо рассчитывать величины натяжений для 13 различных режимов, зависящих от загруженности кабины, ее положения и направления движения.

Машинное помещение верхнее, подвеска бесполиспастная, уравновешивающий элемент – цепь (кабина-противовес).

Натяжение ветвей тяговых канатов отображены в табл.2.

Таблица 2

Натяжение ветвей тяговых канатов

Номер режима	*Характеристика режима*	*Загруженность*	*Направление*	*Положение*	Натяжение ветвей тяговых канатов			
					кабины ($F_к$)		*противовеса* ($F_п$)	
					Формула	*Вычисления*	*Формула*	*Вычисления*
1	Подъём неуравновешенного груза	Гружёная	Подъём	Вниз	$F_{K_1} = G_K + Q + G_{T.K} + F_K + F_Q$	16,30	$F_{П_1} = G_П - F_П$	12,20
2				Вверх	$F_{K_2} = G_K + Q + Q_{П.K} + F_Ц + F_K + F_Q$	15,30	$F_{П_2} = G_П + G_{T.K} - F_П$	13,78
3		Порожняя	Спуск	Внизу	$F_{K_3} = G_K + G_{T.K} - F_П$	10,99	$F_{П_3} = G_П + F_П$	12,38
4				Вверху	$F_{K_4} = G_K + G_{П.K} - F_K$	9,94	$F_{П_4} = G_П + G_{T.K} + F_П$	13,96
5		Перегруз на 10 %	Подъём	Внизу	$F_{K_5} = G_K + 1.1 \cdot Q + G_{T.K} + F_K + F_Q$	16,80	$F_{П_5} = F_{П_1}$	12,20
6				Вверху	$F_{K_6} = G_K + 1.1 \cdot Q + G_{П.K} + F_K + F_Q$	15,80	$F_{П_6} = F_{П_2}$	13,78
7	Спуск неуравновешенного груза	Гружёная	Спуск	Внизу	$F_{K_7} = G_K + Q + Q_{T.K} - F_K$	15,94	$F_{П_7} = F_{П_3}$	12,38
8				Вверху	$F_{K_8} = G_K + Q + Q_{П.K} - F_K$	14,94	$F_{П_8} = F_{П_4}$	13,96
9		Порожняя	Подъём	Внизу	$F_{K_9} = G_K + Q_{T.K} + F_K$	11,22	$F_{П_9} = F_{П_1}$	12,20
10				Вверху	$F_{K_{10}} = G_K + Q_{П.K} + F_K$	10,22	$F_{П_{10}} = F_{П_2}$	13,78
11	Динамич.. испыт.	Перегруз на 10 %	Спуск	Внизу	$F_{K_{11}} = G_K + 1.1 \cdot Q + Q_{T.K} - F_K$	16,44	$F_{П_{11}} = F_{П_3}$	12,38
12				Вверху	$F_{K_{12}} = G_K + 1.1 \cdot Q + G_{П.K} - F_K$	15,44	$F_{П_8} = F_{П_4}$	13,96

13	Статич. испыт.	Перегруз на 10 %	—	Внизу	$F_{K_{13}} = G_K + 2 \cdot Q + Q_{T.K}$	21,08	$F_{П_8} = G_П$	12,29

1. Тяговые канаты

Проверка канатов по разрушающей нагрузке.

Определяем Наибольшее рабочее натяжение в ветви каната кабины при номинальном грузе *F*,кН по формуле:

$$F = \frac{Q + G_k + G_Ц + G_{П.К}}{m}, \quad (8)$$

$$F = \frac{500 + 950 + 101 + 51}{4} = 402кг = 4.02кН$$

Определяем натяжение ветви каната кабины при свободном заполнении кабины $F_{расч}^{св}$,кН по формуле:

$$F_{расч}^{св} = \frac{G_K + Q_{св} + G_Ц + G_{П.К}}{m}, \quad (9)$$

где $Q_{св}$- грузоподъемность при свободном заполнении кабины принимаем равным 5,80кН.

$$F_{расч}^{св} = \frac{950 + 580 + 101 + 58}{m} = 522кг = 5.22кН$$

Определяем запас прочности каната *n* по формуле:

$$n = \frac{R}{F'} \geq [n] = 12, \quad (10)$$

где *R*- разрывное усилие каната принимаем равным 72кН;

$$n = \frac{7200}{402} = 17.9 \geq [n] = 12$$

Выбираем канат ЛК-Р 6х19(1+6+6/6)+1О.С. ГОСТ 2688-80

Проверка канатов по удельному давлению

Определяем давление на стенки ручья КВШ *P*,по формуле:

$$P = \omega \cdot \frac{F_K}{m \cdot d \cdot D_ш}, \quad (11)$$

где F_K - наибольшее усилие в канатах при одном из рабочих режимах (см. табл.2) принимаем равным 16,80кН;

$$\omega = \frac{4,5}{\sin\frac{\beta}{2}} = \frac{4,5}{\sin\frac{40}{2}} = 13.2$$ - коэффициент, зависящий от формы ручья. (12)

где β- угол клина канавки КВШ принимаем равным 40°;

d– диаметр каната принимаем равным 12 мм;

$D_ш$ - диаметр КВШ принимаем равным 930мм.

$$P = 13.2 \times \frac{1680}{4 \times 1.2 \times 93} = 49.6\ кг/см^2 \le [p] = 70\ кг/см^2 = 4 \times 10^6\ Па$$

Проверка канатов по перегибу

Наименьший допускаемый диаметр КВШ определяется по формуле:

$$D \ge d \cdot e, \quad (13)$$

где D– диаметр КВШ, измеряемый по дну ручья принимаем равным 902 мм;

d– диаметр каната принимаем равным 12 мм;

e– коэффициент принимаем равным 40.

$$902 \ge 12 \times 40 = 480$$

Статические усилия в тяговых канатах

Определяем натяжение тяговых канатов противовеса $F_П$,кН по формуле:

$$F_П = G_П + G_Ц, \quad (14)$$

$$F_П = 1229 + 101 = 1330кг = 13.3кН$$

Определяем натяжение тяговых канатов кабины $F_К$,кН по формуле:

$$F_К = 2 \cdot Q_{св} + G_К + G_{Т.К.}, \quad (15)$$

$$F_К = 2 \times 580 + 950 + 158 = 2268кг = 22.68кН$$

2.4. Статические нагрузки на КВШ

Статические нагрузки на КВШ отображены в табл.3.

Таблица 3

Статические нагрузки на КВШ

Номер режимов	*Отношение натяжений,* $\Psi = F\ max/F\ min$	*Сумма натяжений,* $F_{\Sigma} = F_к + F_п$	*Разность натяжений,* $\Delta F = F\ max - F\ min$	*Потери на КВШ, приведенные к канату* $F_Ш = 0{,}0013\ F_{\Sigma}$	*Окружное усилие на КВШ* $F_О = \Delta F \pm F_ш$		Крутящ. момент $M_ш = F_0 \frac{D_ш}{2}$
1	2	3	4	5	6		7
1	1,33	28500	4100	370	$F_О = \Delta F + F_ш$	4470	2070
2	1,11	29080	1520	370		1890	870
3	1,12	23370	1390	300		1690	780
4	1,40	23900	4020	310		4330	2010
5	1,37	29000	4600	370		4970	2310
6	1,14	29850	2020	380		2400	1110
7	1,28	28320	3560	360	$F_О = \Delta F - F_ш$	3200	1480
8	1,07	28900	980	370		610	280
9	1,08	23420	980	300		680	310
10	1,34	24000	3560	310		3250	1510
11	1,32	28820	4060	370	$F_О = \Delta F$	3690	1710
12	1,10	29400	1480	380		1100	510
13	1,71	33370	8790	430		8360	3880

2.5. Расчет привода

1. Выбор электродвигателя

Определяем мощность электродвигателя $N_{дв}$,кВт по формуле:

$$N_{дв} = \frac{F_o \cdot V_{каб}}{1020 \cdot \eta'_{ред}}, \qquad (16)$$

где F_O – наибольшее окружное усилие на канатоведущем шкиве в рабочем режиме, взятое из табл. 3;

$V_{каб}$ – номинальная скорость кабины, м/с;

$\eta'_{ред}$ – ориентировочное значение КПД редуктора принимаем равным 0,7.

$$N_{дв} = \frac{497 \times 1}{1020 \times 0.7} = 6.9 кВт$$

Выбираем электродвигатель 4АН200L- 6/24-НЛБУЗ

$N_{дв} = 7/1.75$ кВт n=1000/250 об/мин.

2. Выбор редуктора.

Выбор редуктора ведется по величине эквивалентного крутящегося момента $М_{экв}$, передаточному отношению и консольной нагрузке Р.

Эквивалентный крутящий момент $M_{экв}$ определяется по формуле:

$$M_{ЭКВ} = 1.1 \cdot \sqrt{\frac{\sum M_i^2 \cdot T_i}{T}}, \quad (17)$$

где M_i – статический момент, действующий в течение Т машинного времени, н/м;

Т - полное машинное время эксплуатации, ч.

Для лифтов с противовесом $М_{экв}$ = /0.7 – 0.9/ $М_{ст}$.

где $М_{СТ}$ – максимальный статический момент от неуравновешенного груза M_{CT}, Н·м определяется по формуле:

$$M_{CT} = M_{Ш} = P_o^{\max} \cdot R_{Ш}, \quad (18)$$

(значения $М_Ш$ см. табл. 2)

$$M_{CT} = M_{Ш} = P_o^{\max} \cdot R_{Ш} = 2310 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определяем передаточное число редуктора U_p по формуле:

$$U_p = \frac{n_{дв}}{n_{шк}}, \quad (19)$$

где $n_{шк}$ – число оборотов канатоведущего шкива, об/мин;

$n_{дв}$ – номинальное число оборотов двигателя, об/мин.

Определяем скорость вращения канатоведущего шкива $n_{шк}$ об/мин по формуле:

$$n_{шк} = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D_{Н.О}}, \quad (20)$$

$$n_{шк} = \frac{60 \times 1}{3.14 \times 0.9} = 21.24 об / мин$$

где V – заданная скорость кабины лифта, м/с;

$D_{Н.О}$ – диаметр начальной окружности КВШ, м.

$$U_р = \frac{1000}{21.23} = 4$$

Определяем максимальную консольную нагрузку на выходном валу редуктора P,Н по формуле:

$$P = G_К + Q + G_{Т.К} + G_П + G_Ц + G_{ПК} + G_{ШК}, \quad (21)$$

где $G_ц$ – вес компенсирующей сети или компенсирующих канатов, кг;

$G_{ШК}$ – вес КВШ, принимаем равным 100 ÷ 200 кг;

G_2 – вес натяжного груза компенсирующих канатов, кг;

$G_{П.К}$ – вес подвесного кабеля, кг;

g – ускорение силы тяжести принимаем равным $9.81 м / с^2$.

$$P = 950 + 500 + 158 + 1229 + 101 + 58 + 201 = 3197 кг = 31.97 кН$$

Из справочника [4] выбираем редуктор РГЛ-180-45, Pmax=50 кН.

3. Соединительная муфта

В конструкции механизмов подъема лифтов применяются постоянно-замкнутые упругие втулочно-пальцевые соединительные муфты МУВП.

Муфта служит для передачи крутящего момента от вала двигателя на червячный вал редуктора. Одновременно муфта выполняет роль маховой массы, при изменении которой достигается требуемая величина махового момента, приведенного к быстроходному валу лебедки.

Передаваемый муфтой момент М должен быть равен или меньше допускаемого крутящего момента М≤[М] .

Определяем допускаемый крутящий момент $[M]$, Н·м по формуле:

$$[M] = 0.5 \cdot m \cdot Д_1 \cdot [p], \quad (22)$$

где [P]=0.8кН – допускаемая нагрузка на палец, принимаем равным;

m=5 – количество пальцев принимаем равным;

$Д_1$ – диаметр окружности расположения пальцев принимаем равным, м (при $Д_М$ = 0,3 м, $Д_1$= 0,18 м).

$$[M] = 0.5 \times 5 \times 0.18 \times 80 = 180 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Выбираем муфту упругую втулочно-пальцевую. Наружный диаметр 300 мм. Маховый момент 15 $H \cdot M^2$.

$GД_p^2$ - маховый момент ротора электродвигателя принимаем равным 4,5;

$GД_M^2$ - маховый момент муфты принимаем равным 1,5;

$GД_{доп}^2$ - предельно допустимый маховый момент принимаем равным9,0.

2.6. Расчетная скорость кабины

Определяем скорость кабины при подъеме неуравновешенного груза $V_{под}, м/с$ по формуле:

$$V_{под} = \frac{\pi \cdot n_{дв}^n \cdot D_ш}{60 \cdot i}, \quad (23)$$

где $$n_{дв}^n = n_{синх} \cdot \left(1 - к_п \cdot \frac{M_{расч}}{M_{ном}}\right), \quad (24)$$

$к_п$ - коэффициент, определяемый по формуле:

$$к_п = \frac{n_{синх} - n_н}{n_{синх}}, \quad (25)$$

где $n_{синх} = 1000 \, об/мин$ - число оборотов электродвигателя (синхронное)

$n_н$ =930 об/мин.

$$к_п = \frac{1000 - 930}{1000} = 0.07$$

$$n_{дв}^n = 1000 \times \left(1 - 0.07 \times \frac{6.9}{7}\right) = 931 \text{ об/мин}$$

где $M_{расч}$ - максимальное значение момента при подъеме неуравновешенного груза (см. табл. 4) $69\ Н \cdot м$.

$$V_{под} = \frac{3.14 \times 931 \times 0.93}{60 \times 45} = 1.006\ м/с$$

Определяем отклонение расчетной скорости движения кабины от номинальной при подъеме неуравновешенного груза по формуле:

$$\frac{V_{под} - V_H}{V_H} \cdot 100\% = \frac{1.006 - 1}{1} \times 100\% = 0.6\%, \quad (26)$$

Определяем скорость кабины при спуске неуравновешенного груза $V_{сп}$ м/с по формуле:

$$V_{сп} = \frac{\pi \cdot n_{дв}^{c} \cdot D_{ш}}{60 \cdot i}, \quad (27)$$

$$n_{дв}^{c} = n_{синх} \cdot \left(1 + \kappa_{п} \cdot \frac{M_{расч}}{M_{ном}}\right), \quad (28)$$

$M_{расч}$ - максимальное значение момента при спуске неуравновешенного груза (см. табл. 3) принимаем равным $24\ Н \cdot м$.

$$n_{дв}^{c} = 1000 \times \left(1 + 0.07 \times \frac{2.4}{7}\right) = 1024\ об/мин$$

$$V_{сп} = \frac{3.14 \times 1024 \times 0.93}{60 \times 45} = 1.1\ м/с$$

Определяем отклонение расчетной скорости движения кабины от номинальной при спуске неуравновешенного груза по формуле:

$$\frac{V_{под} - V_H}{V_H} \cdot 100\% = \frac{1.1 - 1}{1} \times 100\% = 10\% \quad (29)$$

Отклонение рабочей скорости движения кабины от номинальной скорости не должна превышать ±15%.

2.7. Маховые моменты поступательно движущихся в шахте масс

Режимы маховые моменты поступательно движущихся в шахте масс отображены в табл.4.

Таблица 4

Режимы маховые моменты поступательно движущихся в шахте масс.

Режим						Без потерь в редукторе $(GD^2) = \frac{\Gamma_\Sigma \cdot D_ш}{i^2}$	Формула	Пуск	Переход	Механич. торможен.
			Кабины					η =0.71 $n_{нmax}$ =650	η =0.68 $n_{M_Г}$ =410	η =0.63 $n_{M_Т}$ =210
№р	характер	обознач.	загрузка	направл. движе-	положе- ние					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Подъем неуравновешенного	Эксплуатац. режим	Q	Подъем	Внизу	12,17	GD²=	17,14	17,89	18,72
2					Вверху	12,42		17,49	18,26	19,1
3			0	Спуск	Внизу	9,98		14,05	14,67	15,35
4					Вверху	10,2		14,36	15	15,69
5		Испыт. пина-	1.1Q	Подъем	Внизу	12,38		17,43	18,2	19,04
6					Вверху	12,63		17,78	18,57	19,43
								η=0.615	η=0.54	η=0.44
7			Q	Спуск	Внизу	12,09	GD²=(GD²)'·1/η'	7,43	6,52	5,31
8					Вверху	12,34		7,58	6,66	5,42
9			0	Подъем	Внизу	10		6,15	5,4	4,4
10					Вверху	12,3		7,56	15,12	5,41

11	Спуск неуравновешенного Испыт. динамич	1.1Q	Спуск	Внизу	12,55		7,71	6,77	5,52
12				Вверху	14,25		8,76	7,69	6,27

2.8. Ускорение кабины

Определяем при пуске лифта a_n по формуле:

$$a_n = K \cdot \frac{M_n^{\partial}}{GД_n^2}, \tag{30}$$

где $M_n^{\partial} = M_{мах} - M_2$; (31)

$M_{мах}$ - максимальный момент принимаем равным 240 Н ·м;

M_2 - см. табл. 4;

$GД_n^2 = GД_в^2 + GД_2^2$ - маховый момент на валу двигателя; (32)

$GД_2^2$ - см. табл. 5.

$$GД_в^2 = GД_р^2 + GД_{мф}^2 + GД_{мх}^2, \tag{33}$$

$$GД_в^2 = 4.5 + 1.5 + 0 = 6кг.м = 60Н.м$$

где $GД_р^2, GД_{мф}^2, GД_{мх}^2$ - соответственно маховые моменты ротора двигателя, муфты и маховика.

$$K = \frac{2 \cdot g \cdot D_ш}{i}, \tag{34}$$

где i -передаточное число редуктора принимаем равным 45.

$$K = \frac{2 \times 9.8 \times 0.93}{45} = 0.4$$

Полученные данные заносим в таблицу 4.

При использовании в лебедках лифтов двухскоростных двигателей период остановки лифта может быть разделен на 3 стадии.

1-ая – переключение двигателя с номинальной (большой) скорости на малую. В этот период времени торможения системы происходит за счет действия тормозного момента двигателя (генераторный момент). Действие генераторного момента превращается при достижении быстроходным валом лебедки числа оборотов равных числу оборотов двигателя на малой скорости. После этого следует кратковременное движение на малой скорости. После отключение малой скорости наступает 2-ая стадия торможения, которая длится до момента наложения механического тормоза. С момента наложения тормоза наступает 3-я окончательная стадия.

Определяем ускорение кабины при переходе с большой скорости на малую $a_Г$ по формуле:

$$a_Г = K \cdot \frac{M_Г^{д}}{GД_Г^2}, \tag{35}$$

где $M_Г^{д} = M_Г + M_З$ - динамический момент;

$M_Г$ момент двигателя принимаем равным 240 Н ·м ;

$M_З$ - см. табл. 4;

$$GД_Г^2 = GД_в^2 + GД_2^2 \tag{36}$$

Определяем ускорение кабины при наложении тормоза $a_Т$ по формуле:

$$a_Т = K \cdot \frac{M_Т^{д}}{GД_Т^2}, \tag{37}$$

где $M_Т^{д} = M_Т + M_З$ - динамический момент торможения; (38)

$M_Г$ -момент механического тормоза принимаем равным 100 Н ·м ;

$M_З$ - см. табл. 4;

$GД_Т^2 = GД_в^2 + GД_З^2$ - маховый момент системы на валу двигателя; (39)

$M_ш^{д}$ - динамический крутящий момент на КВШ;

$F_Σ^{д}$ - динамическая нагрузка.

Полученные данные сводим в таблицу.5.

Таблица 5

Динамические нагрузки на КВШ

№	Мш	а	F_Σ	ΔF	$M_ш^{g_1} = F_\Sigma \cdot \frac{a}{g} \cdot \frac{D_ш}{2}$	$M_ш^{д} = M_ш + M_ш^{д_1}$	$F_\Sigma^{д} = F_\Sigma + \frac{a}{g} \cdot \Delta F$
	статич. крутящ. момент	ускорение кабины, м/с²	натяжение				
			сумма	разность			
1	2070	0,91	28500	4100	1230	3300	28880
2	870	1,1	29080	1520	1510	2380	29250
3	780	1,17	23370	1390	1290	2070	23530
4	2010	0,95	23900	4020	1070	3080	24280
5	2310	0,87	29000	4600	1190	3500	29400
6	1110	1,06	29580	2020	1480	2590	29790
7	1480	1,34	28320	3560	1800	3280	28800
8	280	1,42	28900	980	1940	2220	29040
9	310	1,44	23420	980	1600	1910	23560
10	1510	1,24	24000	3560	1410	2920	24450
11	1710	1,31	28820	4060	1790	3500	29360
12	510	1,39	29400	1480	1930	2440	29600

2.9. Проверка тяговой способности КВШ

Канатоведущий шкив лебедки должен быть снабжен ручьями, форма которых позволяла бы обеспечить сцепление канатов со шкивом, достаточное, для удержания кабины в эксплуатационных режимах и при статических испытаниях, и исключала бы возможность подъема кабины при неподвижном противовесе или противовеса при неподвижной кабине.

Определяем условие обеспечения сцепления ψ по формуле:

$$\psi \le \gamma, \tag{40}$$

где ψ - отношение натяжений ветвей тяговых канатов у КВШ;

γ - коэффициент тяговой способности, характеризующий отношения натяжений ветвей тяговых канатов у КВШ при проскальзывании каната по КВШ.

Расчетный случай «эксплуатационный режим».

При пуске лифта (переходе на малую скорость) $\psi_{д\max} = \psi_{д10} = 1.83 \le \gamma = 2.28$

где $\gamma = 2.28$ - коэффициент тяговой способности КВШ в движении при клиновом ручье с углом клина профиля β=40° (новый неизношенный ручей) при угле обхвата α=180°.

Определяем коэффициент запаса тяговой способности $n_{уд}$ по формуле:

$$n_{уд} = \frac{\gamma}{\partial 10}, \tag{41}$$

$$n_{уд} = \frac{2.28}{1.83} = 1.24$$

Определяем минимально допустимый коэффициент тяговой способности по условиям гарантированного сцепления при спуске лифта $\gamma_{\min}$ по формуле:

$$\gamma_{\min} = \left[n_{\gamma} \right] \cdot \psi_{\partial 10} \sum , \tag{42}$$

где $\left[n_{\gamma} \right]$ -минимально допустимый коэффициент запаса тяговой способности в движении принимаем равным 1,05.

$$\gamma_{\min} = 1.05 \times 1.83 = 1.92$$

Тяговая способность шкива при износе ручья до подреза $\gamma = 1.92,$ следовательно, сцепление каната со шкивом в режиме спуска обеспечено при износе ручья на всю высоту профиля.

Расчетный случай „испытания статические”.

Условие отсутствия скольжения каната по шкиву при испытании лифта на двойную статическую нагрузку.

$$\psi_n = \psi_{ст13} \le \gamma_n = 2.50, \tag{43}$$

где $\gamma_n = 2.50$ - коэффициент тяговой способности КВШ в покое при клиновом ручье с углом клина профиля β=40° (новый неизношенный ручей) при угле обхвата α=180°.

Определяем коэффициент запаса тяговой способности $n_{уп}$ по формуле:

$$n_{уп} = \frac{\gamma_n}{cm13}, \tag{44}$$

$$n_{уп} = \frac{2.50}{1.71} = 1.46$$

Определяем минимально допустимый коэффициент тяговой способности по условиям гарантированного сцепления при испытании лифта на двойную статическую нагрузку $\gamma_{\min}$ по формуле:

$$\gamma_{\min} = \left[n_{уп} \right] \cdot \psi_{cm13}, \tag{45}$$

где $\left[n_{уп} \right]$ -минимально допустимый коэффициент запаса тяговой способности в покое принимаем равным 1,05.

$$\gamma_{\min} = 1.05 \times 1.71 = 1.79$$

Коэффициент тяговой способности в покое при износе ручья до подреза $\gamma = 1.79$, следовательно, сцепление каната со шкивом при испытании на двойную статическую нагрузку обеспечено при износе ручья на всю высоту профиля.

Проверка возможности подъема кабины (противовеса) при неподвижном противовесе (кабине).

$$\psi \geq \gamma, \tag{46}$$

Определяем возможность подъема кабины при неподвижном противовесе $\psi_{каб}$ по формуле :

$$\psi_{каб} = \frac{G_Ц + F_K}{T}, \tag{47}$$

где $F_K = G_K = 9.50H$.

$$\psi_{каб} = \frac{101 + 950}{158} = 6.6$$

$$\psi_{каб} = 6.6 \geq \gamma_n = 2.5$$

Определяем возможность подъема противовеса при неподвижной кабине $\psi_{пр}$ по формуле:

$$\psi_{пр} = \frac{F_n}{T}, \tag{48}$$

где $F_n = G_n = 12.29H$.

$$\psi_{каб} = \frac{1229}{158} = 7.7$$

$$\psi_{каб} = 7.7 \geq \gamma_n = 2.5$$

Следовательно, возможность подъема кабины при неподвижном противовесе или при неподвижной кабине – исключена.

2.10. Запас тормозного момента

Тормоз предназначен для остановки кабины при отключении электродвигателя и удержания ее в неподвижном состоянии.

Тормоз колодочный, нормально-замкнутый типа ТКТ-300

Диаметр тормозной полумуфты – 300 мм

Тормозной момент 800 – 1000 Н·м

Тип электромагнита МП 201У2

Расчетный случай „эксплуатационный режим”

$M^{э}_{3\,10}$ максимальный статический момент на валу тормозного шкива при эксплуатационном режиме (спуск неуравновешенного груза) равен 14 Н ·м табл.№3:

Запас тормозного момента $n_т$ определяется по формуле:

$$n_т = \frac{M_T}{M_{3\,10}}, \tag{49}$$

где M_T момент механического тормоза принимаем равным 100 Н ·м;

$$n_т = \frac{10}{1.4} = 7.1 \geq [n_т] = 2.0$$

Расчетный случай „испытания статические”.

$M_{3\,13}$ статический момент на валу тормозного шкива при испытании на двойную статическую нагрузку равен: 37 Н ·м табл.№3;

Определяем запас тормозного момента n_m по формуле:

$$n_m = \frac{M_T}{M_{З13}}, \tag{50}$$

$$n_m = \frac{10}{3.7} = 2.7 \geq [n_m] = 1.4$$

2.11. Точность остановки кабины

Под точностью остановки понимается разность уровней порога кабины и порога этажной площадки в условиях нормальной эксплуатации.

Точность остановки кабины для рассчитываемого лифта должна выдерживаться в пределах ±50 мм [1].

Разность уровней порогов кабины и этажной площадки может возникать вследствие несовпадения этих уровней при остановке кабины (начальная неточность остановки кабины), а также вследствие перемещения кабины на упругой подвеске при изменении загрузки кабины Δ мм, определяется по формуле.

$$\Delta = \Delta_H + \Delta_У, \tag{51}$$

где Δ - разность уровней порогов кабины и этажной площадки;

Δ_H - начальная неточность остановки кабины, принимаем равным $33.1мм$;

$\Delta_У$ - перемещение кабины на упругом подвесе от груза в кабине.

Кабина на верхней остановке $\Delta^{в}_{\max}$ мм, определяется по формуле:

$$\Delta^{в}_{\max} = \Delta^{в}_{H\max} + \Delta^{в}_{У}, \quad (52)$$

$$\Delta^{в}_{\max} = 33.1 + 4.6 = 37.7 \text{ мм}$$

Кабина на нижней остановке $\Delta^{H}_{\max}$ определяется по формуле:

$$\Delta^{H}_{\max} = \Delta^{H}_{H\max} + \Delta^{H}_{У}, \quad (53)$$

$$\Delta^{H}_{\max} = 33.1 + 11.2 = 44.3 \text{ мм}$$

Перемещение кабины на упругом подвесе $\Delta_{У}$ мм, определяется по формуле:

$$\Delta_{У} = \frac{Q}{Z}, \quad (54)$$

где Q – грузоподъемность;

Z – суммарная жесткость подвеса кабины определяется по формуле:

$$Z = \frac{Z_T \cdot Z_n \cdot Z'_A}{Z_T \cdot Z_n + Z_T \cdot Z'_A}, \quad (55)$$

$Z_T = \frac{E_T \cdot F_T \cdot m_T}{l}$ - жесткость тяговых канатов: (56)

E_T -условный модуль упругости тяговых канатов принимаем равным $1.25 \cdot 10^6 \, Па$;

F_T -условная площадь поперечного сечения тягового каната принимаем равным $1.13 \, см^2$;

m_T -количество тяговых канатов принимаем равным 4;

l - длина тяговых канатов от КВШ до кабины;

$l_в$ при положении кабины на верхней остановке принимаем равным $1.5 м$;

$l_H = H + l_в = 75 + 1.5 = 76.5 м$ - при положении кабины на нижней остановке:

$$Z_{Tв} = \frac{E_T \cdot F_T \cdot m_T}{l_в}, \quad (57)$$

$$Z_{Tв} = \frac{1.25 \times 10^6 \times 1.13 \times 4}{1.5 \times 10^2} = 37670 кг/см = 376,7 кН/м$$

$$Z_{TH} = \frac{E_T \cdot F_T \cdot m_T}{l_H}, \tag{58}$$

$$Z_{TH} = \frac{1.25 \times 10^6 \times 1.13 \times 4}{76.5 \times 10^2} = 738 кг/см = 7.38 кН/м$$

$$Z_n = \frac{E_n \cdot F_n \cdot m_n \cdot m_k}{h_n \cdot (m_n + m_k)}, \tag{59}$$

где E_n-модуль упругости упругого элемента подвеса кабины принимаем равным 750Па;

F_n площадь поперечного сечения упругого элемента подвеса кабины принимаем равным $100 см^2$;

h_n-высота упругого элемента подвеса кабины принимаем равным $8.3 см$;

m_n количество упругих элементов подвесе кабины в подвеске принимаем равным 2;

$m_к$ количество упругих элементов подвесе кабины под кабиной принимаем равным 4;

$Z_A^{'}$ приведенная жесткость амортизаторов лебедки принимаем равным $356.7 кН/м$;

$$Z_n = \frac{72 \times 100 \times 2 \times 4}{8.3 \times (2+4)} = 1156 кг/см = 11560 Н/м$$

Суммарная жесткость подвеса кабины:

- кабина на нижней остановке Z_H Па, определяется по формуле:

$$Z_H = \frac{Z_{TH} \cdot Z_n \cdot Z_A^{'}}{Z_{TH} \cdot Z_n + Z_{TH} \cdot Z_A^{'} + Z_n \cdot Z_A^{'}}, \tag{60}$$

$$Z_H = \frac{738 \times 1156 \times 35670}{738 \times 1156 + 738 \times 35670 + 1156 \times 35670} = 445 кг/см^2 = 4450 Па$$

- кабина на верхней остановке Z_B Па,определяется по формуле:

$$Z_B = \frac{Z_{TB} \cdot Z_n \cdot Z_A^{'}}{Z_{TB} \cdot Z_n + Z_{TB} \cdot Z_A^{'} + Z_n \cdot Z_A^{'}}, \quad (61)$$

$$Z_B = \frac{37670 \times 1156 \times 35670}{37670 \cdot 1156 + 37670 \times 35670 + 1156 \times 35670} = 1090 кг/см^2 = 10900 Па$$

Перемещение кабины на упругом подвесе от груза в кабине:

- кабина на нижней остановке Δ_y^H мм, определяется по формуле:

$$\Delta_y^H = \frac{Q}{Z_H}, \quad (62)$$

$$\Delta_y^H = \frac{500}{445} = 1.12 см = 11.2 мм$$

- кабина на верхней остановке Δ_y^B мм, определяется по формуле:

$$\Delta_y^B = \frac{Q}{Z_B}, \quad (63)$$

$$\Delta_y^B = \frac{500}{1090} = 0.46 см = 4.6 мм$$

h_T - путь кабины при наложенном механическом тормозе.

Расчетный путь остановки кабины при спуске неуравновешенного груза h_C определяется по формуле:

$$h_C = h_{BC} + h_{TC} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{cx} \cdot t_B}{60 \cdot i} \cdot \left(1 + k_n \cdot \frac{M_C \cdot \eta_o}{M_H}\right) + \frac{g \cdot D \cdot M_C \cdot t_B^2}{i \cdot \left(\frac{1}{\eta_o} \cdot GD_B^2 + GD_C^2\right)} +$$

$$+ \left[\frac{\pi \cdot D \cdot n_{cx}}{60 \cdot i} \cdot \left(1 + k_n \cdot \frac{M_C \cdot \eta_o}{M_H}\right) + \frac{2 \cdot g \cdot D \cdot M_C \cdot t_B}{i \cdot \left(\frac{1}{\eta_o} \cdot GD_B^2 + GD_C^2\right)}\right] \cdot \frac{i \cdot (GD_B^2 + GD_C^2 \cdot \eta_{оэ})}{4 \cdot g \cdot D \cdot (M_T - M_C \cdot \eta_{оэ})} \quad (64)$$

Расчетный путь остановки кабины при подъеме неуравновешенного груза h_n определяется по формуле:

$$h_n = h_{BC} + h_{Tn} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{cx} \cdot t_B}{60 \cdot i} \cdot \left(1 - k_n \cdot \frac{M_n}{\eta \cdot M_H}\right) - \frac{g \cdot D \cdot M_n \cdot t_B^2}{i \cdot \left(GD_B^2 \cdot \eta + GD_n^2\right)} +$$

$$+ \left[\frac{\pi \cdot D \cdot n_{cx}}{60 \cdot i} \cdot \left(1 - k_n \cdot \frac{M_n}{\eta \cdot M_H}\right) + \frac{2 \cdot g \cdot D \cdot M_n \cdot t_B}{i \cdot \left(GD_B^2 \cdot \eta + GD_n^2\right)}\right]^2 \cdot \frac{i \cdot (GD_B^2 \cdot \eta_э + GD_n^2)}{4 \cdot g \cdot D \cdot (M_T \cdot \eta_э + M_n)}, \quad (65)$$

где D– диаметр КВШ принимаем равным принимаем равным 0.93 м;

n_{cx} - синхронная скорость двигателя на обмотке малой скорости принимаем равным 250об/мин;

t_B - расчетное время выбега системы (определяется работой электроаппаратуры) принимаем равным 0,15с;

i - передаточное число редуктора принимаем равным 45;

k_n - коэффициент скольжения при работе на обмотке малой скорости принимаем равным 0,2;

M_C, M_n - статический момент на валу двигателя без учета потерь в редукторе, соответственно при спуске и подъеме неуравновешенного груза;

η_o - КПД редуктора при установившемся движении на обмотке малой скорости при ведущем червячном колесе принимаем равным 0,475;

$\eta_{оэ}$ - эквивалентное КПД редуктора при торможении механическим тормозом при ведущем червячном колесе принимаем равным 0,390;

M_H - номинальный момент электродвигателя на обмотке малой скорости принимаем равным $8.5 кг \cdot м$;

g - ускорение свободного падения принимаем равным $9.81 м/с^2$;

GD_B^2 - маховый момент вращающихся частей лебедки, определяется по формуле $Н \cdot м^2$;

$$GD_B^2 = (GD_p^2 + GD_{мх}^2 + GD_{мф}^2) \cdot к_p, \quad (66)$$

$$GD_B^2 = 1.05 \times (4.5 + 0 + 1.5) = 6.3\ кг \cdot м^2 = 63\ Н \cdot м^2$$

GD_p^2 - маховый момент ротора электродвигателя принимаем равным $4.5\ \text{Н}\cdot\text{м}^2$;

$GD_{мх}^2$ - принимаем равным 0;

$GD_{мф}^2$ - маховый момент муфты лебедки принимаем равным $1.5\ \text{Н}\cdot\text{м}^2$;

κ_p - коэффициент, учитывающий маховый момент вращающихся частей редуктора принимаем равным 1.05;

GD_n^2, GD_C^2 - маховый момент поступательно-движущихся в шахте частей лифта приведенный к валу двигателя (без учета потерь в редукторе) соответственно при подъеме и спуске неуравновешенного груза;

M_T - момент механического тормоза принимаем равным $10\ \text{Н}\cdot м$;

ΔM_T– расчетное изменение тормозного момента принимаем равным 10Н·м;

η - КПД редуктора при установившемся движении на обмотке малой скорости при ведущем червяке принимаем равным 0.63;

$\eta_э$ - эквивалентное КПД редуктора при торможении механическим тормозом при ведущем червяке принимаем равным 0.6.

$$h_C = \frac{3.14\times0.93\times250\times0.15}{60\times45}\cdot\left(1+0.2\times\frac{3.8\cdot0.475}{8.5}\right)+\frac{9.81\times0.93\times3.8\times0.15^2}{45\times\left(\frac{1}{0.475}\times6.3+1.425\right)}+$$

$$+\left[\frac{3.14\times0.93\times250}{60\times45}\cdot\left(1+0.2\times\frac{3.8\times0.475}{5.1}\right)+\frac{2\times9.81\times0.93\times3.8\times0.15}{45\times\left(\frac{1}{0.475}\times6.3+1.425\right)}\right]\cdot$$

$$\cdot\frac{45\times(6.3+1.425\times0.39)}{4\times9.81\times0.93\times(10-3.8\times0.39)}=0.34$$

$$h_n = \frac{3.14 \times 0.93 \times 250 \times 0.15}{60 \times 45} \times \left(1 - 0.2 \times \frac{5.1}{0.63 \times 8.5}\right) - \frac{9.81 \times 0.93 \times 5.1 \times 0.15^2}{45 \times (6.3 \times 0.63 + 1.263)} +$$

$$+ \left[\frac{3.14 \times 0.93 \times 250}{60 \times 45} \times \left(1 - 0.2 \times \frac{5.1}{0.63 \times 8.5}\right) + \frac{2 \times 9.8 \times 0.93 \times 5.1 \times 0.15}{45 \times (6.3 \times 0.63 + 1.263)}\right]^2 \cdot$$

$$\cdot \frac{45 \times (6.3 \times 0.6 + 1.263)}{4 \times 9.81 \times 0.93 \times (10 \times 0.6 + 5.1)} = 0.049$$

Начальная разность уровней порогов кабины и этажной площадки при остановке (начальная неточность остановки).

В качестве расчетной начальной неточности остановки принимается половина разности путей кабины, проходимая при нормальной остановке, при движении в одном направлении порожней кабины и кабины с номинальным грузом, при этом пути остановки кабины исчисляются от одного уровня, который соответствует положению кабины при стабильной скорости.

$$\Delta_H = 0.5 \cdot (h_C - h_n), \tag{67}$$

$$\Delta_H = 0.5 \times (0.34 - 0.049) = 0.1455$$

где Δ_H - начальная неточность остановки.

Расчетный путь остановки кабины h определяется по формуле

$$h = h_в + h_T, \tag{68}$$

где $h_в$ - путь кабины в период выбега системы (двигатель отключен, механический тормоз не наложен).

$$\Delta^H = 0.1455 + 11.2 = 11.34 \text{ мм}$$

$$\Delta^в = 0.46 + 11.2 = 11.66 \text{ мм}$$

Условие выполняется. Точность остановки кабины не превышает указанных пределов.

2.12. Размеры противовеса

Вес противовеса $G_n = 1229 кг = 12.29 кН$.

Противовес компонуем одновременно железобетонными и чугунными грузами.

Из чугуна массой 60 кг – 20 шт.

Из железобетона массой 29 кг – 1 шт.

Из чугуна: Из железобетона:

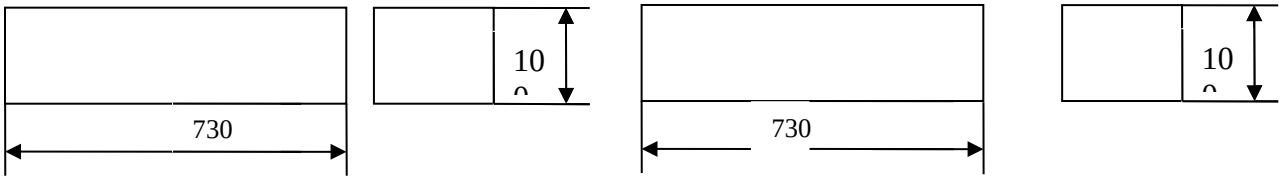

Рис.6. Размеры противовеса

2.13. Ловители

Ловители должны удерживать кабину на направляющих при ее движении вниз в случае увеличения скорости движения кабины до величины 1.4V (V – номинальная скорость лифта).

Ловители должны быть рассчитаны на удержание кабины с нагрузкой, соответствующей свободному заполнению, в случае обрыва тяговых канатов при скорости 1.4V.

Максимальная величина ускорения (замедления) при посадке кабины на ловители не должна превышать 25 м/сек².

На кабине установлены ловители плавного торможения – клиновой ОСТ 22.127-71.

Для таких ловителей регламентируют тормозные пути:

[Smin]=40 мм – минимальный путь торможения порожней кабины,

[Smax]=450 мм – максимальный путь торможения кабины с грузом.

l_1 =10 мм l_2 =250 мм

P_2 =13.50 кН - рабочее усилие пружины (в конце хода клина)

Таблица 6

Технические данные ловителя

Ограничитель скорости	Шкив Со	Диаметр	D_0	208	мм
		Профиль ручья	Клиновой 30°		
	Коэффициент тяговой способности КВШ		y_H	2,97	-
	Угол обхвата шкива канатом		α	180°	град
	Маховый момент вращающ. Частей		GD_0^2	0,16	кг·м²
Натяжное устройство	Груз	Вес	$G_{гр}$	20	кг
	Рычаг груза	Длина	l_{O2B}	350	мм
		Вес	G_{O2B}	1,9	кг
	Блок А	Диаметр	$D_б$	208	мм
		Вес	$G_б$	3,6	кг

	Плеча веса блока	l_{O2A}	145	мм
Контакт	Тип	ВК200Б		
	Усилие срабатывания	P_K	60	Н
	Ход до срабатывания	$\alpha_{ср}$	12	град
	Рабочий ход	α_p	17	град
	Полный ход	$\alpha_П$	22	град
	Установочный угол	φ	54	град
	Максимальный установочный угол	$\varphi_{\max}$	55	град
	Длина рычага	R	38	мм
	Диаметр ролика	d	30	мм

Тормозное усилие одного ловителя $R_1 кН$ определяется по формуле:

$$R_1 = P_2 \cdot \frac{l_2}{l_1} \cdot m \cdot \mu, \tag{69}$$

где m– число поверхностей трения в одном ловителе принимаем равным 2,

μ - коэффициент трения колодок ловителей о направляющую принимаем равным 0,14.

$$R_1 = 1350 \times \frac{250}{80} \times 2 \times 0.14 = 11.8\ кН$$

Расчетное отклонение тормозного усилия для применяемой конструкции ловителей принимается 12%.

$$R_{1\max} = R_1 \cdot 1.12, \tag{70}$$

$$R_{1\max} = 1180 \times 1.12 = 1320\ кг = 13.2\ \text{кН}$$

$$R_{1\min} = R_1 \cdot 0.88 \tag{71}$$

$$R_{1\min} = 1180 \times 0.88 = 1040\ кг = 10.4\ \text{кН}$$

Общее тормозное усилие ловителей $R_{\max}$кН определяется по формуле:

$$R_{\max} = 2 \cdot R_{1\max}, \tag{72}$$

$$R_{\max} = 2 \times 1320 = 2640\ кг = 26.4\ \text{кН}$$

Общее тормозное усилие ловителей $R_{\min}$кН определяется по формуле:

$$R_{\min} = 2 \cdot R_{1\min}, \tag{73}$$

$$R_{\min} = 2 \times 1040 = 2080\ кг = 20.8\ \text{кН}$$

Расчетный вес улавливаемых масс кабины (расчетный вариант – лифт с максимальной высотой подъема при максимальном весе подвесного кабеля):

$$G_{\max} = G_K + Q_C + G_{П.К} + G_{К.Ц}, \quad (74)$$

$$G_{\max} = 950 + 580 + 58 + 101 = 1689 \text{ кг} = 16.89 \text{ кН}$$

$$G_H = G_K + Q + G_{П.К} + G_{К.Ц}, \quad (75)$$

$$G_H = 950 + 500 + 58 + 101 = 1609 \text{ кг} = 16.09 \text{ кН}$$

$$G_P = G_{П.К} + 0.5 \cdot Q_C, \quad (76)$$

$$G_P = 950 + 580 = 1240 \text{ кг} = 12.4 \text{ кН}$$

Ускорение при посадке на ловители определяется по формуле:

$$a_{\min} = g \cdot \left(\frac{R_{\min}}{G_{\max}} - 1 \right), \quad (77)$$

$$a_{\min} = 9.81 \times \left(\frac{2080}{1689} - 1 \right) = 2.27 \text{ м/с}^2$$

$$a_П = g \cdot \left(\frac{R_{\min}}{G_H} - 1 \right), \quad (78)$$

$$a_П = 9.81 \times \left(\frac{2080}{1609} - 1 \right) = 2.87 \text{ м/с}^2$$

Тормозной путь кабины $S, \text{мм}$ определяется по формуле (расчетный случай „аварийный посадка на ловители”):

$$S = \frac{V_p^2}{2 \cdot a}, \quad (79)$$

где $V_p = 1.4V = 1.4 \cdot 1 = 1.4 \text{ м/с}$ - расчетная скорость в начале посадки на ловители.

Минимальный тормозной путь порожней кабины $S_{\min}, \text{мм}$ определяется по формуле:

$$S_{\min} = \frac{V_p^2}{2 \cdot a_{\max}}, \tag{80}$$

$$S_{\min} = \frac{1.4^2 \times 10^3}{2 \times 17.45} = 56 \text{ мм} \geq \left[S_{\min} \right] = 40 \text{ мм}$$

Максимальный тормозной путь кабины с грузом $S_{\max}$мм определяется по формуле:

$$S_{\max} = \frac{V_p^2}{2 \cdot a_{\min}}, \tag{81}$$

$$S_{\max} = \frac{1.4^2 \times 10^3}{2 \times 2.27} = 431 \text{ мм} \leq \left[S_{\max} \right] = 450 \text{ мм}$$

Тормозной путь кабины с номинальным грузом S_Hмм определяется по формуле:

$$S_H = \frac{V_p^2}{2 \cdot a_H}, \tag{82}$$

$$S_H = \frac{1.4^2 \times 10^3}{2 \times 2.87} = 314 \text{ мм} \leq \left[S_{\max} \right] = 450 \text{ мм}$$

Коэффициент динамической перегрузки при посадке на ловители определяется по формуле:

- порожней кабины ξ:

$$\xi = \frac{R_{\max}}{G_{\min}}, \tag{83}$$

$$\xi = \frac{2640}{950} = 2.78$$

- кабины с грузом ξ_1:

$$\xi_1 = \frac{R_{\min}}{G_{\max}}, \tag{84}$$

$$\xi_1 = \frac{2080}{1689} = 1.23$$

$$\xi_{1max} = \frac{R_{max}}{G_{max}}, \quad (85)$$

$$\xi_{1max} = \frac{2640}{1689} = 1.56$$

- кабины с номинальным грузом ξ_2:

$$\xi_2 = \frac{R_{min}}{G_H}, \quad (86)$$

$$\xi_2 = \frac{2080}{1609} = 1.29$$

$$\xi_{2max} = \frac{R_{max}}{G_H}, \quad (87)$$

$$\xi_{2max} = \frac{2640}{1609} = 1.64$$

- кабины с грузом 0.5 ξ_3:

$$\xi_3 = \frac{R_{max}}{G_P}, \quad (88)$$

$$\xi_3 = \frac{2640}{1240} = 2.13$$

Ловители клиновые (два ловителя), установленные на кабине лифта обеспечивают выполнение требований.

Расчетный механизм должен обеспечивать:

1. Срабатывание ловителей при срабатывании ограничителя скорости
2. Несрабатывание ловителей при пуске лифта

В настоящем механизме шкив ограничителя скорости приводится в движение за счет сил трения от приводного каната, поэтому должно быть обеспечено отсутствие проскальзывания приводного каната по шкиву в режимах, предшествующих срабатыванию ограничителя скорости.

2.14. Проверка срабатывания ловителей при срабатывании ограничителя скорости

Расчетный вариант – минимальная высота подъема.

Условие работоспособности n_2 определяется по формуле:

$$n_2 = \frac{S_2 \cdot (\gamma - 1)}{P_{KE}} \geq [n_2], \tag{89}$$

где n_2 - коэффициент запаса усилия при включении ловителей;

S_2 - натяжение холостой ветви каната у шкива ограничителя скорости;

γ - тяговый коэффициент шкива ограничителя скорости;

γ_H - тяговый коэффициент неизношенного ручья;

P_{KE} - осевое усилие в приводном канате (в точке Е` - положение 2), необходимое для поднятия клиньев в конце хода клиньев;

$[n_2]$ - минимально допустимый коэффициент запаса усилия при включении ловителей принимаем равным 1,5.

$$S_2 = q_n \cdot H_{o\min} + \frac{G_б}{2} + G_{гр} \cdot \frac{l_{o2B}}{2 \cdot l_{o2A}} + G_{o2B} \cdot \frac{l_{o2B}}{4 \cdot l_{o2A}}, \tag{90}$$

$$S_2 = 0.02205 \times 12 + \frac{3.6}{2} + 20 \times \frac{0.35}{2 \times 0.145} + 1.9 \times \frac{0.35}{4 \times 0.145} = 30 \text{ кг} = 300 \text{Н}$$

Из условия $\sum M_0 = 0,$ имеем:

$$P_{KE} = \left[(m_k \cdot G_{П.К} + m_T \cdot G_{СК} + G_{ОС}) \cdot l_{ОС} + P_2 \cdot l_{ОД} + 0.5 \cdot G_{ОЕ} \cdot l_{ОЕ} \right] \cdot \frac{1}{\eta \cdot l_{ОЕ}}, \tag{91}$$

$$P_{KE} = \left[(2 \times 1.6 + 2 \times 2.5 + 1) \times 0.12 + 54.8 \times 0.07 + 0.5 \times 0.75 \times 0.185 \right] \times \frac{1}{0.8 \times 0.185} = 34 \text{ кг}$$

η - КПД рычажной системы принимаем равным 0,8.

Коэффициент запаса усилия включения ловителей при неизношенном канатном ручье шкива ограничителя скорости n_2 определяется по формуле:

$$n_2 = S_2 \cdot \frac{(\gamma_H - 1)}{P_{KE}}, \tag{92}$$

$$n_2 = 30 \times \frac{(2.97 - 1)}{34} = 1.73$$

Минимально допустимый тяговый коэффициент шкива ограничителя скорости при износе ручья γ_H определяется по формуле:

$$\gamma_H = 1 + [n_2] \cdot \frac{P_{KE}}{S_2}, \tag{93}$$

$$\gamma_H = 1 + 1.5 \times \frac{34}{30} = 2.7$$

При этом максимально допустимый радиальный износ канатного ручья:

$$[\sigma]_{max} = 0.2 \text{ мм}$$

2.15. Направляющие

Направляющие установлены в шахте лифта на всем пути движения кабины и закреплены к строительной части шахты.

Направляющие фиксируют положение кабины и противовеса относительно шахты. На направляющих происходит удержание кабины при посадке ее на ловители и буфера.

Направляющие кабины изготовлены из специального Т-образного в сечении профиля, направляющие противовеса из углового проката.

Нагрузка на пяту направляющих

Расчетная нагрузка P_pкН определяется по формуле:

$$P_p = (R_{1max} + G) \cdot k, \tag{94}$$

$$P_p = (1320 + 950) \times 1.1 = 2500 \text{ кг} = 25 \text{ кН}$$

$R_{1max} = 1320 \text{ кг} = 13.2 \text{ кН}$;

Вес G определяется по формуле:

$$G = \gamma \cdot F_H \cdot H' \tag{95}$$

γ- удельный вес принимаем равным 7.9 т/м^3;

F_H - площадь сечения направляющей принимаем равным 15 см^2;

$$H' = H + 5, \quad (96)$$

$$H' = 75 + 5 = 80 \text{ м}$$

k - коэффициент принимаем равным 1.1;

$$G = 7.9 \times 0.0015 \times 80 \times 10^3 = 950 \text{ кг} = 9500 \text{ Н}$$

2.16. Буфера кабины

Буфера кабины рассчитываются на посадку кабины с грузом превышающим номинальный на 10%, движущийся с наибольшей скоростью, допускаемой ограничителем скорости. (1.4V)

Максимальная величина ускорения при посадке на буфера порожней кабины должна быть не более 25 м/с².

Допускается превышение этой величины, если длительность действия этого превышения не более 0.04 с.

Буфера кабины должны быть рассчитаны также на удержание кабины с нагрузкой, соответствующей ее свободному заполнению, в случае обрыва тяговых канатов при наибольшей скорости приведения в действие ловителей (1.4V) – требование 1.

Буферное устройство кабины состоит из 2 параллельно работающих буферов БК-1-170 ОСТ 22.126-71. В буфере устанавливается одна пружина С125-034 ОСТ 22.125-71.

Расчетные параметры буфера:

Z=13.13 Н/м – жесткость пружины буфера

$F_{2\max} = 170$ мм - максимальный ход буфера.

Расчетный случай „Аварийный – посадка на буфера”

Расчетный вариант: лифт с максимальной высотой подъема без уравновешивающих цепей (Н=75 м).

Ускорение посадки кабины на буфер без обрыва тяговых канатов a определяется по формуле:

$$a = k \cdot g \cdot \sqrt{\frac{1}{G}}, \tag{97}$$

где G – вес кабины с грузом.

$$k = \sqrt{\frac{m \cdot Z \cdot V_p^2}{g} - S}, \tag{98}$$

$$S = \frac{(G_П - G_{T.K} \cdot y)^2}{y \cdot (G_П + G_{T.K} \cdot y)}, \tag{99}$$

$$S = \frac{(1229 - 158 \times 2.28)^2}{2.28 \times (1229 + 158 \times 2.28)} = 208.29$$

где m - количество буферов в буферном устройстве кабины принимаем равным 2;

V_p - расчетная скорость кабины при соприкосновении с буферами;

$V_{pn} = V = 1$ м/с^2 - при посадке кабины с грузом <0.5;

$V_{pr} = 1.4 \cdot V = 1.4$ м/с^2 - при посадке кабины с грузом >0.5;

$$k_n = \sqrt{\frac{2 \times 13.83 \times 10^3 \times 1^2}{9.81} - 208.2} = 51.1$$

$$k_r = \sqrt{\frac{2 \times 13.83 \times 10^3 \times 1.4^2}{9.81} - 208.29} = 72.9$$

$$a = 51.1 \times 9.81 \times \sqrt{\frac{1}{950}} = 16.2 \text{ м/с}^2$$

Ускорение при посадке кабины с грузом 0.5 a_{max}м/с^2 определяется по формуле:

$$a_{max} = k_r \cdot g \cdot \sqrt{\frac{1}{G_k + 0.5 \cdot Q}}, \tag{100}$$

$$a_{max} = 72.9 \times 9.81 \times \sqrt{\frac{1}{950 + 0.5 \times 500}} = 20.6 \text{ м/с}^2$$

при грузе 1.1 $a_д$м/с^2 определяется по формуле:

$$a_д = k_r \cdot g \cdot \sqrt{\frac{1}{G_k + 1.1 \cdot Q}}, \quad (101)$$

$$a_д = 72.9 \times 9.81 \times \sqrt{\frac{1}{950 + 1.1 \times 500}} = 18.4 \text{ м/с}^2$$

при грузе a_cм/с^2 определяется по формуле:

$$a_c = k_r \cdot g \cdot \sqrt{\frac{1}{G_k + Q_{св}}}, \quad (102)$$

$$a_c = 72.9 \times 9.81 \times \sqrt{\frac{1}{950 + 580}} = 18.2 \text{ м/с}^2$$

где Qсв=580 кг – вес пассажиров в кабине при ее свободном заполнении принимаем равным.

Максимальное усилие буферного устройства P,кН определяется по формуле:

$$P = (G_k + Q_{св}) \cdot \left(1 + \frac{a_c}{g}\right), \quad (103)$$

$$P = (950 + 580) \times \left(1 + \frac{18.2}{9.81}\right) = 4368 \text{ кг} = 43.68 \text{ кН}$$

Максимальное усилие на один буфер P_1,кН определяется по формуле:

$$P_1 = \frac{P}{m}, \quad (104)$$

$$P_1 = \frac{4368}{2} = 2184 \text{ кг} = 21.84 \text{ кН}$$

Максимальный ход буфера F_2мм определяется по формуле:

$$F_2 = \frac{P_1}{Z}, \quad (105)$$

$$F_2 = \frac{2184}{13.83} = 158 \text{ мм} \le [F_2] = 174 \text{ мм}$$

Расчетный случай „Аварийный – посадка на буфера при обрыве тяговых канатов”.

Ускорение посадки кабины на буфер при обрыве тяговых канатов a определяется по формуле:

$$a=g\cdot\sqrt{1+\frac{1}{G}\cdot\frac{mZV_p^2}{g}}, \tag{106}$$

Ускорение при посадке порожней кабины a' м/с^2 определяется по формуле:

$$a'=g\cdot\sqrt{1+\frac{1}{G_k}\cdot\frac{m\cdot Z\cdot V_p^2}{g}}, \tag{107}$$

$$a'=9.81\times\sqrt{1+\frac{1}{950}\times\frac{2\times13.83\times10^3\times1.4^2}{9.81}}=25.6\ \text{м/с}^2$$

Ускорение при посадке кабины с грузом a_c' м/с^2 определяется по формуле:

$$a_c'=g\cdot\sqrt{1+\frac{1}{G_k+Q_{св}}\cdot\frac{m\cdot Z\cdot V_p^2}{g}}, \tag{108}$$

$$a_c'=9.81\times\sqrt{1+\frac{1}{950+580}\times\frac{2\times13.83\times10^3\times1.4^2}{9.81}}=21\ \text{м/с}^2$$

Максимальное усилие буферного устройства P'кН определяется по формуле:

$$P'=(G_k+Q_{св})\cdot\left(1+\frac{a_c'}{g}\right), \tag{109}$$

$$P'=(950+580)\times\left(1+\frac{21}{9.81}\right)=4790\ \text{кг}=47.9\ \text{кН}$$

Максимальное усилие на один буфер P_1'кН определяется по формуле:

$$P_1'=\frac{P'}{m}, \tag{110}$$

$$P_1'=\frac{4790}{2}=2395\ \text{кг}=23.95\ \text{кН}$$

Максимальный ход буфера F_2' мм определяется по формуле:

$$F_2^{'} = \frac{P_1^{'}}{Z}, \qquad (111)$$

$$F_2^{'} = \frac{2395}{13.83} = 173 \text{ мм} \le \left[F_2\right] = 174 \text{ мм}$$

Удержание кабины обеспечено.

Поскольку $a^{'} \ge 25$ м/с^2 производится определение длительности действия ускорения, превышающего а=25 м/с².

Время превышения ускорения более 25 м/с² $t_{прев}$с определяется по формуле:

$$t_{прев} = \frac{\pi - 2 \cdot \alpha}{\omega}, \qquad (112)$$

где α - первый фазовый угол превышения принимаем равным $\arcsin\frac{25}{a^{'}}$;

ω - собственная циклическая частота кабины (с грузом) на буферах, 1/с.

$$\omega = \sqrt{\frac{m \cdot Z \cdot g}{G_k}}, \qquad (113)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \times 13.83 \times 10^3 \times 9.81}{950}} = 16.9 \text{ 1/с}$$

$$\alpha = \arcsin\frac{25}{25.6} = 1.3561 \text{ рад} \quad \alpha = 77^{\circ}42^{'}$$

$$t_{прев} = \frac{3.14 - 2 \times 1.3561}{16.9} = 0.025 \text{ с,}$$ что допустимо.

Буфера БК-1-170 ОСТ 22.126-71, установленные в количестве 2 штук под кабиной рассчитываемого лифта, удовлетворяют требованию 1.

2.17. Буфера противовеса

Буфер противовеса рассчитывается на посадку противовеса, движущегося с максимально допустимой рабочей скоростью (1.15V).

Максимальная величина ускорения, при посадке противовеса на буфера, должна быть не более 25 м/с². Допускается превышение этой величины, если длительность действия этого превышения не более 0.04 с – требование 1.

Буферное устройство противовеса состоит из одного буфера БП 2-90 ОСТ 22.126-71.

В буфере устанавливается 2 параллельно работающие пружины С125-033 ОСТ 22.125-71.

Расчетные параметры буфера Zб определяется по формуле:

$$Z_б=2\cdot Z, \tag{114}$$

где Z– жесткость одной пружины принимаем равным 25.22 Н/м;

$Z_б=2\cdot 25.22=50.44$ Н/м – жесткость буфера

$F_{2\max}$ - максимальный ход буфера принимаем равным 94 мм.

Расчетный случай „Аварийный – посадка на буфера”

Расчетный вариант: лифт с максимальной высотой подъема без уравновешивающих цепей. Посадка противовеса на буфер при порожней кабине.

Ускорение посадки противовеса на буфер $a, м/с^2$ определяется по формуле:

$$a=g\cdot\sqrt{\frac{1}{G_П}\cdot\left(\frac{Z_v\cdot V_p^2}{g}-\frac{(G_K-\gamma\cdot G_{T.K})^2}{\gamma\cdot(G_K+\gamma\cdot G_{T.K})}\right)}, \tag{115}$$

$$a=9.81\times\sqrt{\frac{1}{12.29}\times\left(\frac{50.44\times10^3\times1.15^2}{9.81}-\frac{(950-2.28\times158)^2}{2.28\times(950+2.28\times158)}\right)}=22.8\ м/с^2\ \le 25\ м/с^2$$

Максимальное усилие буферного устройства $P кН$ определяется по формуле:

$$P=G_П\cdot\left(1+\frac{a}{g}\right), \tag{116}$$

$$P=1229\times\left(1+\frac{22.8}{9.81}\right)=4085\text{ кг}=40.85\text{ кН}$$

Максимальное усилие на одну пружину $P_{пр} кН$ определяется по формуле:

$$P_{пр}=\frac{P}{m}, \tag{117}$$

$$P_{пр}=\frac{4085}{2}=2042.5\text{ кг}=20.425\text{ кН}$$

Расчетный ход буфера $F_2 мм$ определяется по формуле:

$$F_2=\frac{P}{Z_б}, \tag{118}$$

$$F_2 = \frac{4085}{50.44} = 80.9 \text{ мм} \leq [F_2] = 94 \text{ мм}$$

Буфер БП 2-90 ОСТ 22.126-71, установленный под противовесом рассчитываемого лифта удовлетворяет требованиям.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Электрические схемы лифтов представляют собой комплекс взаимодействующих машин, аппаратов и других элементов электрических схем, осуществляющих дистанционное управление и контроль над работой механизмов лифтов, а также обеспечивает работу сигнализации и освещения.

Электроаппаратура расположена в машинном помещении, шахте, приямке и кабине лифта.

Электрическая схема управления лифта должна удовлетворять следующим требованиям:

- автоматически отключать цепь управления лифтом при прекращении питания приводного электродвигателя, исключать самозапуск лифта после восстановления питания; восстанавливать нормальную работу лифта после устранения причины, вызвавшей остановку, или после прибытия кабины на предыдущую или последующую посадочную площадку;

- исключать возможность остановки кабины лифта с собирательной системой управления при поступлении команды на остановку с посадочной (загрузочной) площадки в момент, когда кабина находится от этой площадки на расстоянии, меньшем пути нормального замедления.

Электрическая схема включает в себя силовую цепь управления, цепь освещения и сигнализации, цепь питания переносных ламп и переносного низковольтного инструмента.

Таблица 7

Электрические цепи напряжения

Электрические цепи	Напряжение
1. силовые машинного помещения, кабины, шахты, этажных площадок:	600
- переменный ток	380
- постоянный ток	220
2. Цепи управления, освещения и сигнализации во всех помещениях	220

Схемой грузового лифта предусматривается три режима работы: нормальный режим работы НР, ревизии Р, режим управления из машинного отделения М.

Перевод лифта из одного режима в другой производится с помощью переключателей режимов ВР2, выключение управления и сигнализации ВР1 и двух штепсельных вставок ШР2 и ШР3.

Обозначение и назначение элементов схемы: ВР1- реле времени движения для отключения кнопок приказа во время движения и питания контактов направления во время переключения контактов скорости; РВ5 – реле времени контроля включения контактов направления. Служит для приведение схемы в исходное положение, если по какой-либо причине после включения контактора КБ контакторы КВ или КН не включаются; РСВ – реле сигнальное вызова.

Режим нормальной работы НР.

Для включения в режим НР необходимо переключатель режимов ВР2 поставить в соответствующее положение. При этом контакторы переключателя ВР2-2 замкнутся, а ВР2-1, ВР2-3 разомкнуты.

Лифт включён в работу. Включены ВУ, ВА1 и ВР1. Переключатель ВР2 и штепсельный разъём ШР стоят в соответствующем положении.

Кабина стоит на 1-м этаже. Двери кабины шахты закрыты. Включены реле РКД, РВ5. В кабине горит свет.

Для отправления кабины на нужный этаж нужно нажать кнопку приказа, например 3КнП. При этом схема будет работать в такой последовательности:

1. При нажатии кнопки 3КнП включается реле 3РЭ. Цепь 101 → все ДШ→ блокировка→ 201→ ШР2→ Р.РВ1→ р.КМ→ з.РВ5→ р.РВ1→ р.РВ2→ 3КнП→ 3РЭ→ 102.

2. 3РЭ включает контактор КБ. Цепь: …3КнП→ з.3РЭ→ з.3РЭ→ КБ→ 102

3. КБ главными контактами включает обмотку большой скорости электродвигателя (2р=6), а блок-контактном включает электромагниты отводок Эм01 и Эм02.

4. Отводки, втягиваясь, освобождают ригели замков. Двери забираются и включается выключатели контроля запирания 1ДЗ-1 и 1ДЗ-2.

5. Выключатели 1ДЗ-1 и1ДЗ-2 включают реле РКЗ.

6. РКЗ включает контактор КВ. Цепь:…201→ р.РВ1→ р.КМ→ р.РВ5→ з.РКЗ → 31→ з.ЗРЭ→ р.ЗЭП2→ рКН→ КВ→ 102.

7. КВ главными контактами включает двигатель главного привода М1 и электромагнит тормоза ЭМТ. Система растормаживается и кабина начинает движение вверх на основной скорости. Включается реле РВ1(201→ з.КВ→ з.ЗРЭ→ РВ1→ 102)

8. При движении цепи питания катушек ЗРЭ, КБ и КВ меняются, так как кнопка приказа будет отпущена и реле РВ1 отключит кнопки приказов через переключение Р.РВ1. Цепь: питания КВ…201→ ШР2→ ОЗ→ з.РКЗ→ з.КБ→ 27 → р.КН→ КВ→ 102. Питание КБ до привода 27 отключено , а далее питание КБ…з.КБ→ 27→ р.ЗЭП--2→ з.ЗРЭ→ з.РКЗ→ 21→ з.ЗРЭ→ КБ→ 102. Питание ЗЭР аналогично до привода 21, а далее питание ЗРЭ…з.КВ…з.РКЗ→ 21→ з.ЗРЭ→ ЗРЭ→ 102.

9. При подходе кабины к заданному этажу отводка на кабине ставит ЗЭП в среднее положение. Контакт ЗЭП-2 размыкается.

10. Выключатель №ЭП-2 отключает ЗРЭ и контактор КБ.

11. КБ главными контактами отключает обмотку большой скорости электро-двигателя, а блок-контактном включает контактор КМ. Контактор КВ остаётся включённым при приведённой цепи…03→ з.КМ→ 37→ з.РТО→ з.КВ→ з.КН→ КВ→ 102.

12. Контактор КМ главными контактами включает обмотку малой скорости электродвигателя (2р=24) и лифт переходит на малую скорость

13. С приходом кабины на заданный этаж датчик ДиТО шунтируется, черно-вой контакт датчика размыкается и связанное с ним реле РТО отпадает.

14. РТО отключает контактор КВ, главные контакты которого разрывают цепь питания обмотки электродвигателя М1 и электродвигателя тормоза ЭмТ. Кабина останавливается. Схема приходит в исходное положение.

Порядок срабатывания элементов схемы за весь цикл: КнП→ РЭ→ КБ→ ЭмО → ДЗ→ РКЗ→ КВ→ М1→ ЭП-2→ КБ→ КМ→ ДиТО→ РТО→ КВ→ М1

Сигнализация

Для вызова кабины на этажах предусмотрена вызывная сигнализация. На этажных площадках устанавливаются вызывные кнопки, при нажатии на которые включается соответствующее сигнальное реле РСВ и сигнальный звонок ЗвВ. После прекращения нажатия на кнопку вызова сигнальное реле РСВ получает питание через свой собственный контакт. Включается сигнальная лампа ЛС того этажа, с которого поступает вызов. Сигнальная лампа горит до тех пор, пока не нажмут на кнопку приказа этого этажа, с которого поступил вызов.

Схемой предусмотрена сигнализация о положении кабины ЛП, сигнальная лампа “занято” – ЛЗ, аварийное освещение ЛА, ремонтная цепь Ш1, Ш2, Ш3 и цепь вызова персонала.

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Разрабатываемый в дипломном проекте пассажирский лифт грузоподъемностью 500 кг предназначен для подъема и спуска людей в жилых и административных зданиях. Подъем осуществляется грузоподъемным механизмом на высоту 75 м.

За базу сравнения принят пассажирский лифт грузоподъемностью 320 кг.

I-вариант. Базовый пассажирский лифт г/п 320 кг.

II –вариант. Разработанный пассажирский лифт г/п 500 кг.

1. Исходные данные для расчетов

Исходные данные приведены в таблице 7:

Таблица 8

Стоимость лифта

Элементы затрат	Варианты	
	I	II
1	2	3
1.Грузоподъемность, кг.	320	500
2. Скорость подъема, м/с.	0.75	1
3. Высота подъема, м.	45	75
4. Стоимость лифта, тыс.руб.	167000	180000
5. Стоимость смены монтажа лифта, руб.	40000	35000
6. Время монтажа лифта, смен	8	5
7. Транспортировка лифта, тыс.руб.	50	50
8. Количество лифтов, шт.	1	1
9. Стоимость 1 м.п. направляющих (с монтажом), руб.	400	400
10. Стоимость 1 $м^3$ шахты, руб.	700	700
11. Заработная плата одного лифтера в месяц, руб.	8500	6000
12. Стоимость 1 кВт/ч. электроэнергии, руб.	3,67	3,67
13. Суммарная мощность электродвигателей, кВт.	5	7
14. Годовой грузооборот, т	3300	5148
15. Срок службы, год	5	5

Расчет капитальных затрат по сравниваемым вариантам

Капитальные затраты $K.тыс.руб$ определяются по формуле:

$$K = K_{птм} + K_{сопут}, \quad (119)$$

$$K_{птм} = n \cdot (Ц_{лифта} + K_{монт} + K_{транс} + K_{зап.части}), \quad (120)$$

$$K_{монт} = n_{смен} \cdot C_{смены}, \quad (121)$$

$$K_{зап.части} = 0,03 \cdot Ц_{лифта}, \quad (122)$$

$$K_{сопут} = K_{направл.} + K_{шахты}, \quad (123)$$

$$K_{направл.} = C_{1м.п.напр.} \cdot \ell_{напр.}, \quad (124)$$

$$K_{шахты} = V_{шахты} \cdot C_{1м^3}, \quad (125)$$

где $K_{птм}$ - капитальные затраты по подъёмно-транспортным машинам;

$K_{сопут}$ - сопутствующие затраты, тыс.руб;

$Ц_{лифта}$ - цена лифта, тыс.руб;

$K_{монт}$ - затраты на монтаж, тыс.руб;

$n_{смен}$ - количество смен;

$C_{смены}$ - стоимость работы одной смены, руб;

$K_{транс}$ - затраты на транспортировку, тыс.руб;

$K_{зап.части}$ - затраты на запасные части, тыс.руб;

$K_{направл.}$ - затраты на направляющие, тыс.руб;

$C_{1м.п.напр.}$ - стоимость 1 м.п. направляющих (с монтажом), руб;

$\ell_{напр.}$ - общая длина направляющих, м;

$K_{шахты}$ - затраты на шахту, руб;

$V_{шахты}$ - объём шахты, $м^3$;

$C_{1м^3}$ - стоимость 1 $м^3$ шахты, руб;

Рассчитываем капитальные затраты для каждого из вариантов:

$$K^I_{птм} = 1 \times (1670000 + 32000 + 50000 + 50100) = 1802100 \text{ руб.}$$

$$K^I_{монт} = 8 \times 4000 = 32000 \text{ руб.}$$

$$K^I_{транс.} = 50000 \text{ руб.}$$

$$K^I_{зап.части} = 0,03 \times 1670000 = 50100 \text{ руб.}$$

$$K^I_{сопут} = 18000 + 82050 = 100050 \text{ руб.}$$

$$K^I_{направл.} = 400 \times 45 = 18000 \text{ руб.}$$

$$K^I_{шахты} = 121.5 \times 700 = 82050 \text{ руб.}$$

I-вариант. $K_I = 1802100 + 100050 = 1902150$ руб.

$$K^{II}_{птм} = 1 \times (1800000 + 17500 + 50000 + 54000) = 1921500 \text{ руб.}$$

$$K^{II}_{монт} = 5 \times 3500 = 17500 \text{ руб.}$$

$$K^{II}_{транс.} = 50000 \text{ руб.}$$

$$K^{II}_{зап.части} = 0,03 \times 1800000 = 54000 \text{ руб.}$$

$$K^{II}_{сопут} = 30000 + 183750 = 213750 \text{ руб.}$$

$$K^{II}_{направл.} = 400 \times 75 = 30000 \text{ руб.}$$

$$K^{II}_{шахты} 262.5 \times 700 = 183750 \text{ руб.}$$

II -вариант. $K_{II} = 1921500 + 213750 = 2135250$ руб.

Все полученные данные сводим в таблицу 2.

Таблица 9

Затраты на монтаж

Элементы затрат	Варианты	
	I	II
1. Затраты на монтаж, руб.	32000	17500
2. Затраты на транспортировку, руб.	50000	50000
3. Затраты на запасные части, руб.	50100	54000
Капитальные затраты по подъёмно-транспортным машинам, руб.	*1802100*	*1921500*
4. Затраты на направляющие, руб.	18000	30000
5. Затраты на производственные помещения, руб.	82050	183750
Сопутствующие затраты, руб.	*100050*	*213750*
Суммарные капитальные затраты, руб.:	1902150	2135250

Расчет эксплуатационных затрат по сравниваемым вариантам

Эти затраты определяются как расходы, связанные с эксплуатационным обслуживанием ПТМ. Расчет эксплуатационных затрат ограничивается расчетом технологической себестоимости. Под технологической себестоимость понимается совокупность затрат, изменяющихся в зависимости от варианта технического решения. Чаще всего изменениям подвержены следующие статьи затрат:

1. Заработная плата рабочих.
2. Стоимость потребляемой электроэнергии.
3. Затраты на ремонт.
4. Амортизационные отчисления по оборудованию.
5. Затраты на вспомогательные материалы.

Таким образом, формула для определения эксплуатационных затрат имеет вид:

$$C = C_{зар.пл.} + C_{элек.энер.} + C_{рем.} + C_{аморт.} + C_{вспом.мат.}, \quad (126)$$

где $C_{зар.пл.}$ - заработная плата лифтера, руб:

$$C_{зар.пл.} = n \cdot (C_{осн.} + C_{доп.}) \cdot 28,2\%, \quad (127)$$

n – количество лифтеров;

$C_{осн.}$ и $C_{доп.}$ - основная и дополнительна заработная плата;

$C_{элек.энер.}$ - стоимость потребляемой электроэнергии, руб:

$$C_{элек.энер.} = Ц_{эл.эн.} \cdot N_{двиг.} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot F_д, \quad (128)$$

$Ц_{эл.эн.}$ - стоимость 1 кВт/ч. электроэнергии, руб;

$N_{двиг.}$ - суммарная мощность электродвигателей, кВт;

k_1 и k_2 - коэффициенты использования ПТМ по времени и мощности равные 0,8;

$F_д$ - действительный фонд времени работы механизма;

$$F_д = 330 \times 24 \times 0,8 = 6336 \, ч.$$

$C_{рем.}$ - затраты на ремонт равные 6% от балансной стоимости ПТМ;

$C_{аморт.}$ - амортизационные отчисления равные 8% балансной стоимости ПТМ;

$C_{вспом.мат.}$ - затраты на вспомогательные материалы равные 15% от стоимости электроэнергии;

Рассчитываем эксплуатационные затраты для каждого из вариантов:

I -вариант.

$C^{I}_{зар.пл.} = 2 \times [(4500 + 1000) + (4500 + 1000) \times 28.2\%] = 14102$ руб.

$C^{I}_{элек.энер.} = 1,67 \times 5 \times 0,8 \times 0,8 \times 6336 = 33860$ руб.

$C^{I}_{рем.} = 0,06 \times 1670000 = 100200$ руб.

$C^{I}_{аморт.} = 0,08 \times 1670000 = 133600$ руб.

$C^{I}_{вспом.мат.} = 0,15 \times 33860 = 5079$ руб.

$C_{I} = 14102 + 33860 + 100200 + 133600 + 5079 = 286841$ руб.

II -вариант.

$C^{II}_{зар.пл.} = 1 \times [(6000 + 1200) + (6000 + 1200) \times 28.2\%] = 9230.4$ руб.

$C^{II}_{элек.энер.} = 1,67 \times 7 \times 0,8 \times 0,8 \times 6336 = 47403$ руб.

$C^{II}_{рем.} = 0,06 \times 1800000 = 108000$ руб.

$C^{II}_{аморт.} = 0,08 \times 1800000 = 144000$ руб.

$C^{II}_{вспом.мат.} = 0,15 \times 47403 = 7110,45$ руб.

$C_{II} = 9230,4 + 47403 + 108000 + 144000 + 7110,45 = 315743,85$ руб.

Все полученные данные сводим в таблицу 10.

Таблица 10

Эксплуатационные затраты

Элементы затрат	Варианты	
	I	II
1. Заработная плата рабочих, руб.	14102	9230,4
2. Стоимость потребляемой электроэнергии, руб.	33860	47403
3. Затраты на ремонт, руб.	100200	108000
4. Амортизационные отчисления по оборудованию, руб.	133600	144000
5. Затраты на вспомогательные материалы, руб.	5079	7110,45
Суммарные эксплуатационные затраты, руб.:	286841	315743,85

Так как капитальные и эксплуатационные затраты рассчитывались для вариантов с разной производительность необходимо пересчитать их с учетом коэффициента приведения. Коэффициент приведения $K_{ПР}$ определяется по формуле:

$$K_{ПР} = \frac{N_{II}}{N_I}, \quad (129)$$

где N_I и N_{II} - годовой грузооборот соответственно по базовому и разрабатываемому варианту.

$$K_{ПР} = \frac{3300}{5148} = 1.56$$

Капитальные и эксплуатационные затраты с учетом коэффициента приведения $K_{Iскорр.}$руб определяются по формуле:

$$K_{Iскорр.} = K_I \cdot K_{Пр}, \quad (130)$$

$$K_{Iскорр.} = 1902150 \times 1.56 = 2967354 \text{ руб.}$$

$$C_{Iскорр.} = C_I \cdot K_{Пр}, \quad (131)$$

$$C_{Iскорр.} = 286841 \times 1.56 = 447472 \text{ руб.}$$

Полученные результаты сводим в таблицу 11.

Таблица 11

Суммарные эксплуатационные затраты

Элементы затрат	Варианты	
	I	II
Суммарные капитальные затраты, руб.:	1902150	2135250
Суммарные капитальные затраты с учетом коэффициента приведения, руб.:	2967354	2135250
Суммарные эксплуатационные затраты, руб.:	286841	315743.85
Суммарные эксплуатационные затраты с учетом коэффициента приведения, руб.:	447472	315743.85

Расчет приведенных затрат по сравниваемым вариантам

Приведенные затраты рассчитываются по каждому варианту и $З$ определяются по формуле:

$$З = C + K \cdot E_H, \quad (132)$$

где С – эксплуатационные затраты, руб;

К – капитальные затраты, руб;

E_H - нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности, равен 0,15;

$$З = C_{Iскорр.} + K_{Iскоорр.} \cdot E_H, \quad (133)$$

$$З = C_{II} + K_{II} \cdot E_H, \quad (134)$$

$$З_I = 447472 + 2967354 \times 0.15 = 892575.1 \text{ р.}$$

$$З_{II} = 315743.85 + 2135250 \times 0.15 = 636031.35 \text{ р.}$$

Полученные значения сводим в таблицу 5:

Таблица 12

Приведенных затрат

Элементы затрат	Варианты	
	I	II
Приведенные затраты, руб.:	892575.1	633031.35

Расчет интегрального экономического эффекта

Интегральный экономический эффект рассчитываем следующим образом:

$$Э_{инт} = \left[(C_{1скорр.} - C_2) + (K_{1скорр.} - K_2) \right] \cdot T_{сл}, \quad (135)$$

где $C_{1скорр.}$ *и* C_2 - соответственно эксплуатационные затраты по базовому и проектируемому варианту, руб;

$K_{1скорр.}$ *и* K_2 - соответственно капитальные затраты по базовому и проектируемому варианту, руб;

$T_{сл}$ - срок службы лифта;

$$Э_{инт} = \left[(447472 - 315743.85) + (2967354 - 2135250) \right] \times 5 = 4819160.75 \text{ р.}$$

I-*Эинт* =(447472+2967354)×5= 17074130

II-*Эинт* =(315743.85+2135250)×5= 12254969.25

Вывод: из расчетов видно, что использование пассажирского лифта г/п 500 кг дает интегральный экономический эффект равный 4,8 млн. руб., что экономически более выгодно по сравнению с пассажирским лифтом г/п 320 кг..

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Залогом успешного решения стоящих перед лифтостроительными, монтажными и эксплуатирующими лифты организациями является наличие возможности идти в ногу с достижениями науки и техники.

В проекте был разработан грузопассажирский лифт со следующими характеристиками: грузоподъемность, 500 кг, номинальная скорость движения, 1 м/с, вместимость, 6 чел, наибольшая высота подъема, 75 м, наибольшее число остановок 17, точность остановки кабины, ±20 мм, расположение противовеса относительно кабины сзади, расположение машинного помещения над шахтой, продолжительность включений 40 %, система управления смешанная собирательная по приказам и вызовам при движении кабины вверх и вниз, двери кабины раздвижные автоматические, размеры кабины внутренние: ширина-1042 мм, глубина-1382 мм, высота-2100 мм, глубина приямка-1400 мм не менее, Род тока переменный трехфазный.

Были рассмотрены системы диспетчеризации лифтов ведущих российских производителей, ситуация с диспетчеризацией в г.Чите. Проведен расчет экономической эффективности по сравнению с лифтов грузоподъемностью 320 кг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов. М., 2013 г. - 167 с.

2.Монтаж и эксплуатация лифтов. Под ред. Полковникова, М., „Высшая школа”, 2015 г. - 33 с.

3.Высокоскоростные лифты. Е.Я. Иоффе., М., „Стройиздат”, 2012 г. - 46 с.

4.Краны и лифты промышленных предприятий. Справочник. М., „Металлургия”, 2014 г. - 65 с.

5.Справочник технолога-машиностроителя. М., „Машиностроение”, 2016 г., 2 тома. - 239 с.

6.Курсовое проектирование по предмету технология машиностроения. Добрыднев, М., „Машиностроение ”, 2016 г. - 30 с.

7. Охрана труда при техническом обслуживании лифта. Справочник. И.М. Вишневецкий, В.Г. Ермишин, М., „Стройиздат”, 2013 г. - 74 с.

8. Безопасность жизнедеятельности. Под ред. С.В. Белова, М., Высшая школа, 2007 г. - 67 с.

9. Безопасность технологических процессов и производств. П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев. М., Высшая школа, 2011 г. - 72 с.

10. Гринина Л.А. „Методические указания по разработке организационно-экономической части дипломных проектов по специальности ПТМ”, Москва, 2016. - 10 с.

11. Диагностирование грузоподъемных машин. Под ред. В.И. Сероштана, Ю.С. Огаря, М., „Машиностроение”, 2005 г. - 81 с.

12. Аникин А.А. „Установление технического состояния подшипников скольжения горных машин методом поверхностной активации без разборки узла”. М., 2013 г. - 38 с.

13. Соколов М.Н. „Автоматизированные электроприводы общепромышленных механизмов”, М., 2010 г. - 26 с.

14. Акимова Н.А., Н.Ф. Котеленец. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического оборудования. - М.: Издательский центр «Академия», 2013. - 296 с.

15.Охрана труда при техническом обслуживании лифта. Справочник. И.М. Вишневецкий, В.Г. Ермишин. М., „Стройиздат”, 2009 г. - 24 с.

16. Безопасность технологических процессов и производств. П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев. М., Высшая школа, 2009 г. - 14 с.

17. Гринина Л.А. „Методические указания по разработке организационно-экономической части дипломных проектов по специальности ПТМ”, Москва, 2013. - 53 с.

18. Акимова Н.А., Н.Ф. Котеленец. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического оборудования. - М.: Издательский центр «Академия», 2013. - 145 с.

19. Данилов И.А. Общая электротехника с основами электротехники: учебное пособие.- М.: Высшая школа,2014. - 20 с.

20. М.М. Руководство к лабораторным работам по электрическим машинам и электроприводам: учебное пособие.- М.: Высшая школа. 2014. - 103 с.

22. Зыков Н.В. Единые требования к оформлению курсового и дипломного проекта (работы): методические указания для студентов очного и заочного обучения технических специальностей - 3-е изд., исп. и доп./Н.В. Зыков Н.В. - Чита, ЗабГК, 2015. - 46 с.