

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электромеханика
(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Модернизация электропривода лифта многоэтажного дома»

Студент(ка)

А.А. Чванов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.А. Северин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

« ____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Аннотация

Целью выпускной квалификационной работы является модернизация пассажирского лифта грузоподъемностью 630 кг и скоростью 1 м/с для улучшения технико-экономических показателей эксплуатации лифта, за счет модернизации системы управления и электропривода.

Модернизированный электропривод позволяет:

- снизить потребление электроэнергии;
- снизить акустическое воздействие на квартиры;
- повысить комфортабельность;
- сэкономить средства на эксплуатацию лифта.

Использование стандартного асинхронного двигателя общепромышленной серии уменьшает время окупаемости проекта, увеличивает скорость торможения, уменьшает затраты на техническое обслуживание и ремонт двигателя.

В пояснительной записке:

- рассмотрена конструкция и принцип действия лифта;
- сформированы требования к электроприводу лифта;
- построены нагрузочные диаграммы двигателя до и после модернизации;
- выполнен расчет и выбор двигателя;
- произведен выбор преобразователя частоты;
- выполнен расчет потребления энергии;

Пояснительная записка содержит 56 листах, 18 рисунков, 14 таблиц.

Содержание

Введение	4
1 Устройство и принцип действия лифта	7
1.1 Общие сведения	7
1.2 Требования к электроприводу лифта	9
2 Модернизация главного привода лифта	12
2.1 Определение главных параметров	12
2.2 Расчет противовесов и каната	15
2.3 Тяговый расчет лифта	17
2.4 Определение натяжения в ветвях каната	20
2.5 Определение передаточного числа редуктора	20
2.6 Определение ускорения лифта	21
2.7 Определение тяговой способности канатоведущего шкива	23
2.8 Выбор тока и напряжения	26
2.9 Построение нагрузочной диаграммы двигателя до модернизации	26
2.10 Расчет и выбор двигателя	33
2.11 Выбор преобразователя частоты	42
2.12 Расчет и выбор кабеля, проводов, коммутационной аппаратуры	46
2.13 Определение энергозатрат	48
2.14 Ожидаемые результаты	49
Заключение	54
Список используемых источников	55

Введение

По назначению лифты делятся на пассажирские, грузопассажирские и грузовые (см. рисунок 1.1). Пассажирские лифты предназначены для перемещения людей с одного уровня на другой. Разновидностью пассажирских лифтов являются больничные лифты, кабины которых при сравнительно небольшой грузоподъемности имеют большие габариты, необходимые для размещения кровати, носилок и пяти человек медицинского персонала.

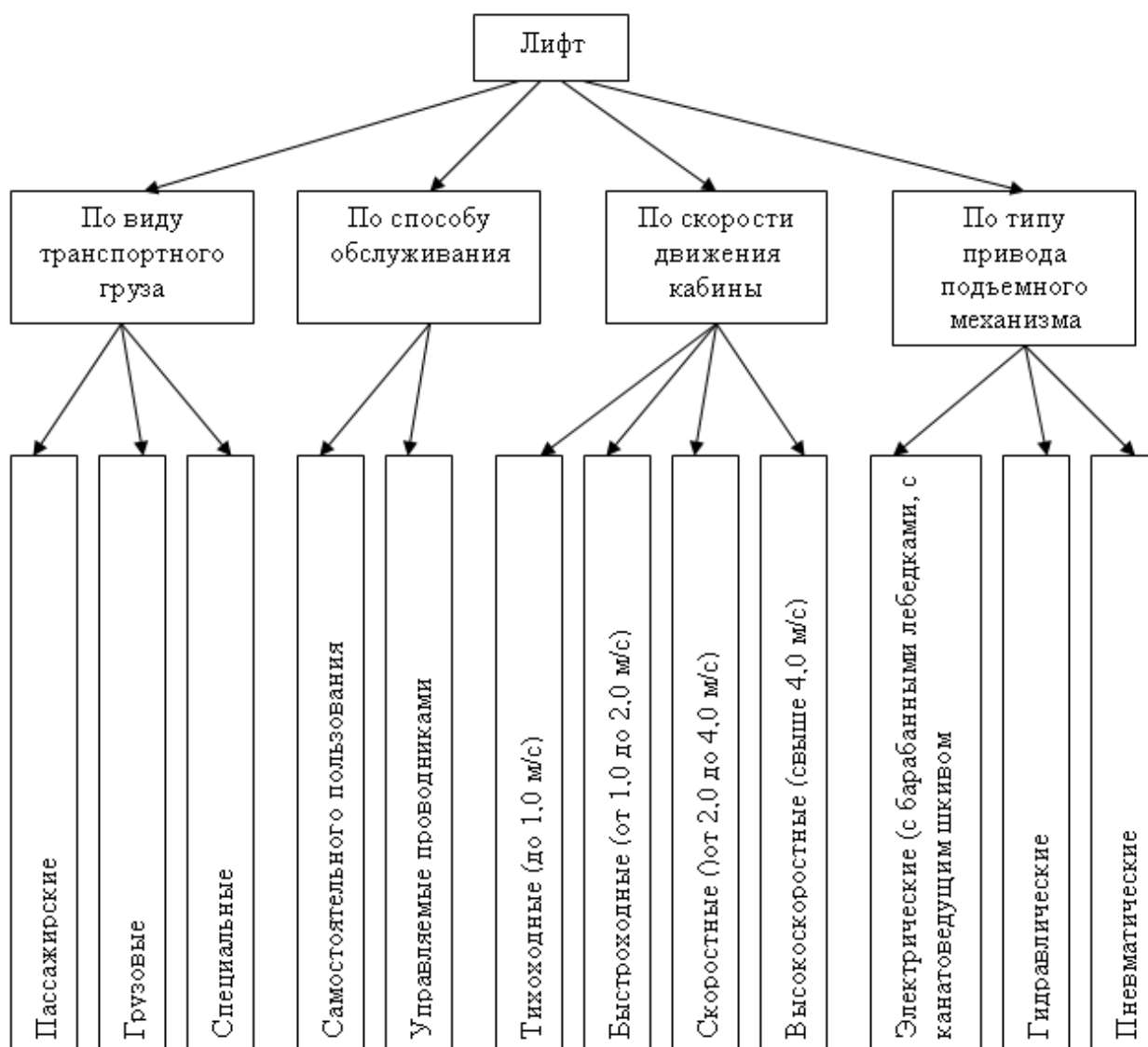


Рисунок 1.1- Классификация лифтов

Грузопассажирские лифты служат для подъема и опускания грузов в сопровождении проводников. В промышленных зданиях и сооружениях эти лифты чаще используются для перемещения грузов, не участвующих непосредственно в технологическом процессе производства. В административных зданиях они применяются для различных служебно-хозяйственных целей: для перевозки мебели, сейфов, оборудования и пр. Грузопассажирские лифты изготавливаются с учетом всех требований безопасности, предъявляемых к пассажирским лифтам, но имеют более простую отделку кабин и ряд других особенностей, связанных со спецификой перевозимых грузов.

Грузовые лифты предназначены исключительно для перевозки грузов. Правилами Госгортехнадзора проезд людей в таких лифтах категорически воспрещается. Конструкция грузовых лифтов и их размещение определяются особенностями перевозимых грузов, интенсивностью грузопотоков и характером технологического процесса, в котором они участвуют.

Особую группу составляют малые грузовые лифты с грузоподъемностью до 100 кг. Грузовые лифты отличаются от пассажирских меньшими скоростями движения кабин, специальным выполнением последних, пониженными запасами прочности несущих канатов и системой управления.

По способу наложения канатов лифты с канатоведущими шкивами делятся на лифты с простым (одинарным) обхватом или с двойным обхватом.

Тихоходными обычно выполняются пассажирские лифты, обслуживающие небольшие высоты подъема, при малых пассажиропотоках и частых остановках (лифты жилых домов), а также больничные лифты и подавляющее большинство грузовых лифтов. Быстроходные лифты применяются для обслуживания больших пассажиропотоков в зданиях с числом этажей от 14 до 20, а также в нижних зонах более высоких зданий. Высокоскоростные лифты предназначены для перемещения больших пассажиропотоков в высотных зданиях (с числом этажей более 20 - 25). Применение этих лифтов наиболее эффективно при больших расстояниях

между остановками.

По точности остановки кабин различают лифты с системой точной остановки и лифты без точной остановки.

В лифтах с системой точной остановки требуемое совпадение уровней пола кабины и входной площадки обеспечивается с помощью специальных устройств. Системой точной остановки снабжаются, как правило, все быстроходные и высокоскоростные пассажирские лифты, а также больничные лифты и грузовые лифты, предназначенные для перевозки тяжелых грузов в вагонетках, тележках или иных перегрузочных приспособлениях. В лифтах без точной остановки требуемая точность остановки кабин обеспечивается без всяких дополнительных устройств. Сюда относится подавляющее большинство пассажирских и грузовых лифтов со скоростями кабин до 0,75 м/сек.

1 Устройство и принцип действия лифта

1.1 Общие сведения

Основные узлы лифта:

- электрический привод, приводящий в движение кабину лифта;
- кабина с установленными на ней элементами безопасности (ловителями), элементами подвески кабины и механизмы привода дверей;
- тяговые канаты, соединяющие кабину, привод и противовес;
- противовес;
- станция управления лифтом (машинное отделение);
- порталы (шахтные двери);
- направляющие для перемещения по ним кабины;

Кинематическая схема лифта (см. рисунок 1.2) показывает взаимодействие основных узлов лифта. При включении электродвигателя вращающий момент передается с выходного вала электродвигателя на канатоведущий шкив через червячный редуктор, дополнительно выполняющий роль тормоза, за счет достаточно больших внутренних сил трения. Для уравнивания массы тягового каната служит канат уравнивающий. Для останова и фиксации кабины на требуемом уровне (этаже) с погрешностью не более $\pm 3\text{см}$ служит тормоз расположенный в машинном помещении.

Краткое описание работы лифта.

При замыкании контакта кнопкой вызова лифта, в систему управления поступает электрический сигнал. В зависимости от месторасположения кабины лифта будет выполнено одно из следующих действий:

1) если лифт находится на этаже вызова – откроются шахтные и кабинные двери;

2) если лифт находится на других этажах, происходит растормаживание привода лифта (отходят колодки тормоза), ЭД приходит во вращение и кабина начинает перемещаться в сторону этажа вызова. При подходе к нужному этажу,

система управления электроприводом переводит частоту вращения ЭД с высокой на низкую, а при выравнивании пола кабины с полом этажной площадки ожидания – останавливает кабину, фиксирует электропривод от перемещения электромагнитным тормозом, открывает двери.

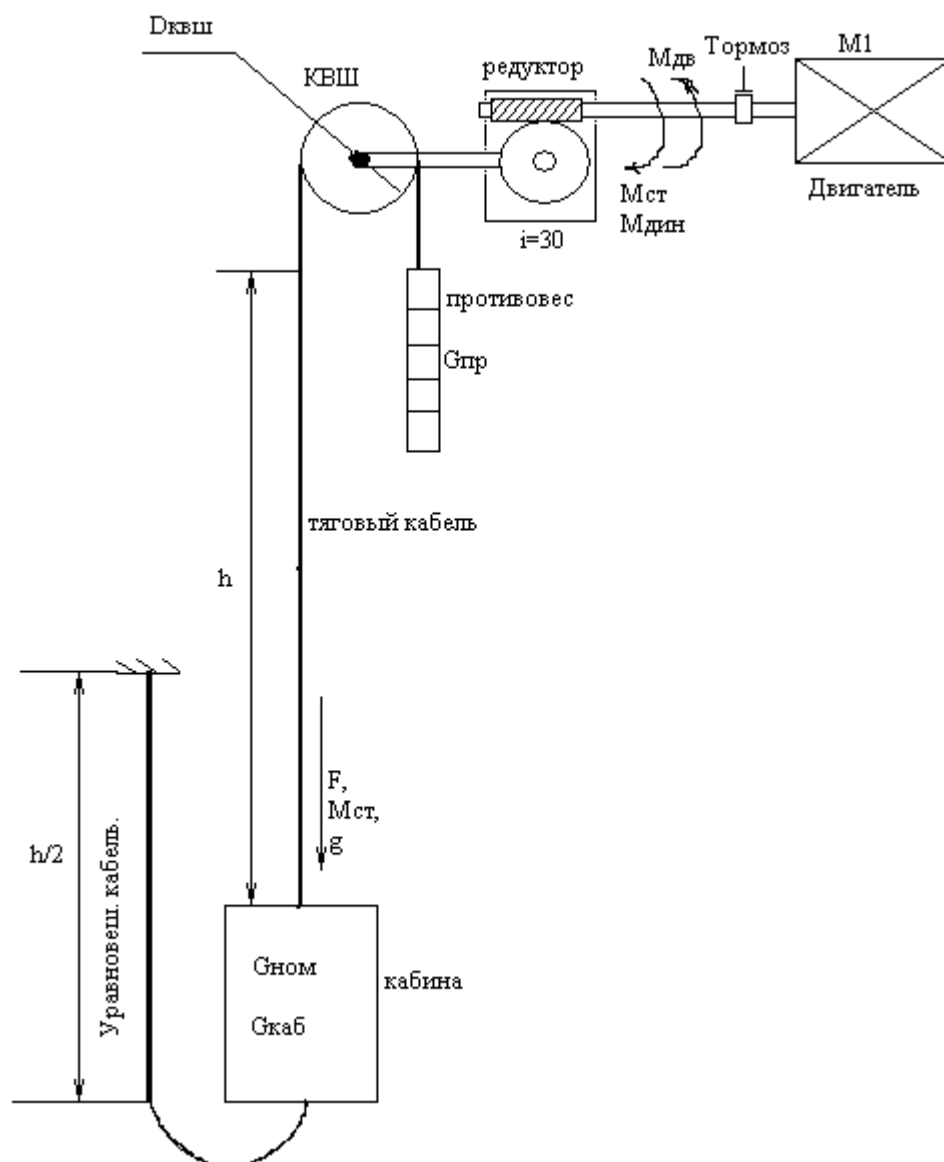


Рисунок 1.2- Кинематическая схема лифта

В лифте использована система с парным управлением. Поскольку в доме два лифта (400 кг и 630 кг), то лифт Б (грузоподъемность 630 кг) зависит от работы лифта А (400кг).

Электрическая схема управления работой лифта, габаритный чертеж электропривода лифта в сборе, чертеж общего вида лифта представлены в графической части проекта.

1.2 Требования к электроприводу лифта

Модернизированный электропривод привода кабины лифта должен обеспечивать:

- регулирование частоты вращения в диапазоне 5:1;
- низкое энергопотребление;
- высокую надежность и безотказность;
- высокую плавность хода;
- возможность реверса электродвигателя;
- режим работы электродвигателя – повторно-кратковременный.

Исходя из вышеизложенных требований, выбираем асинхронный двигатель общепромышленной серии, которым заменим двухскоростной асинхронный двигатель специальной лифтовой серии. В качестве устройства управления асинхронным двигателем используем частотный преобразователь с векторным управлением без обратной связи по скорости.

Работы по модернизации электропривода лифта проводятся в машинном отделении лифта (см. рисунок 1.3, таблица 1.1).

При модернизации лифтов необходимо учитывать следующие правила безопасности «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», «Инструкции по монтажу лифтов» ВСН 210-80/ММСС СССР и «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов»

В машинном отделении имеется оборудование, для питания которых предусмотрена четырёхпроводная сеть с глухо-заземлённой нейтралью и трёхфазный ток.

В случае возникновения неисправностей, которые могут поразить персонал электрическим током или вывести оборудование из строя, необходимо предусмотреть автоматическое защитное отключение. Все токопроводящие элементы необходимо тщательно заизолировать.

К работам по модернизации лифта допускаются только персонал, прошедший необходимую аттестацию.

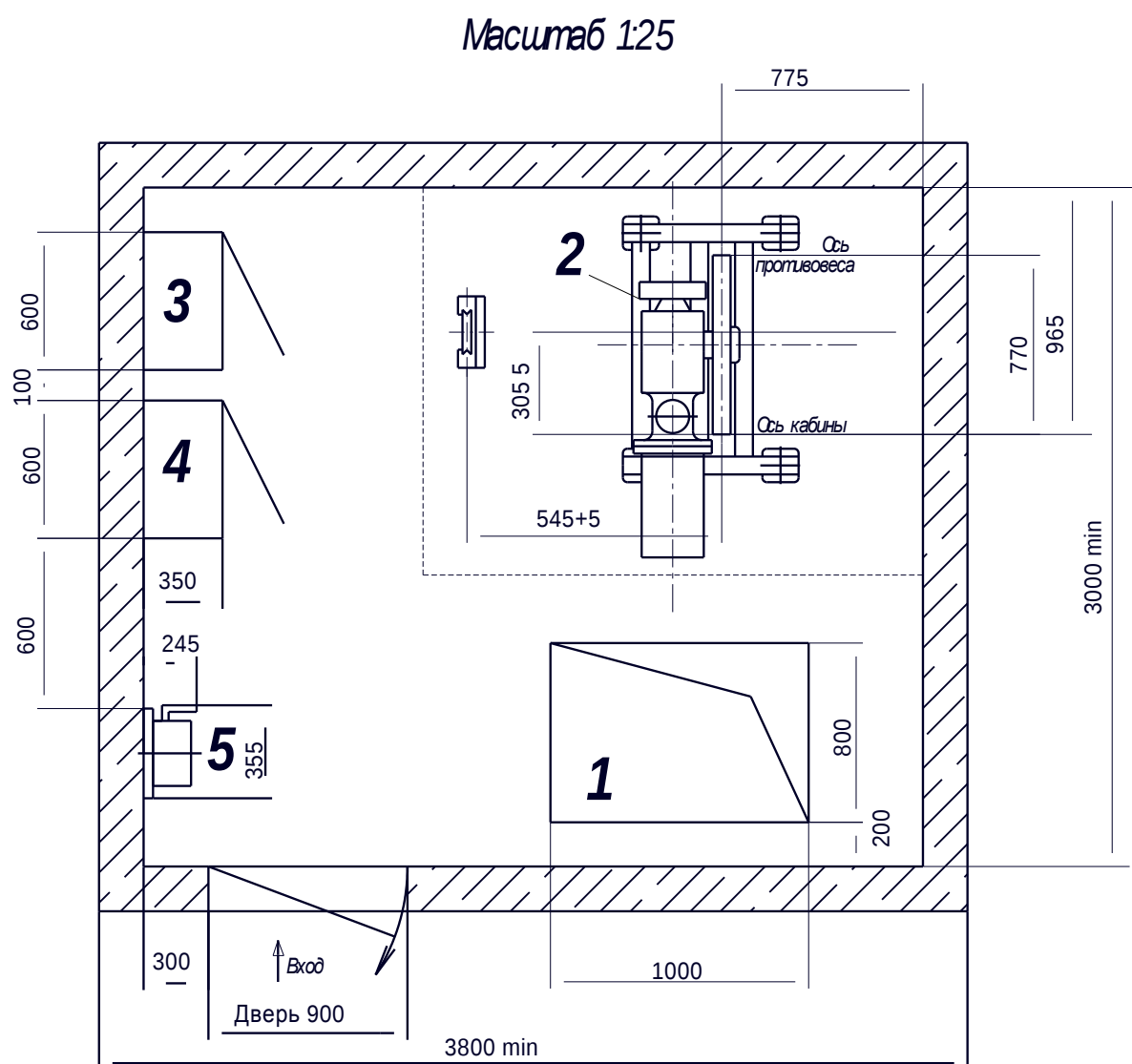


Рисунок 1.3 - Эскиз расположения оборудования машинного отделения

Таблица 1.1 - Спецификация к эскизу расположение оборудования

№ позиции на эскизе	Наименование оборудования, инструмента	Работы, операции, выполняемые на этом оборудовании
1	Люк	Предназначен для транспортировки (подъема) электропривода в машинное отделение
2	Электропривод в сборе	Для обеспечения движения кабины лифта
3	Шкаф управления	Управляет работой лифта
4	Шкаф управления	Управляет работой лифта
5	Щит электрический	Подвод электрической энергии

При выполнении работ по модернизации лифта запрещается:

- перемещаться по шахте по элементам лифта (канаты, направляющие и т.п.);
- держать двери шахты открытыми;
- работать на лифте или в шахте при движении лифта;
- находиться в шахте более двум монтажников;
- перевозить в лифте посторонних лиц, не участвующих в работе;
- перегружать кабину оборудованием, материалами и т. п.;
- использовать светильники напряжением 42В;
- отключать или блокировать предохранительные и защитные устройства.

2 Модернизация электропривода лифта

2.1 Определение основных параметров

Определение времени движения лифта в оба направления.

$$T = \frac{2 * H_b - h * (N_b + 1)}{v} + K_t * \Sigma t, \quad (2.1)$$

где H_b – вероятное расстояние, преодолеваемое лифтом, м;

h – расстояние, преодолеваемое кабиной лифта при разгоне до достижения номинальной скорости и при торможении от номинальной скорости до полной остановки, м. В зависимости от типоразмера лифта $h = 2$ м при $v = 1,0$ м/с (номинальная скорость движения лифта);

N_b – количество остановок при движении вверх и вниз (формула 2.3);

K_t – временной коэффициент, учитывающий дополнительные затраты времени при движении кабины;

Σt , с – суммарное время, затрачиваемое на все операции лифта, не связанные с движением с номинальной скоростью;

T – время движения кабины вверх и вниз, с.

$$H_b = k_H * H_{MAX}, \quad (2.2)$$

где $H_{MAX} = 46$ м – расстояние от пола кабины на первом этаже до уровня пола последнего этажа;

$k_H = 0,8 - 1,0$ – коэффициент вероятного расстояния, преодолеваемого кабиной лифта, $k_H = 0,85$.

$$H_b = 0.85 * 46 = 39.1 \text{ м}$$

$$N_b = N_{ВП} + N_{ВС}, \quad (2.3)$$

где $N_{ВП}$, $N_{ВС}$ – число остановок кабины выше первого этажа, при движении вверх и вниз.

$$N_{bn} := N1 - N1 \cdot \left(\frac{N1 - 1}{N1} \right)^{E_{\text{л}} \cdot n} \quad (2.4)$$

$$N_{bc} := N_1 - N_1 \cdot \left(\frac{N_1 - 1}{N_1} \right)^{E \cdot \gamma_c},$$

где $N_1 = 17$, количество этажей выше первого;

$\gamma_{\Pi} = 0,8$ - коэффициент заполнения лифта при движении вверх;

$\gamma_c = 0,4$ - коэффициент заполнения лифта при движении вниз;

$E = 5$ чел - номинальная грузоподъемность кабины.

$$N_{bn} = 17 - 17 \cdot \left(\frac{17 - 1}{17} \right)^{5 \cdot 0.8} = 3.66,$$

$$N_{bc} = 17 - 17 \cdot \left(\frac{17 - 1}{17} \right)^{5 \cdot 0.4} = 1.94,$$

$$N_B = N_{B\Pi} + N_{BC} = 3.66 + 1.94 = 5.6$$

Коэффициент, учитывающий дополнительные затраты времени при движении кабины:

$$k_T = 1,1$$

Суммарное время работы Σt :

$$\Sigma t = (t_1 + t_2 + t_3) * (N_B + 1) + t_4 + t_5, \text{ с}, \quad (2.5)$$

где t_1 – время затрачиваемое кабиной от начала движения до номинальной скорости, и наоборот, до полной остановки, сек;

t_2 – время пуска, с;

t_3 – время движения дверей лифта, с;

t_4 – время заполнения кабины, с;

t_5 – время освобождения кабины, с.

$\{ t_1 + t_2 + t_3 \} = 11$ с - для скорости движения до 2 м/с включительно.

$\{ t_4 + t_5 \} = 2 * \Delta t * E * (\gamma_c + \gamma_{\Pi})$,

где Δt – время, затрачиваемое на одного пассажира, с.

Принимаем $\Delta t = 1,5$ с для дверей менее 1 метра.

$$t_4 + t_5 = 2 * \Delta t * E * (\gamma_c + \gamma_{\Pi}) = 2 * 1.5 * 5 * (0.8 + 0.4) = 18 \text{ сек}$$

$$\Sigma t = 11 * (5.6 + 1) = 90.6 \text{ сек}$$

Подставив полученные значения, получим:

$$T = \frac{2 \cdot N_b - h \cdot (N_b - 1)}{v} + K_t \cdot \sum t = \frac{2 \cdot 39.1 - 2 \cdot (5.6 + 1)}{1.0} + 1.1 \cdot 90.6 = 164.66$$

Главным критерием выбора грузоподъемности лифта является число пассажиров ожидающих лифт на первом этаже.

Количество перевозимых за 1 час пассажиров A_1 определяется по формуле:

$$A_1 = 0,12 \sum_{i=1}^N a_i \cdot I \quad (2.6)$$

где $\sum a_i$ - численность жителей дома выше первого этажа, чел. При определении $\sum a_i$ допускается, что население второго этажа лифтами не пользуется;

i – количество этажей;

I - показатель интенсивности 5-ти мин. пикового пассажиропотока, %.

$I = 7,5$ - для жилых зданий.

В жилом здание расчет производится для условий обслуживания двух временных отрезков с максимальным количеством пассажиров без межэтажных перемещений выше первого этажа на верхние этажи при одновременном спуске пассажиров вниз с верхних этажей на основной посадочный.

$$A_1 = 0,12 \cdot 16 \cdot 18 \cdot 7,5 = 259,2 \text{ чел} - \text{час}$$

Распределение пассажиропотока.

Ожидающих лифт на первом этаже:

$$a_{1П} = 0.66 \cdot A_1 = 0.66 \cdot 259.2 = 171.07 \text{ чел/час}$$

Спускающихся на первый этаж:

$$a_{1С} = 0.34 \cdot A_1 = 0.34 \cdot 259.2 = 88.13 \text{ чел/час}$$

Количество пассажиров в кабине, следующей с первого этажа ($E_{П}$) и прибывающих на первый этаж ($E_{С}$) определяется по формуле:

$$E_{П} = \frac{a_{1П} \cdot t_i}{3600}, \text{ чел} \quad (2.7)$$

$$E_{С} = \frac{a_{1С} \cdot t_i}{3600}, \text{ чел}$$

где $t_i = 100$ с - интервал перемещения кабины лифта.

$$E_n = \frac{171.07 \cdot 100}{3600} = 4.76, \text{ чел}$$

$$E_c = \frac{88.13 \cdot 100}{3600} = 2.45, \text{ чел}$$

Рассчитанное максимальное количество пассажиров в лифте ($E_n=4,76$) меньше номинальной грузоподъемности кабины лифта ($E=5$), значит данный лифт подходит для монтажа в жилом здании исходя из условия вместимости кабины.

2.2 Расчет противовеса и канатов

Расчет лифта производится по схеме представленной на рисунке 2.1.

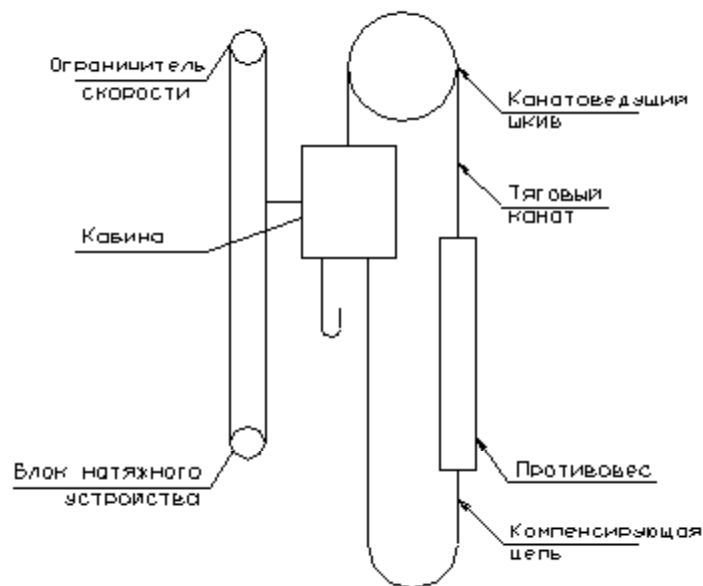


Рисунок 2.1- Расчетная схема лифта

Определение массы противовеса требует предварительного определения массы кабины лифта. По аналогии с имеющимися вариантами примем массу кабины равной 800 кг.

$$Q_K \approx 800 \text{ кг}$$

К нижним частям кабины и противовеса прикреплена компенсирующая цепь, служащая для уравнивания веса тяговых канатов.

Массу противовеса примем:

$$Q_{II} \approx Q_K + 0,5 \cdot Q = 800 + 0,5 \cdot 400 = 1000 \text{ кг} \quad (2.8)$$

При вычислении массы противовеса мы берем только половину веса груза, из условия равенства окружной нагрузки КВШ при подъеме груженой кабины с первого этажа и при опускании порожней кабины с последнего.

Среднее натяжение 1-го каната S:

$$S = \frac{g \cdot (Q_K + Q)}{n} = \frac{9,81 \cdot (800 + 400)}{3} = 3924 \text{ Н} \quad (2.9)$$

где $n=3$ – количество канатов.

Расчет канатов выполним по наибольшему усилию натяжения:

$$P_K = k \cdot S \quad (2.10)$$

где P_K – максимальное усилие на разрыв;

k – показатель надежности, равный запасу прочности;

$k=13$ – по правилам Госгортехнадзора [6] для лифта с канатом ведущим шкивом и $v=1,6$ м/с.

$$P_K = 13 \cdot 3924 = 51 \text{ кН}$$

По величине P_K по ГОСТ 3077-80 выбираем диаметр $d_K=12$ мм тип ЛК-О. Данные каната в таблице 2.1.

Запас прочности каната при $Q=400$ кг:

$$n = \frac{P_{разр}}{S} = \frac{52000}{4210} = 12,35 \quad (2.11)$$

$$12,35 > [n] = 12$$

Таким образом, прочность канатов по разрушающей нагрузке обеспечена.

Минимальный диаметр канатом ведущего шкива лебедки допустимый из условий износа:

$$D_{K0} = e_1 \cdot e_2 \cdot d_K \quad (2.12)$$

где d_K – диаметр каната;

e_1 – конструктивный коэффициент;

e_2 – конструктивный коэффициент;

Таблица 2.1- Данные каната ЛК-О

Øк, мм	12
Количество нитей в канате	6
Количество проволок в нитке	19
Ø проволок, мм	
наружных	0,8
внутренних	0,8
центральных	0,8
$S_{\text{сечения}}, \text{мм}^2$	57,34
Максимальное усилие на разрыв, кН	72
Масса 1 м, кг	0,51

Принимаем $e_1=40$ – для пассажирских лифтов со скоростью движения кабины до 2 м/с; $e_2=0,9$ – для каната 6х19=114 проволок плюс 1 органический сердечник, односторонней свивки.

$$D_{K0} = 40 \cdot 0,9 \cdot 12 = 432 \text{ мм}$$

Таким образом, принятый канатоведущий шкив с диаметром 770 мм удовлетворяет условию износа канатов.

2.3 Тяговый расчет лифта

Определение приведенного коэффициента трения

Исходные данные тягового расчета:

- грузоподъемность: $Q=400$ кг
- скорость кабины: $v=1,6$ м/с
- масса кабины: $Q_K=800$ кг

Передача тягового усилия канатоведущего шкива к подъемным канатам за счет трения всегда сопровождается упругим скольжением каната по шкиву. В результате упругого скольжения скорость каната в двигательном режиме работы шкива несколько меньше окружной скорости шкива, а в тормозном режиме на такую же величину больше окружной скорости шкива. Неизбежность этого явления следует из того, что натяжение набегающей на шкив ветви каната больше (в двигательном режиме) натяжения сбегающей ветви каната (см. рисунок 2.2).

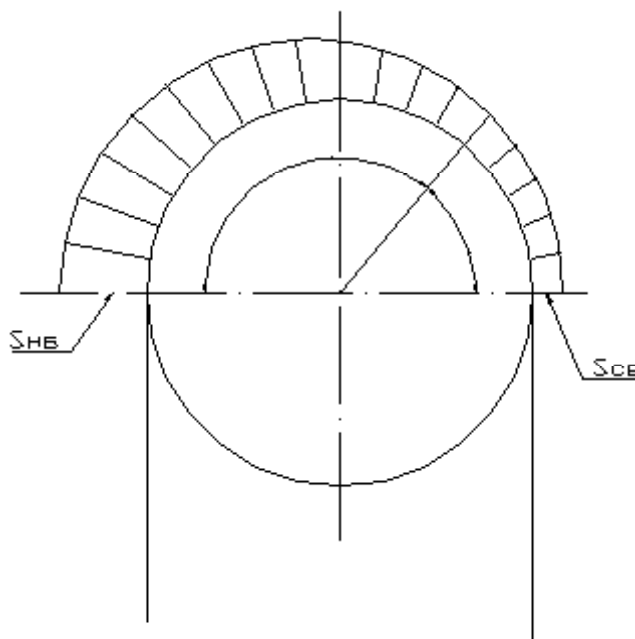


Рисунок 2.2- Распределение тяговых усилий по окружности канатоведущего шкива

В точках большего натяжения канат имеет большую величину относительного удлинения, чем в точках меньшего натяжения. При обегании канатом шкива натяжение его уменьшается, канат укорачивается и проскальзывает по шкиву в направлении, показанном малыми стрелками. Упругое скольжение происходит только на той части дуги шкива, на которой натяжение каната уменьшается, что соответствует углу β . На остальной части дуги обхвата шкива, где натяжение каната остается неизменным, что соответствует углу обхвата α , упругое скольжение каната отсутствует.

По мере роста разности натяжений ветвей каната дуга скольжения увеличивается, а дуга покоя уменьшается.

Профиль ручья канатоведущего шкива назначается таким, чтобы результирующий коэффициент трения каната о стенки ручья μ удовлетворял уравнению:

$$\frac{S_K}{S_\Pi} \leq e^{f\beta} \quad (2.13)$$

где S_K, S_Π – натяжение концов каната,

f – коэффициент трения скольжения

β – угол обхвата канатов на шкиве.

В рассматриваемом лифте канавка канатоведущего шкива (см. рисунок 2.3) имеет клиновидный с подрезом профиль: γ – угол клина, $S_0 = S_{HB} + S_{CB}$ – суммарное вертикальное усилие канатов, действующее на канатоведущий шкив, S_1 – контактные усилия между канатом и стенкой ручья.

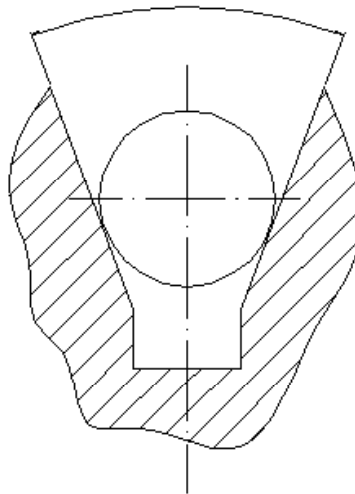


Рисунок 2.3- Профиль ручья канатоведущего шкива

Из условия равновесия каната на шкиве следует, что:

$$S_0 = 2 \cdot S_1 \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right) \quad (2.14)$$

Отсюда получаем значение приведенного коэффициента трения:

$$f = \frac{f_0}{\sin(\frac{\gamma}{2})} = \frac{0,084}{\sin(\frac{40}{2})} = 0,205 \quad (2.15)$$

где $f_0=0,084$ – действительный коэффициент трения скольжения для шкивов из модифицированного чугуна.

2.4 Определение натяжения в ветвях каната

Соотношение S_2/S_1 должно быть самым невыгодным из возможных для данной установки с учетом динамических усилий при трогании с места и торможении.

Отношение S_2/S_1 достигает максимального значения при подъеме загруженной кабины из крайнего нижнего положения или при опускании порожней кабины из крайнего верхнего положения.

Рассмотрим эти два наиболее опасных случая.

Загруженная кабина в крайнем нижнем положении:

$$S_K = Q_K + Q = 800 + 400 = 1200 \text{ кг} \quad (2.16)$$

$$S_{II} = Q_{II} = 1000 \text{ кг}$$

$$\left(\frac{S_K}{S_{II}} \right)_{CT} = \frac{Q_K + Q}{Q_{II}} = \frac{800 + 400}{1000} = 1,2 \quad (2.17)$$

Порожняя кабина в крайнем верхнем положении:

$$S_K = Q_{II} = 1000 \text{ кг}$$

$$S_{II} = Q_K = 800 \text{ кг}$$

$$\left(\frac{S_K}{S_{II}} \right)_{CT} = \frac{Q_{II}}{Q_K} = \frac{1000}{800} = 1,25$$

2.5 Определение передаточного числа редуктора.=

Исходные данные:

- скорость кабины: $v=1,6$ м/с
- диаметр канатоведущего шкива: $D=0,77$ м

Частота вращения канатоведущего шкива определяется по формуле:

$$n_{шк} = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{1,6 \cdot 60}{3,14 \cdot 0,77} = 39,68 \text{ об / мин} \quad (2.18)$$

Тогда требуемое передаточное число редуктора:

$$U = \frac{n_{ДВ}}{n_{шк}} = \frac{1500}{39,68} = 38,80 \quad (2.19)$$

Выбираем червячный редуктор с передаточным числом $i = 40$: тип РЧ-160-40, $R_k = 35000$ Н - допустимая консольная нагрузка на выходном валу; $M_{кр} = 1700$ Н*м - максимально допустимый крутящий момент на выходном валу редуктора.

Тогда действительная скорость кабины лифта:

$$v = \frac{n_{ДВ}}{U \cdot 60} \cdot \pi \cdot D = \frac{1500}{40 \cdot 60} \cdot 3,14 \cdot 0,77 = 1,58 \text{ м / с} \quad (2.20)$$

Погрешность:

$$\delta = 1,2\%$$

2.6 Определение ускорения лифта

Для определения ускорения лифта воспользуемся его эквивалентной динамической моделью (рисунок 2.4).

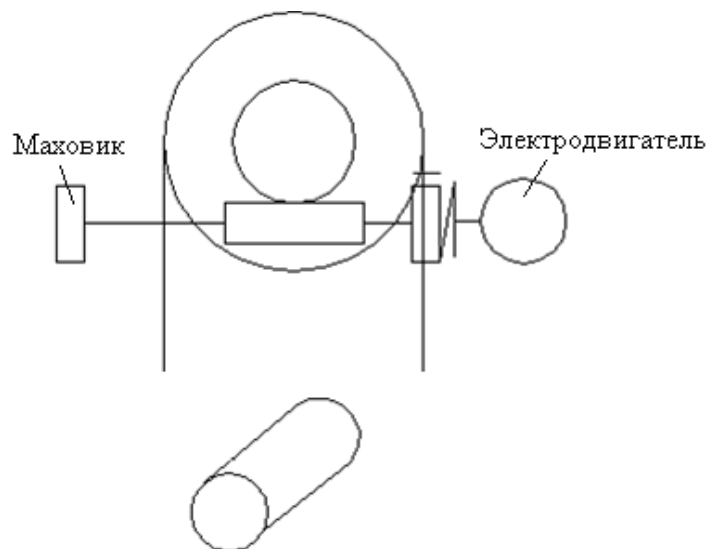


Рисунок 2.4- Динамическая модель механизма

Основные параметры модели:

- момент инерции маховика I_C (формула 2.21);
- угловая скорость вала электродвигателя ω_C ;
- крутящий момент электродвигателя M_d ;
- приведенный момент внешних сопротивлений M_C .

$$I_C \frac{\omega_C^2}{2} = I_P \frac{\omega_C^2}{2} + I_{МУФ} \frac{\omega_C^2}{2} + I_{МАХ} \frac{\omega_C^2}{2} + G_{II} \frac{V^2}{2}, \quad (2.21)$$

где I – моменты инерции, соответственно, I_P - электродвигателя, $I_{МУФ}$ - муфты, $I_{МАХ}$ - маховика ;

G_{II} - приведенная поступательно движущаяся масса деталей привода.

$$I_{РОТ} = 0,11 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$I_{МУФ} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$I_{МАХ} = \frac{\delta_{МАХ} \cdot \pi \cdot \rho \cdot D_{МАХ}^4}{32} = \frac{0,08 \cdot 3,14 \cdot 7800 \cdot 0,77^4}{32} = 4 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.22)$$

$$G_{II} = Q + Q_K + Q_{II} = 800 + 400 + 1000 = 2200 \text{ кг}$$

Разделив (2.21) на $\frac{\omega_C^2}{2}$ и зная что $\omega_C = \frac{2 \cdot V \cdot U_P}{D}$ получаем:

$$I_C = I_P + I_{МУФ} + I_{МАХ} + G_{II} \frac{D^2}{4 \cdot U_P^2} \quad (2.23)$$

$$I_C = 1,6 + 1 + 4 + 2200 \cdot \frac{0,77^2}{4 \cdot 40^2} = 1,6 + 4,0 + 17,0 + 0,1 = 6,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Не учитывая жесткость электропривода и канатного механизма получаем уравнение движения

$$M_{II} \pm M_C^II = I_C \frac{d\omega}{dt}, \quad (2.24)$$

где $M_{II} = 0,8 \cdot M_{KP} = 0,8 \cdot 170 = 136 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - расчетный момент пуска электродвигателя с учетом нелинейности механической характеристики

$$M_C^H = \frac{P \cdot D}{2 \cdot U_p} = \frac{21990 \cdot 0,77}{2 \cdot 20} = 211,65 \text{ H} \cdot \text{м} \quad (2.25)$$

Учитывая, что

$$\omega_c = \frac{2 \cdot V \cdot U_p}{D} ;$$

Получаем

$$a = \frac{d\omega}{dt} = \frac{D \cdot (M_{\text{пр}} \pm M_C^H)}{2 \cdot I_C \cdot U_p} \quad (2.26)$$

$$a = \frac{0,77 \cdot (136 + 211,65)}{2 \cdot 6,8 \cdot 40} = 0,46 \text{ м/с}^2$$

2.7 Определение тяговой способности канатоведущего шкива

Динамический расчет будем производить по расчетной схеме, представленной на рисунке 2.5.

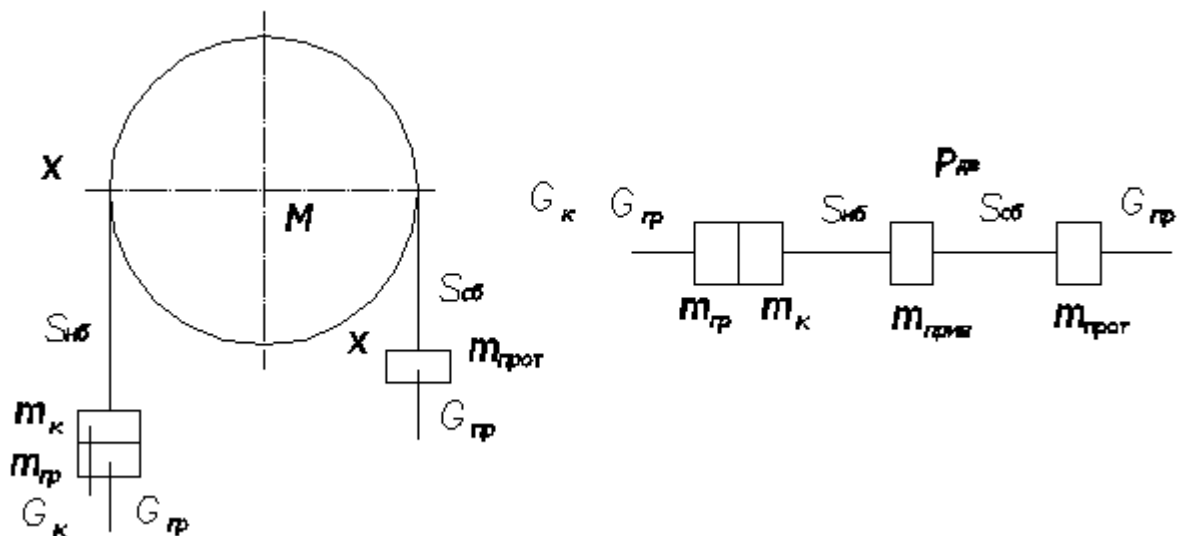


Рисунок 2.5- Расчетная схема

1. Статика

Натяжения в набегающей и сбегающей ветвях каната:

$$S_{HB} = G_K + G_{ГР} \quad (2.27)$$

$$S_{CB} = G_{ПР},$$

где

$$G_{ПР} = G_K + 0,5 \cdot G_{ГР} \quad (2.28)$$

Тогда:

$$S_{HB} - S_{CB} = G_K + G_{ГР} - G_K - 0,5 \cdot G_{ГР} = 0,5 \cdot G_{ГР} \quad (2.29)$$

2. Пуск лифта вверх. Соответствующая расчетная схема на рисунке 2.6.

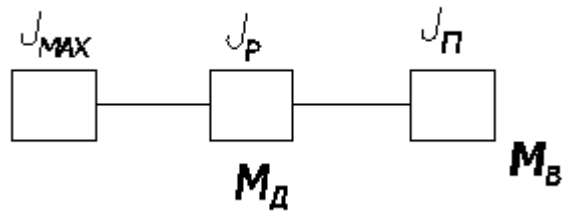


Рисунок 2.6- Расчетная схема режима «Пуск лифта вверх»

Будем рассматривать нашу систему, как абсолютно жесткую:

$$P_T = P_{ДВ} - m_{ПР} \cdot j_{П} \quad (2.30)$$

где

$$j_{П} = \frac{P_{ДВ} - P_T}{m_{ПР}} \quad (2.31)$$

$$S_H = P_T$$

Запишем второе уравнение Ньютона:

$$m_G \cdot \ddot{\chi} = P_{ДВ} - 0,5 \cdot G_{ГР}, \quad (2.32)$$

где

$$j_{П} = \ddot{\chi}$$

$$m_G = m_{ГР} + m_K + m_{ПР} = 400 + 800 + 315 = 1515 \text{ кг} \quad (2.33)$$

$$j_{П} = \frac{P_{ДВ} - 0,5 \cdot G_{ГР}}{m_G} \quad (2.34)$$

Подставим:

$$P_T = P_{ДВ} - m_{ПП} \cdot \frac{P_{ДВ} - 0,5 \cdot G_{ГР}}{m_G} \quad (2.35)$$

Тогда:

$$\begin{aligned} P_T &= P_{ДВ} - \frac{m_{ПП}}{m_G} \cdot P_{ДВ} + \frac{m_{ПП}}{m_G} \cdot 0,5 \cdot G_{ГР} = \\ &= P_{ДВ} \cdot \left(1 - \frac{m_{ПП}}{m_G}\right) + \frac{m_{ПП}}{m_G} \cdot 0,5 \cdot G_{ГР} \end{aligned} \quad (2.36)$$

2. Пуск лифта вниз

Запишем второе уравнение Ньютона:

$$m_{ПП} \cdot j_{II} = G_{ПП} - S_{СБ} \quad (2.37)$$

Отсюда:

$$\begin{aligned} S_{СБ} &= G_{ПП} - m_{ПП} \cdot j_{II} = G_K + 0,5 \cdot G_{ГР} - m_{ПП} \cdot \frac{P_{ДВ} - 0,5 \cdot G_{ГР}}{m_G} = \\ &= G_K + 0,5 \cdot G_{ГР} \cdot \left(1 + \frac{m_{ПП}}{m_G}\right) - \frac{m_{ПП}}{m_G} \cdot P_{ГР} \end{aligned} \quad (2.38)$$

Тогда:

$$\begin{aligned} S_{НБ} - S_{СБ} &= P_{ДВ} \cdot \left(1 - \frac{m_{ПП}}{m_G}\right) + \frac{m_{ПП}}{m_G} \cdot 0,5 \cdot G_{ГР} - G_K - \\ &- 0,5 \cdot G_{ГР} \cdot \left(1 + \frac{m_{ПП}}{m_G}\right) + \frac{m_{ПП}}{m_G} \cdot P_{ДВ} = P_{ДВ} - 0,5 \cdot G_{ГР} - G_{КАБ} \end{aligned}$$

Проверим тяговую способность канатоведущего шкива:

$$e^{f\beta} = e^{0,205 \frac{2 \cdot \pi}{3}} = 1,9 \quad (2.39)$$

$$\left(\frac{S_K}{S_{II}} \right)_{MAX} = 1,48$$

$$1,48 < 1,9$$

$$n = 1,9 / 1,48 = 1,3$$

Таким образом, из этого следует, что канатоведущий шкив будет обладать достаточной тяговой способностью и долговечностью.

2.8 Выбор тока и напряжения

Выбираем для питания электропривода напряжение подводимое к жилому дому – три фазовых провода и один нейтральный (нулевой), с межфазным уровнем 380 В, частотой 50 Гц. Для питания блока управления выбираем 110 В, необходимых для питания электромагнитных реле.

2.9 Нагрузочная диаграмма электродвигателя до модернизации

Количество возможных пассажиров в лифте (2.40)

$$n_n = \frac{G_{\text{ном}}}{G_{\text{пас}}}, \quad (2.40)$$

где $G_{\text{ном}} = 630 * 9,8 = 6174 \text{ Н}$ – грузоподъемность кабины;

$G_{\text{пас}} = 80 * 9,8 = 784 \text{ Н}$ – вес пассажира;

$$n_n = \frac{6174}{784} = 7,875_{\text{чел}}$$

Принимаем 8 пассажиров.

Масса кабины ΔG изменяется в зависимости от проходимого этажа и изменяется по формуле (2.41)

$$\Delta G = G_{\text{ном}}/N_o \quad (2.41)$$

где N_o – число этажей;

$$\Delta G = 6174/16 = 385.875 = 386 \text{ Н}$$

Тяговое усилие кабины F , Н, движущейся вверх с 1-го этажа (2.42)

$$F = G_{\text{каб}} + G_{\text{ном}} + 4 * q_{\text{т.к}} * (H - h * N) + q_{\text{у.к}} * (0.5 * (N - 1) * h) - G_{\text{п}} \quad (2.42)$$

где $q_{\text{т.к}}$ - масса одного метра каната, Н;

H – расстояние от приямка до машинного отделения, м;

h – расстояние от пола до потолка одного этажа, м;

N – порядковый № этажа;

$q_{\text{у.к}}$ - масса одного метра уравновешивающего каната, Н;

$G_{\text{п}}$ – масса противовеса:

$$G_{\text{п}} = G_{\text{каб}} + 0,4 * G_{\text{ном}}, \text{ Н}$$

$$F = 6174 * 0,6 + 4 * 3,9 * (51 - 3 * 1) + 22 * (0,5 * (1 - 1) * 3) - 784 = 4453,5 \text{ Н}$$

Развиваемое тяговое усилие кабины без пассажиров F' , двигающейся с верхнего последнего этажа вниз (2.43)

$$F' = 4 * q_{\text{тк}} * (H - h * N) + q_{\text{yk}} * (N - 1) * h - 0,4 * G_{\text{ном}} \quad (2.43)$$

$$F' = 4 * 3,9 * (51 - 3 * 16) + 22 * (0,5 * (16 - 1) * 3) - 0,4 * 6174 = -1928 \text{ Н}$$

Статический момент на валу электродвигателя при движении лифта с пассажирами вверх (2.44)

$$M_{\text{см1}} = \frac{F * d}{2 * i * \eta} \quad (2.44)$$

где d – Ø КВШ, м;

i – передаточное число редуктора;

η – КПД=0,7.

$$M_{\text{см1}} = \frac{4453,5 * 0,65}{2 * 30 * 0,75} = 64,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Статический момент на валу электродвигателя при движении лифта без пассажиров вниз, измеряемое со стороны противовеса (2.45)

$$M_{\text{см2}} = \frac{-F * d}{2 * i * \eta} \quad (2.45)$$

$$M_{\text{см2}} = \frac{-1928 * 0,65}{2 * 30 * 0,75} = 28 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Время движения кабины.

Время движения лифта с первого этажа на последний (2.46)

$$t_p = \frac{K_t * 2 * H}{V_k} \quad (2.46)$$

где V_k – скорость движения лифта, м/с.

$K_t=1,2$ – временной коэффициент дополнительных затрат.

$$t_p = \frac{1,2 * 2 * 51}{1} = 122,4 \text{ с}$$

Полное время затрачиваемое лифтом при перемещении с первого этажа на последний (2.47)

$$T = t_p + 2 * N_o * t' + 2 * N_o * t'' \quad (2.47)$$

где t' – время движения дверей кабины лифта, с;

t'' – время заполнения и освобождения кабины лифта пассажирами, с;

$$T = 122,4 + 2 * 16 * 7 + 2 * 16 * 1 = 378,4 \text{ с}$$

Время движения кабины от одного этажа до другого в обоих направлениях
(2.48)

$$t''' = \frac{t_p}{30} \quad (2.48)$$

где t_p – время затрачиваемое лифтом на перемещение с первого этажа на последний и назад, с;

30 – максимальное число остановок за полный ход;

$$t''' = \frac{122,4}{30} = 4,08 \text{ с}$$

Расчетное время работы электродвигателя привода (2.49)

$$ПВр = \frac{t_p}{T} * 100\% \quad (2.49)$$

$$ПВр = \frac{122,4}{378,4} * 100\% = 32,3\%$$

Расчет $M_{пуск}$ и $M_{макс}$ электродвигателя.

Технические данные двухскоростного асинхронного двигателя используемого до модернизации сведены в табл. 2.2.

Максимальный момент ЭД (2.50)

$$M_{макс} = 2,8 * M_{ном} \quad (2.50)$$

$$M_{макс} = 2,8 * 60 = 168 \text{ Н * м}$$

Пусковой момент ЭД на высокой частоте вращения (2.51)

$$M_{пуск} = 2,3 * M_{ном} \quad (2.51)$$

$$M_{пуск} = 2,3 * 60 = 138 \text{ Н * м}$$

Пусковой момент ЭД на низкой частоте вращения (2.52)

$$M_{пуск.м} = 1,8 * M_{ном} \quad (2.52)$$

$$M_{пуск.м} = 1,8 * 60 = 108 \text{ Н * м}$$

Таблица 2.2- Технические данные двухскоростного АД лифта

Тип	Р _{ном} , кВт	n об/мин	КПД, %	Cos φ	I _{ном} , А	M _{ном} , Н*м	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	I _{пуск} , Н*м	Число пусков	J кг*м ²	Масса, кг
5АН200S	5,6	920	83	0,76	13,5	60	2,3 (138)	5,5	180	0,46	215
6/24	1,3	210	-	-	18,8	60	1,8 (108)	-			

Моменты инерции.

Масса лифта на этажных остановках (2.53)

$$m = F / g , \quad (2.53)$$

где F – тяговое усилие кабины с учетом канатов, Н;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$;

m_1 – масса лифта с пассажирами, кг;

m_2 – масса лифта без пассажиров, кг;

$$m_1 = F / 9.8 = 4453.12 / 9.8 = 454.4 \text{ кг}$$

$$m_2 = F' / 9.8 = 1927,66 / 9.8 = 196,7 \text{ кг}$$

Угловую скорость ЭД (2.54)

$$\omega_{дв} = n/9,55 \quad (2.54)$$

где n – частота вращения ЭД, об/мин;

$$\omega_{дв} = 920/9,55 = 96,3 \text{ рад/с}$$

Пусковой и номинальный моменты инерции (2.55)

$$J_{\Sigma 1} = 1,2 * J_{ос} + m_1 * \left(\frac{V_k}{\omega_{дв}} \right)^2 \quad (2.55)$$

где $J_{\Sigma 1}$ – номинальный момент инерции, кг*м²;

$J_{дв}$ – момент инерции двигателя, кг*м²;

m_1 – масса лифта с пассажирами на этажах, н;

V_k – скорость движения кабины;

$W_{дв}$ – угловая скорость двигателя, рад.

$$J_{\Sigma 1} = 1,2 * 0,46 + 454,4 * \left(\frac{1}{96,3}\right)^2 = 0,6 \text{ кг} * \text{м}^2$$

Пусковой момент инерции лифта без пассажиров (2.56)

$$J_{\Sigma 2} = 1,2 * J_{\partial \partial} + m_2 * \left(\frac{V_k}{W_{дв}}\right)^2 \quad (2.56)$$

где m_2 – масса лифта с пассажирами на этажах, н;

$$J_{\Sigma 2} = 1,2 * 0,46 + 196,7 * \left(\frac{1}{96,3}\right)^2 = 0,62 \text{ кг} * \text{м}^2$$

При примерном равенстве суммарных моментов инерции принимаем время установившегося режима работы ЭД при движении лифта вверх и вниз одинаковым.

Время пуска двигателя (2.57)

$$t_{п} = \frac{J_{\Sigma 1} * n}{9,55 * (M_{пуск} - M_{ст})} \quad (2.57)$$

где n – частота вращения ЭД на высокой скорости, об/мин;

$$t_{п} = \frac{0,6 * 920}{9,55 * (138 - 64,3)} = 0,8 \text{ с}$$

Момент инерции изменении высокой частоты вращения на низкую при заполненной пассажирами кабины лифта (2.58)

$$J_{\Sigma пер} = 1,2 * J_{\partial \partial} + m_1 * \left(\frac{V_k - V_m}{W_{дд} - W_m}\right)^2 \quad (2.58)$$

где W_m – малая угловая скорость двигателя, рад/с;

$$J_{\Sigma пер} = 1,2 * 0,46 + 454,4 * \left(\frac{1 - 0,23}{96,3 - 22}\right)^2 = 0,6 \text{ кг} * \text{м}^2$$

Время изменения высокой частоты вращения на малую при загрузке лифта пассажирами (2.59)

$$t_{пер} = \frac{J_{\Sigma пер} * (n - n_m)}{9,55 * (M_{пуск.м} - M_{ст})} \quad (2.59)$$

где n_m – низкая частота вращения ЭД, об/мин;

$$t_{\text{пер}} = \frac{0,6 * 710}{9,55 * (108 + 64,3)} = 0,25 \text{ с}$$

Момент инерции на низкой частоте вращения и загрузке лифта пассажирами (2.60)

$$J_{\Sigma M} = 1,2 * J_{\text{дв}} + m_1 * \left(\frac{V_M}{W_M}\right)^2 \quad (2.60)$$

где V_M – малая скорость движения лифта, м/с;

$$J_{\Sigma M} = 1,2 * 0,46 + 454,4 * \left(\frac{0,23}{22}\right)^2 = 0,6 \text{ кг} * \text{м}^2$$

Время торможения на низкой частоте вращения (2.61)

$$t_{\text{пер}} = \frac{J_{\Sigma M} * n_m}{9,55 * (M_{\text{пуск.м}} + M_{\text{ст}})} \quad (2.61)$$

где $M_{\text{ст}}$ – статический момент, Н*м.

$$t_{\text{пер}} = \frac{0,6 * 210}{9,55 * (108 + 64,3)} = 0,08 \text{ с}$$

Время установившейся работы ЭД (2.62)

$$t_{\text{уст}} = t''' - t_{\text{пер}} - t_{\text{т.м}} - t_{\text{м}} \quad (2.62)$$

где $t_{\text{уст}}$ – время установившейся работы, с;

$$t_{\text{уст}} = 4,08 - 0,8 - 0,25 - 0,08 = 1,95 \text{ с}$$

Для построения тахограммы работы лифта используем ранее полученные отрезки времени. Так как скорость перемещения лифта не сильно зависит от количества пассажиров, а также одинаково время спуска и подъема, то тахограмма будет общей (рисунок 2.7).

Нагрузочная диаграмма ЭД.

Рассчитаем динамические моменты на участках: пуск, изменение частоты вращения с высокой на низкую, торможение с низкой частоты вращения.

Динамический пусковой момент (2.63)

$$M_{\text{дин.п}} = (J_{\Sigma 1} * W_{\text{дв}}) / t_{\text{п}} \quad (2.63)$$

где $t_{\text{п}}$ – время пуска двигателя, с.

$$M_{\text{дин.п}} = (0,6 * 96,3) / 0,8 = 72,3 \text{ Н} * \text{м}$$

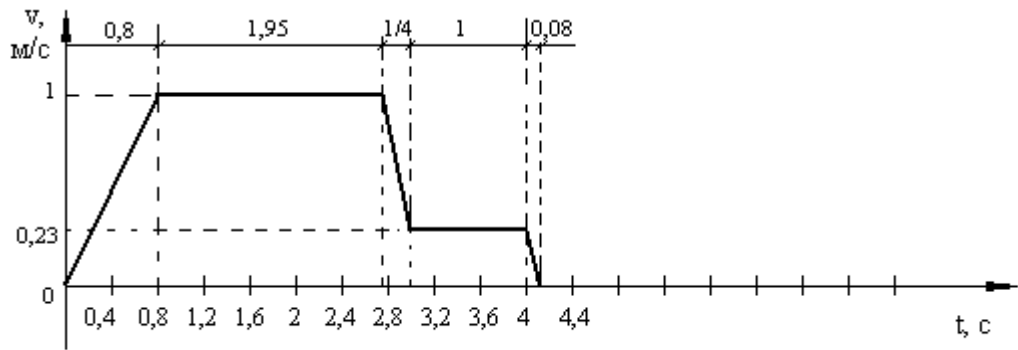


Рисунок 2.7 - Тахограмма движения кабины лифта с применением двухскоростного АД

Переходный динамический момент при изменении частоты вращения с высокой на низкую (2.64)

$$M_{дин.пер} = (J_{\Sigma пер} * W_{дв}) / t_{пер} \quad (2.64)$$

где $t_{пер}$ – время изменения частоты вращения с высокой на низкую, с.

$$M_{дин.пер} = (-0,6 * 74,3) / 0,25 = -178,3 \text{ Н} * \text{м}$$

Динамический тормозной момент с низкой частоты вращения (2.65)

$$M_{дин.т} = (J_{\Sigma т} * W_{м}) / t_{т} / t \quad (2.65)$$

где $t_{т.м.}$ – время торможения, с.

$$M_{дин.т} = (-0,6 * 22) / 0,08 = -165 \text{ Н} * \text{м}$$

Определим моменты ЭД на данных трех участках в двух случаях: кабина загружена полностью и движется вверх, кабина пустая и движется вниз.

Определяем момент на валу двигателя при подъеме загруженной кабины:

1. Во время пуска

$$M1 = M_{ст1} + M_{дин.п} \quad (2.66)$$

где $M_{дин. п.}$ – динамический момент при пуске, Н*м;

$$M1 = 64,3 + 72,3 = 136,6 \text{ Н} * \text{м}$$

2. При переходе с большей скорости на меньшую

$$M2 = M_{ст1} + M_{дин.пер} \quad (2.67)$$

где $M_{\text{дин.пер.}}$ – динамический переходный момент при изменении частоты вращения с высокой на низкую, $\text{Н}^*\text{м}$;

$$M2 = 64,3 - 178,3 = -114 \text{ Н}^* \cdot \text{м}$$

3. При торможении на малой скорости

$$M3 = M_{\text{ст1}} + M_{\text{дин.т}} \quad (2.68)$$

где $M_{\text{дин.т.}}$ – тормозной динамический момент на низкой частоте вращения, $\text{Н}^*\text{м}$;

$$M3 = 64,3 - 165 = -100,7 \text{ Н}^* \cdot \text{м}$$

Момент на валу ЭД при спуске лифта без пассажиров.

1. Во время пуска

$$M1' = M_{\text{ст2}} + M_{\text{дин.п}} \quad (2.69)$$

где $M_{\text{дин. п.}}$ – пусковой динамический момент, $\text{Н}^*\text{м}$;

$$M1' = 28 + 72,3 = 100,3 \text{ Н}^* \cdot \text{м}$$

2. При изменении частоты вращения с высокой на низкую

$$M2' = M_{\text{ст2}} + M_{\text{дин.пер}} \quad (2.70)$$

$$M2' = 28 - 178,3 = -150,3 \text{ Н}^* \cdot \text{м}$$

3. При торможении при низкой частоте вращения

$$M3' = M_{\text{ст2}} + M_{\text{дин.т}} \quad (2.71)$$

$$M3' = 28 - 165 = -137 \text{ Н}^* \cdot \text{м}$$

Нагрузочная диаграмма двигателя.

Используя полученные данные строим нагрузочные диаграммы работы ЭД привода лифта при подъеме пассажиров (см. рисунок 2.8) и при спуске лифта без пассажиров (см. рисунок 2.9).

2.10 Расчет и выбор двигателя

Современные частотные преобразователи позволяют использовать асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором общего назначения. От аналогичных по мощности двухскоростных их отличает более низкий момент

инерции и более низкая стоимость, что позволяет улучшить технические показатели электропривода и снизить срок окупаемости проекта.

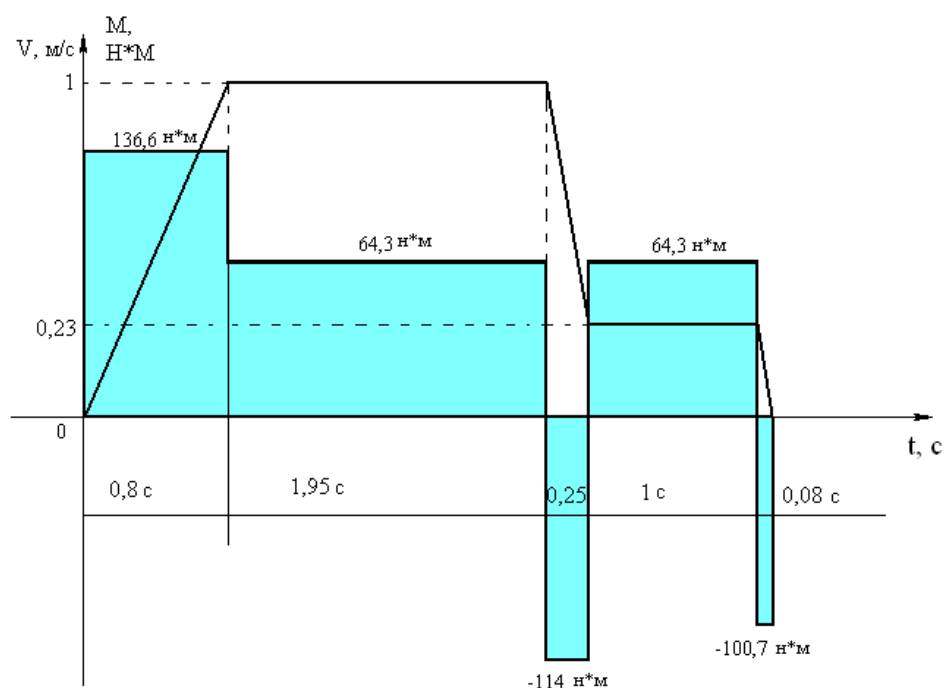


Рисунок 2.8 - Нагрузочная диаграмма работы двигателя при подъеме загруженной кабины и тахограмма ее движения

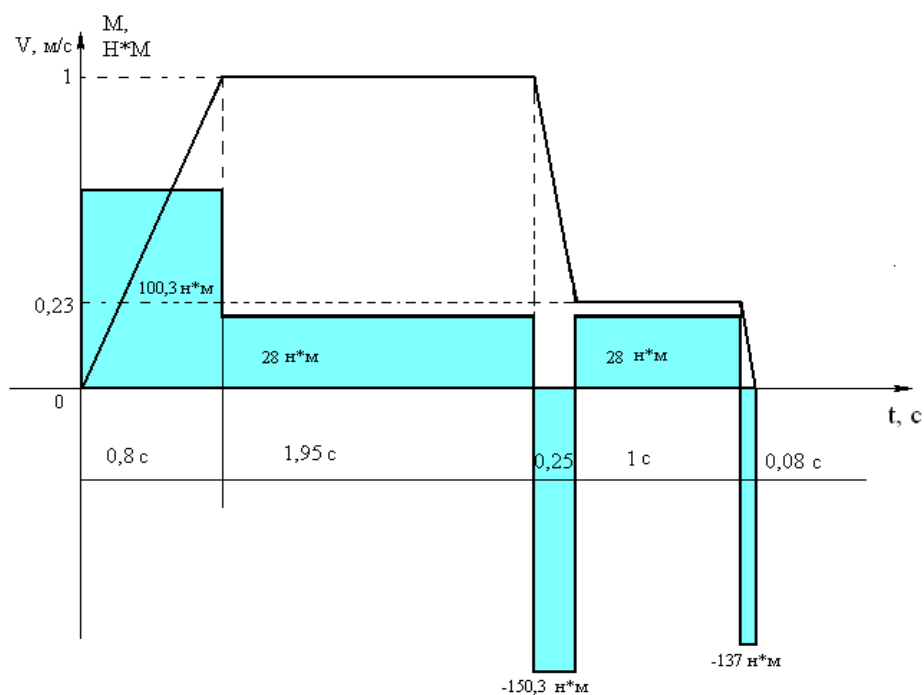


Рисунок 2.9 - Нагрузочная диаграмма работы двигателя при спуске пустой кабины и тахограмма ее движения

Рассчитаем мощность ЭД.

Эквивалентный момент на валу ЭД учитывая продолжительность работы
(2.72)

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{M_{\text{см1}}^2 * t''' + M_{\text{см2}}^2 * t'''}{2 * t'''}} \cdot \sqrt{\frac{ПВр}{ПВном}}, H - м \quad (2.72)$$

где t''' – время перемещения лифта между этажами, с;

$ПВр$ – расчетная продолжительность работы ЭД;

$ПВном$ – номинальная продолжительность работы ЭД.

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{64,3^2 + 28^2}{2}} \cdot 0,89 = 44,2 H - м$$

Частота вращения ЭД (2.73)

$$n_{\text{расч}} = \frac{60 * V_k * i}{\pi * D} \quad (2.73)$$

где V_k – скорость движения кабины, с;

i – передаточное число редуктора;

π – число $\pi = 3,14$;

D – Ø КВШ, м.

$$n_{\text{расч}} = \frac{60 * 1 * 30}{3,14 * 0,65} = 882 \text{ об } \setminus \text{ мин}$$

Мощность ЭД (2.74)

$$P = \frac{M_{\text{экв}} * n}{9550}, Вт, \quad (2.74)$$

где n – частота вращения ЭД на высокой скорости движения лифта,
об/мин;

$$P = \frac{44,2 * 882}{9550} = 4,08 кВт$$

Из каталога выбираем двигатель типа АИРМ132S6 (таблица 2.3).

Степень защиты IP54, класс нагревостойкости изоляции «F», $2p=6$; $n = 1000$ об/мин

Таблица 2.3- Характеристики односкоростного АД типа АИРМ132S6

Тип	P _{ном} ,	n об/мин	КПД, %	cos φ	I _{ном} , А	M _{ном} ,	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	I _{пуск}	Число	J Кг*м ²	Масса, кг
АИРМ1 32S6	5,5	960	84,5	0,8	12,4	55	2	5,8	---	0,048	68,5

Построение тахограммы.

Для повышения комфортности и уменьшения динамических моментов, продолжительность участков разгона и замедления требуется увеличить.

$t_{уст} = 1,5$ сек - для установившегося режима работы (зависит от расположения шунтов);

$t_{п} = 1,5$ сек - для пуска ЭД (программируется в контроллере);

$t_{пер} = 0,8$ сек - для перехода (программируется в контроллере);

$t_{т.м} = 0,08$ сек - для торможения при низкой частоте вращения (зависит от времени наложения тормоза, расположения шунтов и от контроллера);

$t_{м} = 0,6$ сек - для движения на низкой частоте вращения (зависит от расположения шунтов).

Частота выходного напряжения от контроллера для высокой скорости вращения (2.75)

$$f_1 = \frac{f_{сети} * n_{расч.}}{n_{ном}}, \quad (2.75)$$

где f_1 – частота напряжения, требуемого для ЧВ ЭД 882 об/мин, Гц;

$n_{расч.} = 960$ об/мин – расчетная ЧВ ЭД,;

$f_{сети}$ – частота сети, 50 Гц;

$n_{ном.}$ – номинальная ЧВ ЭД, об/мин;

$$f_1 = \frac{50 * 882}{960} = 46 \text{ Гц}$$

Частота выходного напряжения от контроллера для высокой частоты вращения (2.76)

$$f_2 = \frac{f_{сети} * n_{мал}}{n_{ном}}, \quad (2.76)$$

где f_2 – частота напряжения, требуемого для ЧВ ЭД 192 об/мин, Гц;

$n_{мал.}$ – ЧВ ЭД на низкой скорости, об/мин;

$f_{сети}$ – частота сети, 50 Гц;

$n_{ном.}$ – номинальная ЧВ ЭД, об/мин;

$$f_2 = \frac{50 * 192}{960} = 10 \text{ Гц}$$

С применением преобразователя частоты номинальная скорость лифта составила 1 м/с, а при движении с низкой скоростью - 0,22 м/с. Контроллер также обеспечивает плавные переходы скорости.

Для построения тахограммы (см. рисунок 2.10) воспользуемся рассчитанными выше данными.

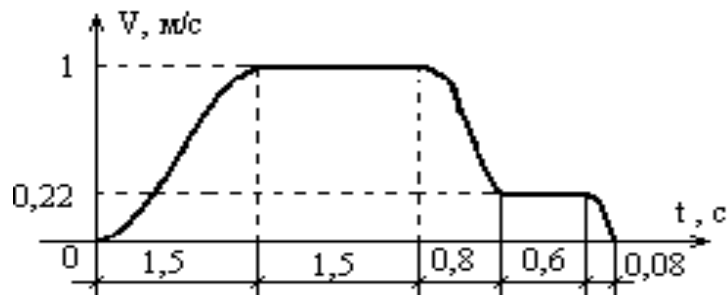


Рисунок 2.10 - Тахограмма лифта с использованием частотного преобразователя и односкоростного асинхронного двигателя

Момент инерции ЭД.

Угловая скорость ЭД (2.77)

$$W_{дв} = \frac{n_{расч}}{9,55} \quad (2.77)$$

где $n_{расч}$ – частота вращения ЭД, об/мин.

$$W_{дв} = \frac{882}{9,55} = 92,4 \text{ рад/сек}$$

Пусковой и номинальный моменты инерции (2.78)

$$J_{\Sigma 1} = J_{дв} + m_1 * \left(\frac{V_K}{W_{дв}}\right)^2 \quad (2.78)$$

где m_1 – масса кабины лифта с пассажирами на остановках, Н;

$$J_{\Sigma 1} = 0,048 + 454,4 * \left(\frac{1}{92,4}\right)^2 = 0,1 \text{ кг} * \text{м}^2$$

Пусковой момент инерции лифта без пассажиров (2.79)

$$J_{\Sigma 2} = J_{дв} + m_2 * \left(\frac{V_K}{W_{дв}}\right)^2 \quad (2.79)$$

где m_2 – масса кабины лифта без пассажиров на остановках, Н;

$$J_{\Sigma 2} = 0,048 + 196,7 * \left(\frac{1}{92,4}\right)^2 = 0,07 \text{ кг} * \text{м}^2$$

Переходный момент инерции при изменении частоты вращения с высокой на низкую (2.80)

$$J_{\Sigma пер} = J_{дв} + m_1 * \left(\frac{V_K - V_M}{W_{дв} - W_M}\right)^2, \quad (2.80)$$

$$J_{\Sigma пер} = 0,048 + 454,4 * \left(\frac{1 - 0,22}{92,4 - 20,1}\right)^2 = 0,1 \text{ кг} * \text{м}^2$$

Переходный момент инерции при изменении частоты вращения с высокой на низкую без пассажиров в лифте (2.81)

$$J_{\Sigma пер.н} = J_{дв} + m_2 * \left(\frac{V_K - V_M}{W_{дв} - W_M}\right)^2 \quad (2.81)$$

$$J_{\Sigma пер.н} = 0,048 + 196,7 * \left(\frac{1 - 0,22}{92,4 - 20,1}\right)^2 = 0,07 \text{ кг} * \text{м}^2$$

Момент инерции на низкой скорости с номинальным количеством пассажиров (2.82)

$$J_{\Sigma М} = J_{дв} + m_1 * \left(\frac{V_M}{W_M}\right)^2 \quad (2.82)$$

$$J_{\Sigma M} = 0,048 + 454,4 * \left(\frac{0,22}{20,1}\right)^2 = 0,1 \text{ кг} * \text{м}^2$$

Момент инерции на низкой частоте вращения без пассажиров (2.83)

$$J_{\Sigma M.n} = J_{\partial 6} + m2 * \left(\frac{V_M}{W_M}\right)^2 \quad (2.83)$$

$$J_{\Sigma M} = 0,048 + 196,7 * \left(\frac{0,22}{20,1}\right)^2 = 0,07 \text{ кг} * \text{м}^2$$

Нагрузочная диаграмма двигателя.

Для построения нагрузочной диаграммы двигателя определим динамические моменты на участках: пуска; перехода с высокой частоты вращения на низкую, торможения на низкой частоте вращения;

Пусковой динамический момент с пассажирами (2.84)

$$M_{дин.п} = \frac{J_{\Sigma 1} * W_{дв}}{t_{п}} \quad (2.84)$$

$$M_{дин.п} = \frac{0,1 * 92,4}{1,5} = 6,16 \text{ Н} * \text{м}$$

Пусковой динамический момент без пассажиров (2.85)

$$M_{дин.п}' = \frac{J_{\Sigma 2} * W_{дв}}{t_{п}} \quad (2.85)$$

$$M_{дин.п} = \frac{0,07 * 92,4}{1,5} = 4,3 \text{ Н} * \text{м}$$

Переходный динамический момент при изменении частоты вращения с высокой на низкую с пассажирами (2.86)

$$M_{дин.пер} = \frac{-J_{\Sigma пер} * W_{дв}}{t_{пер}} \quad (2.86)$$

$$M_{дин.пер} = \frac{-0,1 * 72,3}{0,08} = -9 \text{ Н} * \text{м}$$

Переходный динамический момент при изменении частоты вращения с высокой на низкую без пассажиров (2.87)

$$M_{дин.пер}' = \frac{-J_{\Sigma пер.п} * W_{дв}}{t_{пер}} \quad (2.87)$$

$$M_{дин.пер} = \frac{-0,07 * 72,3}{0,08} = -6,3 \text{ Н} * \text{м}$$

Тормозной динамический момент на малой частоте вращения с пассажирами (2.88)

$$M_{дин.т} = \frac{-J_{\Sigma м} * W_m}{t_{пер}} \quad (2.88)$$

$$M_{дин.т} = \frac{-0,1 * 20,1}{0,08} = -25 \text{ Н} * м$$

Тормозной динамический момент при торможении на низкой частоте вращения без пассажиров (2.89)

$$M_{дин.т'} = \frac{-J_{\Sigma м / g} * W_m}{t_{пер}} \quad (2.89)$$

$$M_{дин.т'} = \frac{-0,07 * 20,1}{0,08} = -17,6 \text{ Н} * м$$

Моменты ЭД на этих участках в двух случаях: кабина лифта с максимально допустимым количеством пассажиров движется вверх; лифт без пассажиров и движется вниз.

Момент на валу ЭД при движении лифта с пассажирами вверх.

1. При пуске

$$M1 = M_{ст1} + M_{дин.п} \quad (2.90)$$

$$M1 = 64,3 + 6,16 = 70,5 \text{ Н} * м$$

2. При изменении частоты вращения с высокой на низкую

$$M2 = M_{ст1} + M_{дин.пер} \quad (2.91)$$

$$M2 = 64,3 - 9 = 55,3 \text{ Н} * м$$

3. При торможении на низкой частоте вращения

$$M3 = M_{ст1} + M_{дин.т} \quad (2.92)$$

$$M3 = 64,3 - 25 = 39,3 \text{ Н} * м$$

Пусковой момент ЭД при спуске лифта без пассажиров.

1. При пуске

$$M1' = M_{ст2} + M_{дин.п} \quad (2.93)$$

$$M1' = 28 + 4,3 = 32,3 \text{ Н} * м$$

2. При переходе с большей скорости на меньшую

$$M2' = M_{ст2} + M_{дин.пер} \quad (2.94)$$

$$M2 = 28 - 6.3 = 21.7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

3. При торможении на малой скорости

$$M3' = M_{ст2} + M_{дин.т} \quad (2.95)$$

$$M3' = 28 - 17.6 = 10.4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Нагрузочной диаграммы.

Используя полученные данные строим нагрузочные диаграммы работы ЭД привода лифта при подъеме пассажиров (см. рисунок 2.11) и при спуске лифта без пассажиров (см. рисунок 2.12).

Проверка ЭД на пусковые свойства и нагрев.

Критерий выбора ЭД по пуску (2.96)

$$M1 \leq M_{макс} \quad (2.96)$$

где $M1$ – максимальный пусковой момент ЭД, Н*м;

$M_{макс}$ – максимальный момент ЭД, Н*м;

$$70,5 \text{ Н} \cdot \text{м} < 110 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

ЭД пусковой критерий выполнил.

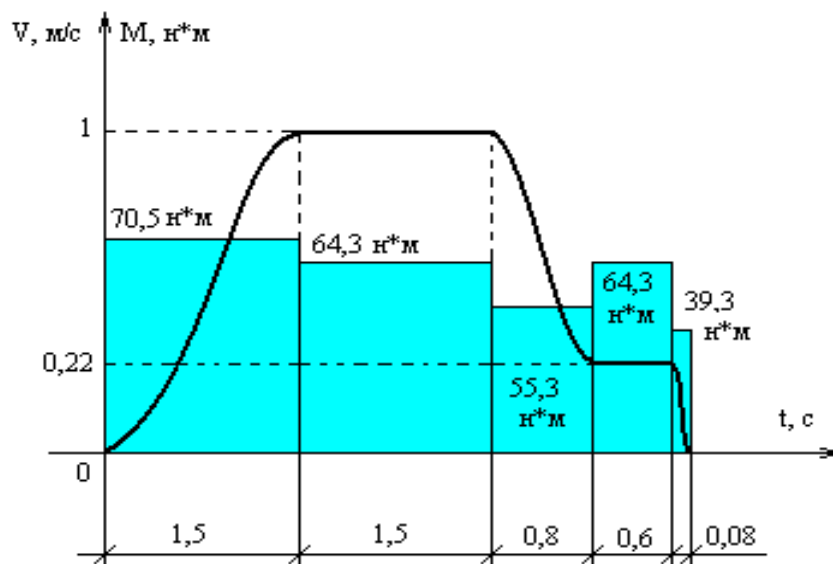


Рисунок 2.11- Нагрузочная диаграмма работы двигателя при подъеме загруженной кабины и тахограмма ее движения

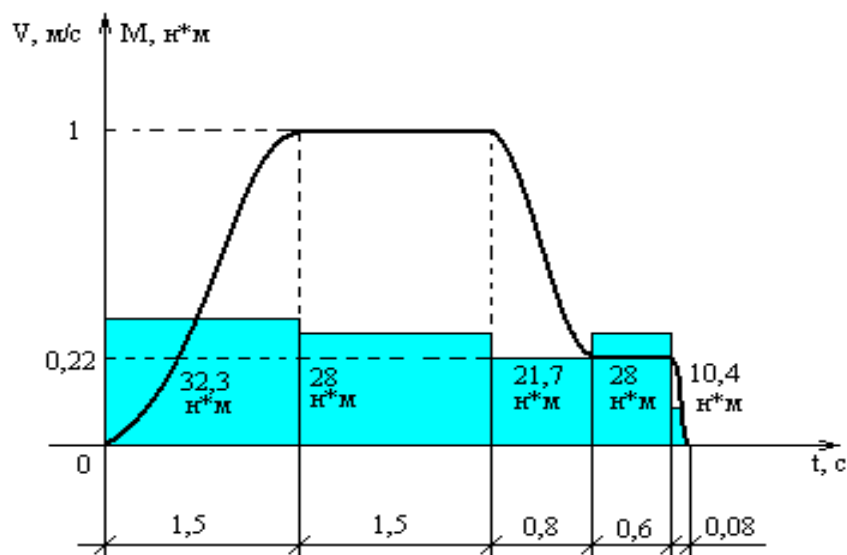


Рисунок 2.12 - Нагрузочная диаграмма работы двигателя при спуске пустой кабины и тахограмма ее движения

Критерий выбора ЭД по нагреву (2.97)

$$M_{э\kappa\psi'} < M_{н\text{юм}} \quad (2.97)$$

$$M_{э\kappa\psi'} = \sqrt{\frac{(70,5^2 + 32,3^2) * 1,5 + (64,3^2 + 28^2) * 1,5 + (55,3^2 + 21,7^2) * 0,8 + (64,3^2 + 28^2) * 0,6 + (39,3^2 + 10,4^2) * 0,08}{2 * 4,48}} * \sqrt{\frac{32,3}{40}}$$

$$M_{э\kappa\psi'} = 49,9 * 0,89 = 44,84 \text{ Н * м}$$

$$44,84 < 55$$

ЭД критерий по нагреву выполнил.

2.11 Выбор преобразователя частоты

Для выбора преобразователя частоты ранее были рассчитаны номинальная мощность электродвигателя и его напряжение питания. При выборе преобразователя частоты возьмем запас по мощности, то есть мощность преобразователя возьмем больше мощности электродвигателя.

Выбрали преобразователь частоты ATV58HU90N4S309 (см. рисунок 2.13, таблица 2.4)

Таблица 2.4 - Параметры ПЧ типа ATV58HU90N4S309

Тип	Сеть						Двигатель	Преобразователь	
	U пит.	I лин.	I макс. к.з.	Мощность двигателя		I ном	Макс. перех. ток	Потери мощнос- ти	Масса
	В.	А.	КА.	кВт.	л.с.	А.	А.	Вт.	Кг.
ATV58 HU90N 4S309	380	17	5	5,5	7,7	13	17,7	200	6,9

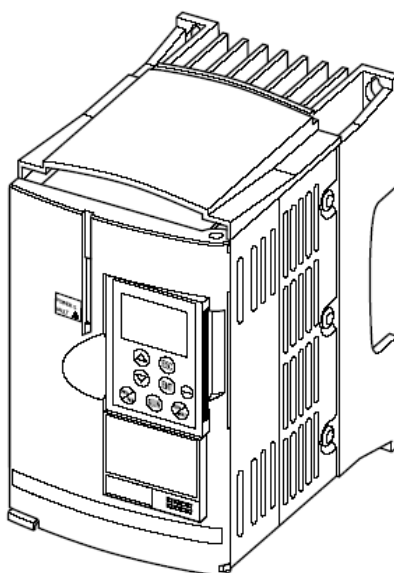
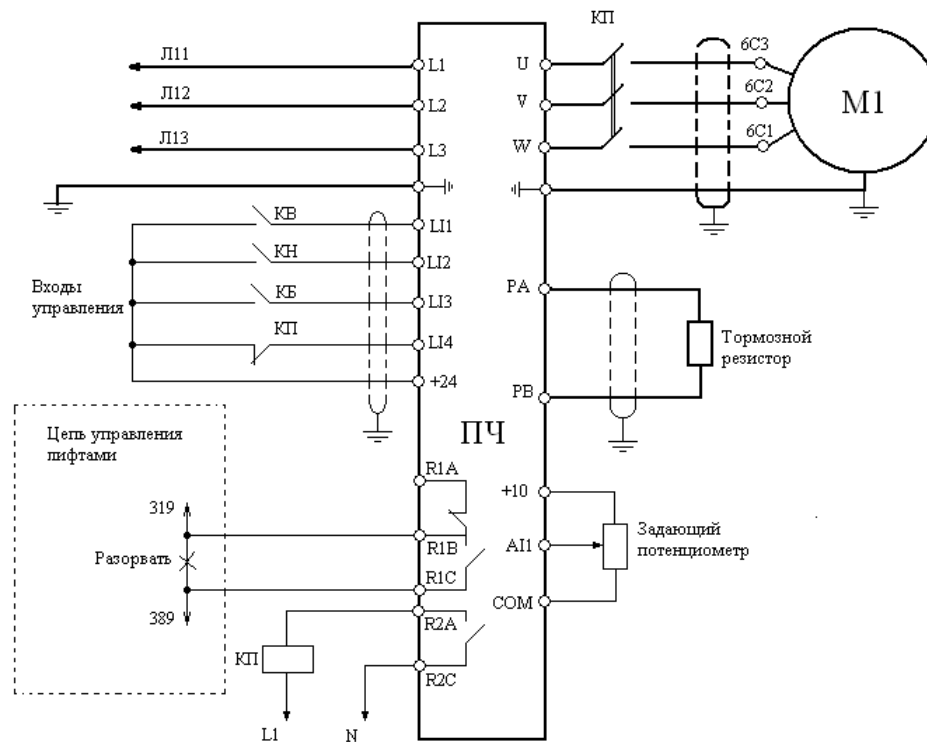


Рисунок 2.13 - Внешний вид ПЧ типа ATV58HU90N4S309

Электрическая схема соединения преобразователя частоты с электродвигателем представлена на рисунке 2.14, нумерация силовых клемм - на рисунке 2.15, их назначение – в таблице 2.5, клеммы цепей управления – на рисунке 2.16, их назначение – в таблице 2.6.



Расположение клемм

Рисунок 2.15- Нумерация силовых клемм

Клеммы	Назначение	Для ПЧ ATV58
$\perp$	Клемма заземления ПЧ	Все типы
L1 L2 L3	Силовое питание	Все типы
+ -	Звено постоянного тока	D28N4 - D79N4
PA PB	Тормозное сопротивление	Все типы
U V W	Подключение двигателя	Все типы
$\perp$	Клемма заземления ПЧ	Все типы

Расположение клемм:

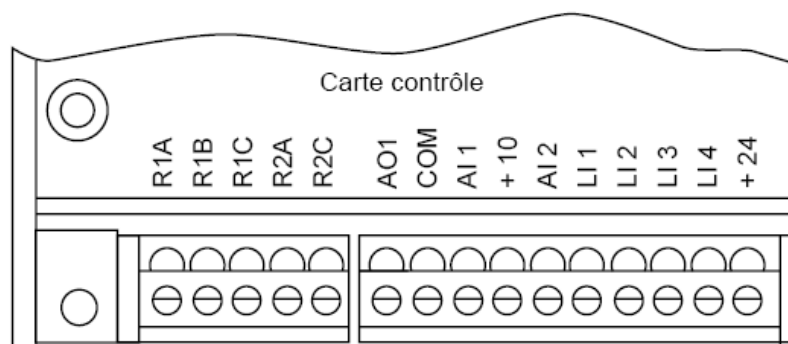


Рисунок 2.16- Расположение клемм цепей управления ПЧ

Таблица 2.6 - Назначение клемм цепей управления ПЧ.

Клемма	Назначение	Электрические характеристики
R1A R1B R1C	Переключающий контакт с общей точкой (R1C) реле безопасности R1	Минимальная коммутационная способность: • 10 мА для 24 В перем. тока мА для 24 В пост. тока
R2A R2C	НО контакт программируемого реле R2	Макс. коммутационная способность при индуктивной нагрузке (COS φ 0,4 и L/R 7 мс): • 1,5 А для 250 В перем. и 30 В пост. тока
AO1	Аналоговый выход по току	Аналоговый выход по току X-Y мА, где X и Y могут программироваться Заводская настройка 0 - 20 мА Полное сопротивление 500 Ом
COM	Общая клемма для дискретных и аналоговых входов	
AI1	Аналоговый вход по напряжению	Аналоговый вход 0 + 10 В Полное сопротивление 30 кОм
+10	Питание для задающего потенциометра от 1 до 10 кОм	+10 В (- 0, + 10%) 10 мА макс. с защитой от к.з. и перегрузок
AI2	Аналоговый вход по току	Аналоговый вход по току X-Y мА, где X и Y могут программироваться Заводская настройка 4 - 20 мА Полное сопротивление 100 Ом
LI1 LI2 LI3 LI4	Дискретные входы	Программируемые дискретные входы Полное сопротивление 3,5 кОм Питание + 24 В (макс. 30 В) Состояние 0, если < 5 В, состояние 1, если > 11 В
+ 24	Питание входов	+ 24 В с защитой от к.з. и перегрузок минимум 18 В, максимум 30 В Максимальный ток 200 мА

Для рассеивания тормозной энергии выбрали тормозной модуль VW3-A58735, состоящий из двух резисторов $P_n=96$ Вт, $R=60$ Ом.

Выбрали векторное управление электроприводом которое позволяет:

- обеспечить пропуск нежелательных для электропривода частот вращения (например, связанных с механическими проблемами резонанса).
- получить высокий момент на низких оборотах;
- обеспечить подхват двигателя при кратковременном пропадании питающего напряжения без опрокидывания инвертора;
- задавать двигателю очень большое ускорение.

2.12 Расчет и выбор кабеля, проводов, коммутационной аппаратуры

Основной критерий выбора кабеля – нагрев (см. таблица 2.7 и 2.8). Второй критерий – кабель должен быть экранированным, и иметь возможность для заземления экрана.

Таблица 2.7 - Сечение кабеля при допустимом токе

Открытая проводка						Сечение кабеля мм ²	Закрытая проводка					
медь			алюминий				медь			алюминий		
ток, А	мощность, кВт		ток, А	мощность, кВт			ток, А	мощность, кВт		ток, А	мощность, кВт	
	220В	380В		220В	380В			220В	380В		220В	380В
17	3,7	6,4	-	-	-	1	14	3	5,3	-	-	-
23	5	8,7	-	-	-	1,5	15	3,3	5,7	-	-	-
26	5,7	9,8	21	4,6	7,9	2	19	4,1	7,2	14	3	5,3

Для подбора сечения проводников кабеля сравним рассчитанный ток I_p с табличным током $I_{\text{доп}}$:

$$I_p \leq I_{\text{доп}} \quad (2.100)$$

где $I_p = 18,8\text{А}$ – максимальный ток ЭД;

$I_{\text{доп}}$ – допустимый ток для кабеля.

Выбрали жилу кабеля 2 мм², что не противоречит критерию (2.100).

Подбираем марку кабеля ВВГ-1 3Х2,5 $I_{доп} = 23\text{А}$, $U_n = 0,4\text{ кВ}$,
длина $l = 7\text{м}$.

Провод подбираем по максимальной температуре: сечение 1 мм^2 , марка ВВГ-1 1Х1, $I_{доп} = 14\text{А}$, $U_n = 0,4\text{ кВ}$, длина $l_n = 6\text{ м}$.

Таблица 2.8 - Допустимый ток в зависимости от сечения и вида прокладки кабеля

Сечение жины	Ток, А, для проводов, проложенных					
	Открыто	в одной трубе				
		2-х одножильных	3-х одножильных	4-х одножильных	Двух- жильный	Трех- жильный
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21

Таблица 2.9 – Технические параметры ПМЛ – 2110

Тип	Номинальный ток контактов	Номинальное напряжение	Класс защиты	Напряжение катушки	Наличие доп. контакта
ПМЛ-2110	А	кВ		В	
	25	До 0,6	IP54	~220	Один нормально замкнутый

В системе управления лифта применяются пускатели серии КП, электромагнитные реле серий КН, КВ, КМ, КБ.

Для их питания используется переменное напряжение 220В 50 Гц. У пускателя должен быть один нормальнозамкнутый контакт, размыкающийся при его срабатывании.

Этим критериям наиболее удовлетворяют магнитные пускатели серии ПМЛ-2110 (таблица 2.9)

В качестве электромагнитных реле выбираем серию РЕП – 20с (таблица 2.10), питание постоянным напряжением 110В.

Таблица 2.10 – Технические параметры РЕП-20с

Тип	Время срабатывания	Номинальное напряжение	Номинальный ток	Напряжение катушки
РЕП-20с	с	В	А	В
	не более 0.06	До 220	До 1	= 110

2.13 Определение энергозатрат

Энергозатраты до модернизации.

Среднеквадратичный момент на ЭД (2.101)

$$M_{ср.кв.1} = \frac{\sqrt{(M_1^2 + M_1'^2) * t_{n.} + (M_{cm1}^2 + M_{cm2}^2) * (t_{ycm.} + t_{м.}) + (M_2^2 + M_2'^2) * t_{nep.}}}{\sqrt{2 * (t_n + t_{ycm} + t_{n.} + t_{nep.})}} * \sqrt{\frac{P_{B_p}}{P_B}}, \quad (2.101)$$

$$M_{ср.кв.1} = \sqrt{\frac{(136,6^2 + 100,3^2) * 0,8 + (64,3^2 + 28^2) * 1,95 + (114^2 + 150,3^2) * 0,25 + 64,3^2 + 28^2}{2 * 4,0}} * \sqrt{\frac{32,3}{40}} * \sqrt{\frac{32,3}{40}}$$

$$M_{ср.кв.1} = 76,14 * 0,898 = 68,42 \text{ Н} * \text{м}$$

Мощность, потребляемая ЭД (2.102)

$$P_1 = \frac{M_{ср.кв.1} * (\omega_{\delta} + \omega_{м})}{2 * \eta_{\delta\epsilon}}, \quad (2.102)$$

$$P_1 = \frac{68,42 * (96,3 + 22)}{2 * 0,83} = 4,876 \text{ кВт}$$

Потери мощности (2.103)

$$\Delta P_1 = P_1 * (1 - \eta_{\delta\epsilon}) / \eta_{\delta\epsilon}, \quad (2.103)$$

$$\Delta P_1 = 4,876 * (1 - 0,83) / 0,83 = 1 \text{ кВт}$$

Электроэнергия, потребляемая ЭД за один час (2.104)

$$W1 = P1 * T \quad (2.104)$$

$$W1 = 4,876 * 1 = 4,876 \text{ кВт} * \text{ч}$$

Электрозатраты после модернизации.

Среднеквадратичный момент на ЭД (2.105)

$$M_{\text{ср. кв. 2.}} = \frac{\sqrt{(M1^2 + M1'^2) * t_n + (M_{\text{см1}}^2 + M_{\text{см2}}^2) * (t_{\text{уст.}} + t_{\text{м.}}) + (M2^2 + M2'^2) * t_{\text{неп.}}}}{\sqrt{2 * (t_n + t_{\text{уст.}} + t_{\text{м.}} + t_{\text{неп.}})}} * \sqrt{\frac{PB_p}{PB}}, \quad (2.105)$$

$$M_{\text{ср. кв. 2.}} = \sqrt{\frac{(70,5^2 + 32,3^2) * 1,5 + (64,3^2 + 28^2) * 1,5 + (55,3^2 + 21,7^2) * 0,8 + (64,3^2 + 28^2) * 0,6}{2 * 4,40}} * \sqrt{\frac{32,3}{40}}$$

$$M_{\text{ср. кв. 2.}} = 50,2 * 0,898 = 45,08 \text{ Н} * \text{м}$$

Мощность, потребляемая ЭД (2.106)

$$P2 = \frac{M_{\text{ср. кв. 1.}} * (\omega_o + \omega_m)}{2 * \eta_{\text{дв}}} + P_{\text{ПЧ}}, \quad (2.106)$$

$$P2 = \frac{45,08 * (92,4 + 20,1)}{2 * 0,845} + 0,2 = 3,2 \text{ кВт}$$

Потери мощности (2.107)

$$\Delta P2 = P2 * (1 - \eta_{\text{дв}}) / \eta_{\text{дв}}, \quad (2.107)$$

$$\Delta P2 = 3,2 * (1 - 0,845) / 0,845 = 0,59 \text{ кВт}$$

Электроэнергия, потребляемая ЭД за один час (2.108)

$$W2 = P2 * T \quad (2.108)$$

$$W1 = 3,2 * 1 = 3,2 \text{ кВт} * \text{ч}$$

2.14 Ожидаемые результаты

Оценочный расчет себестоимости модернизации произведем на основании данных ООО «Ставропольлифт».

Необходимые для модернизации лифта покупные изделия представлены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 - Расшифровка покупных изделий на проектный
(модернизированный) вариант электропривода

Обозначение	Тип	Наименование	Технические данные	Кол-во	Цена за ед., руб.	Общая стоимость, руб.
1	2	3	4	5	6	7
М1	АИРМ132S6	Двигатель главного привода	n=960 об/мин P=5,5 кВт КПД=84,5%	1	7265	7265
R	VW3-A58735	Тормозной модуль	Pn=96 Вт, R=60 Ом;	2	2700	5400
ПЧ	ATV58HU90N4S309	Преобразователь частоты.	P=5,5 кВт КПД=96%	1	30000	30000
КП	ПМЛ-2110	Пускатель	Iном = 25 А Uном=0,6 кВ	1	360	360
Кабель ВВГ 3*2,5	Кабель ВВГ 3*2,5	Кабель от ПЧ до АД	Iном = 23А Uном =0,4	7	25	175
КМ, КБ, КВ, КН	РЕП-20с	Реле промежуточное	Iном = 1 А Uном = 0,22 кВ	4	360	1440
ШОК5906	ШОК5906	Шкаф управления лифтом	Используется вместе с блоком ЯОК9501У ХЛ4	1	20000	20000

Продолжение таблица 2.11						
1	2	3	4	5	6	7
Провод ВВГ 1*1	Провод ВВГ 1*1	Провод для цепей управления	Ином = 14А Уном =0,4	6	10	60
ЯОК9501У ХЛ4	ЯОК9501 УХЛ4	Блок парного управления лифтами	Один на два шкафа управления	1	10000	10000
ЭмТ	КМТД- 100	Эл. м. тормоз	$M_T = 40 \text{ Нм}$, $D_{\text{шк}} = 160$ мм, $m = 11$ кг	1	3000	3000
Итого:						77700

На основании выполненных расчётов составляется калькуляция в виде таблицы 2.12.

Таблица 2.12- Калькуляционный расчет отпускной цены на электропривод лифта

Статьи расхода	Сумма, руб.	
	Базовый вариант	Модернизи- рованный
1	2	3
Основные и вспомогательные материалы	-	-
Комплекующие изделия и п./ф.	78100	85470
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	97,79	87,14
Основная заработная плата производственных рабочих	1222,48	1089,25

Продолжение таблицы 2.12

1	2	3
Отчисления на социальные нужды	448,89	399,98
Расходы на содерж. и эксп. оборуд.	97,79	87,14
Общепроизводственные расходы	3422,94	3049,9
Общехозяйственные расходы	3422,94	3049,9
Производственная себестоимость	86812,83	93233,31
Внепроизводственные расходы	2604,38	2796,99
Полная себестоимость	89417,21	96030,3
Плановые накопления 25%	22354,30	24007,57
Оптовая цена	111771,51	120037,87

Данные выполненных расчетов затрат сводим в таблицу 2.13.

Таблица 2.13- Характеристика изменений эксплуатационных затрат

№ п/п	Наименование изменяющихся эксплуатационных затрат	Затраты по вариантам, руб.		Отклонение от базового варианта, руб.
		Базовый	Проектный	
1	Амортизационные отчисления	9192,37	10059,81	-867,44
2	Потери электроэнергии	32035,32	21024	11011,32
3	Затраты на ремонт электропривода	9282,51	8632,75	649,76
4	Затраты на обслуживание электропривода	928,25	863,27	64,98
ИТОГО		51438,45	40579,83	10858,62

Расчет экономического эффекта.

Срок окупаемости модернизации электропривода рассчитывается по формуле (2.109)

$$T = (\sum K_2 - \sum K_1) / (\sum C_1 - \sum C_2), \quad (2.109)$$

где T – срок окупаемости, лет;

$\Sigma K1$ – капитальные вложения до модернизации, руб;

$\Sigma K2$ – капитальные вложения после модернизации, руб;

$\Sigma C1$ – эксплуатационные расходы до модернизации, руб;

$\Sigma C2$ – эксплуатационные расходы после модернизации, руб;

$$T = (91452,9 - 83567) / (51438,45 - 40579,83) = 0,72 \text{ года}$$

После проведения всех необходимых расчетов видно, что экономическая эффективность модернизации оборудования выгодна, несмотря на то, что оптовая цена модернизированного электропривода (120037,87 руб) больше цены базового электропривода (111771,51 руб) на 7,39%.

Срок окупаемости модернизации электропривода составил 8,6 месяцев.

Эксплуатационные затраты снизились на 26,7 %.

Заключение

В работе выполнена модернизация пассажирского лифта грузоподъемностью 630 кг и скоростью 1 м/с .

Для улучшения технико-экономических показателей эксплуатации лифта вместо контактно-релейной схемы, в систему управления введен преобразователь частоты типа ATV58HU90N4S309, а так же произведена замена старого двухскоростного двигателя на односкоростной асинхронный двигатель с КЗ ротором типа АИРМ 132S6.

Применение частотного преобразователя позволило:

- сэкономить электроэнергию примерно на 30% в год;
- снизить уровень шума;
- обеспечить более комфортное движение лифта (без рывков);
- снизить затраты на эксплуатацию лифта.

Применение односкоростного асинхронного двигателя общепромышленной серии позволили уменьшить срок окупаемости модернизации, уменьшить момент инерции, уменьшить затраты на обслуживание двигателя.

После проведения всех необходимых расчетов видно, что экономическая эффективность модернизации оборудования выгодна, несмотря на то, что оптовая цена модернизированного электропривода (120037,87 руб) больше цены базового электропривода (111771,51 руб) на 7,39%.

Срок окупаемости модернизации электропривода составил 8,6 месяцев.

Эксплуатационные затраты снизились на 26,7 %.

Список использованных источников

1. Лобов, Н.А. Пассажирские лифты / Н.А. Лобов.- М.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2009. – 183 с.
2. Полковников, В.С. Монтаж лифтов / В.С. Полковников, Е.В. Грузинов, Н.А. Лобов.- М.: Высшая школа, 2010. – 335 с.
3. Волков, Д.П. Лифты / Д.П. Волков.- М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009 – 463 с.
4. ГОСТ 2201-2007 Лифты пассажирские и грузовые. Технические условия.- Минск, 2007.– 27 с.
5. Обухов, А.И. Монтаж лифтов и канатных дорог / А.И. Обухов.- М.: Стройиздат, 2007 г.- 413 с
6. Руководство пользователя «Altivar 58 Lift Telemecanique» Shneider.- Electric, 2006 г.- 68 с.
7. Яновски, Л.И. Проектирование механического оборудования лифтов. Третье издание / Л.И. Яновски, И.А. Иноземцева, С.Д. Бабичев.- М.: изд. АСВ, 2008 г.– 416 с.
8. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов. Ростехнадзор РФ.- М.: Стройиздат, 2007 г.- 127 с
9. Архангельский, Г.Г. Гидравлические лифты: конструкция, монтаж, обслуживание: учебное пособие/ Г.Г. Архангельский.- ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». Москва.: МГСУ, 2013.- 272 с.
10. Архангельский, Г.Г. Эксплуатация и расчет лифтовых установок / Г.Г. Архангельский, А.А. Вайнсон, А.А. Ионов.- Москва.: МИСИ, 2010.- 328 с.
11. Лобов, Н.А. Пассажирские лифты грузоподъемностью 400 и 630 кг / Н.А. Лобов.- Москва.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2010, 203 с.
12. Лифт пассажирский: инструкция по эксплуатации 0411К.00.00.000ИЭ.- Москва.: КМЗ, 2010, 46 с.
13. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов. ПБ-10-558-03/ НТЦ «Промышленная безопасность».- Москва.: изд. АСВ, 2013, 87 с.

14. Райков, Е.И. Справочник молодого монтажника лифтов / Е.И. Райков, Е.В. Грузинов.- Москва.: Высшая школа, 2009 г.- 348 с.
15. Федосеев, В. Н., Гончаров Г. К. Безопасная эксплуатация лифтов: Справ. пособие / В.Н. Федосеев, Г.К. Гончаров.- М.: Стройиздат, 2010.- 256 с.
16. Чутчиков, П. И. Ремонт лифтов: учеб. пособие / П.И. Чутчиков.- М.: Стройиздат, 2003.- 272 с.
17. Электрооборудование лифта [Электронный ресурс]/ Школа для электриков. Электрон. дан. – режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/1352-jelektrooborudovanie-liftov.html> – Дата обращения 01.05.2016 г.
18. Устройство лифта [Электронный ресурс]/ электрон. дан. – режим доступа: <http://montajlift.ru/ustroistvolifta.html> . – Дата обращения 10.05.2016 г.
19. Janovsky L. Elevator mechanical design. NY: Elevator world, 1999.
20. Paoletti R. Ascensore idraulico. Ulrico hoepli. Milano, 1999.
21. Nederbragt, J.A.: Emergency Rope Brake. ELEVATOR WORLD 5/1985, Mobile, USA.
22. The Selection and Inspection of Elevator Ropes. ELEVATOR WORLD Educational Package, Mobile, USA.
23. Elevator Technology 4 (Proceedings of ELEVCON 92, Amsterdam, 1992) Janovsky, L. and Dolezal, J.: Vytahy a eskalatory. SNTL, Prague, 1980.
24. Deimann, R.: Experience with Rope Brakes. Elevator Technology 4 (Proceedings of ELEVCON 92, Amsterdam, 1992)