

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра ЭПЭО

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
ИССЛЕДОВАНИЕ АССИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПАССАЖИРСКОГО ЛИФТА

УДК 62-83-52:621.876.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ5А	Головков Константин Геннадьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Качин С. И.	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Кузьмина Н. Г			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А. Г.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭПЭО	Ю. Н. Дементьев	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»**

Код ре- зультата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Универсальные компетенции	
P1	<i>Совершенствовать</i> и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	<i>Свободно пользоваться русским и иностранным языками</i> как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.
P3	<i>Использовать</i> на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
P4	<i>Использовать</i> представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.
Профессиональные компетенции	
P5	<i>Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания</i> в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	<i>Ставить и решать инновационные задачи</i> инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
P7	<i>Выполнять инженерные проекты</i> с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	<i>Проводить инновационные инженерные исследования</i> в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.
P9	<i>Проводить технико-экономическое обоснование</i> проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P10	<i>Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы</i> электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P11	<i>Осваивать новое</i> электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
P12	<i>Разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию</i> в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНИН

Направление подготовки (специальность) 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра ЭПЭО

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Дементьев Ю.Н.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5ГМ5А	Головкову Константину Геннадьевичу

Тема работы:

Исследование асинхронного электропривода пассажирского лифта	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<table style="width: 100%;"> <tr> <td>Скорость подъёма кабины, м/с</td> <td align="right">1</td> </tr> <tr> <td>Масса кабины, кг</td> <td align="right">630</td> </tr> <tr> <td>Масса противовеса, кг</td> <td align="right">845</td> </tr> <tr> <td>Грузоподъёмность, кг</td> <td align="right">400</td> </tr> <tr> <td>Передаточное число редуктора</td> <td align="right">40</td> </tr> <tr> <td>Диаметр канатоведущего шкива, мм</td> <td align="right">525</td> </tr> <tr> <td>Электродвигатель</td> <td align="right">4AMH160SB4/16</td> </tr> </table>	Скорость подъёма кабины, м/с	1	Масса кабины, кг	630	Масса противовеса, кг	845	Грузоподъёмность, кг	400	Передаточное число редуктора	40	Диаметр канатоведущего шкива, мм	525	Электродвигатель	4AMH160SB4/16
Скорость подъёма кабины, м/с	1														
Масса кабины, кг	630														
Масса противовеса, кг	845														
Грузоподъёмность, кг	400														
Передаточное число редуктора	40														
Диаметр канатоведущего шкива, мм	525														
Электродвигатель	4AMH160SB4/16														

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Изучение литературы соответствующей тематики; - Выбор АД и ПЧ - Сбор практических данных; - Изучение технических характеристик лифта с двухскоростным АД и односкоростным АД с ПЧ, их сравнение; - Проведение необходимых расчетов; - Построение модели лифтового электропривода с двухскоростным АД и системой ПЧ-АД с помощью MatLab Simulink.
--	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Тахограммы движения кабины лифта - Нагрузочные диаграммы двигателей - Имитационные модели двухскоростного АД и системы ПЧ-АД в среде MatLab Simulink; - Характеристики скорости движения кабины, частоты вращения и электромагнитного момента асинхронных двигателей.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Ст. преподаватель, Кузьмина Н.Г.
Социальная ответственность	Доцент, Дашковский А.Г.
Иностранный язык	Доцент, Пташкин А.С.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Качин С. И.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ5А	Головков Константин Геннадьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5ГМ5А	Головков Константин Геннадьевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования)</i>	Помещение закрытого типа с естественной вентиляцией воздуха. Помещение имеет искусственный и естественный источник освещения. Основное рабочее оборудование – ПЭВМ, ЭП, ТА. (*)
2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов</i>	1) ГОСТ Р ИСО 26000-2012. Технический регламент по социальной; 2) N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" 3) N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда"

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды</i>	Вредные факторы: 1. Шум от работы; 2. Вибрации на рабочем месте; 4. Освещение рабочей зоны; 3. Микроклимат помещения;
2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды</i>	Опасные факторы: 1. Поражение электрическим током; 2. Пожаропасность;
3. <i>Экологическая безопасность</i>	Основным воздействием на окружающую среду являются бытовые отходы и отходы возникающие при обслуживании оборудования, которые должны подвергаться утилизации.
4. <i>Защита в чрезвычайных ситуациях</i>	Перечень возможных ЧС на объекте: Пожарная опасность (*)
5. <i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</i>	Социальные гарантии по компенсации для работника.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Дашковский А.Г.	К.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ5А	Головков Константин Геннадьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5ГМ5А	Головкову Константину Геннадьевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>1. Стоимость затрат технического проекта (ТП): на зарплаты, страховые отчисления, прочие и накладные расходы</i>	<i>Затраты на технический проект составили 302589 рублей</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов»</i>
<i>3. Используемая система налогообложения ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные страховые фонды 30%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Планирование и формирование графика работ по реализации ТП</i>	<i>Планирование работ и их временная оценка</i>
<i>2. Формирование сметы</i>	<i>Смета затрат на проектирование</i>
<i>3. Оценка потенциала и перспективности реализации ТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Экономическая эффективность использования ПЧ-АД</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кузьмина Н. Г.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ5А	Головков К. Г.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 128 страниц, 22 рисунков, 12 таблиц, 1 приложение, 25 источников.

Ключевые слова: АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ, ЛИФТ.

Цель работы – изучить и сравнить характер работы лифта с односкоростным АД с преобразователем частоты и двухскоростного АД без него. На основании полученных данных доказать целесообразность использования электропривода в устройстве пассажирского лифта.

Выполнены описания работы двухскоростного и частотного привода.

Выбран АД и преобразователь частоты к нему.

Произведены расчеты нагрузочной диаграммы электродвигателей.

С помощью имитационной модели MatLab Simulink, получены переходные характеристики работы двухскоростного и частотного привода.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord 2013.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ЛИФТ – стационарный подъемник прерывистого действия с вертикальным движением кабины или платформы по жестким направляющим в огражденной со всех сторон шахте.

ВНИИПТМАШ – Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт подъемно-транспортного машиностроения, существует с 1930 г. Имеет лицензии Федерального горного и промышленного надзора России (Госгортехнадзор России) на проектирование, изготовление, монтаж, ремонт, экспертизу и подготовку кадров по подъемным сооружениям и оборудованию. Является разработчиком и поставщиком широкой номенклатуры подъемно-транспортного оборудования производимого предприятиями России и СНГ, является автором (соавтором) большинства нормативных документов (Стандартов, Правил, Методических указаний и пр.). Основными направлениями деятельности являются проектирование, изготовление, поставка, монтаж, ремонт, экспертиза и обучение кадров в различных использованиях областях подъемно-транспортного оборудования.

АД – асинхронный двигатель.

КЗ – короткое замыкание.

КПД – коэффициент полезного действия.

ПИД-регулятор (пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор) – устройство в цепи обратной связи, используемое в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала. ПИД-регулятор формирует управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально входному сигналу, второе – интеграл входного сигнала, третье – производная входного сигнала. Если какие-то из составляющих не используются, то регулятор называют пропорционально-интегральным (ПИ-регулятор), пропорционально-дифференциальным (ПД-регулятор) и т.д.

ПЧ – преобразователь частоты.

ЦПКБ – Центральное проектно-конструкторское бюро по лифтам.

А (Ампер, A) — единица измерения силы электрического тока в системе СИ, а также единица

магнитодвижущей силы и разности магнитных.

В (Вольт, V) — единица измерения электрического напряжения в системе СИ. Вольт равен электрическому напряжению, вызывающему в электрической цепи постоянный ток силой 1 ампер при мощности 1 ватт.

Вт (Ватт, W) — в системе СИ единица измерения мощности.

Гц (Герц, Hz) — единица измерения частоты периодических процессов (например, колебаний). 1 Гц означает одно исполнение (реализацию) такого процесса за одну секунду: $1 \text{ Гц} = 1/\text{с}$.

кВт·ч (Киловатт-час) – единица измерения работы или энергии. Используется преимущественно для измерения потребления электроэнергии в быту и народном хозяйстве и измерения выработки электроэнергии в электроэнергетике. 1 кВт·ч равен энергии, потребляемой устройством мощностью 1 киловатт в течение одного часа.

Н (Ньютон) – единица измерения силы в системе СИ.

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ	1
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	8
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 ОПИСАНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ПАССАЖИРСКОГО ЛИФТА	16
1.1 Описание составных частей лифта	16
1.2 Общий принцип работы лифта.....	24
1.3 Двухскоростной привод	26
1.4 Применение частотного преобразователя	27
1.5 Описание работы лифта с применением ПЧ.....	28
1.6 Преимущества использования ПЧ для лифтового электропривода	29
1.7 Обоснование выгоды перехода на систему ПЧ-АД.....	29
2 РАСЧЕТ ДВУХСКОРОСТНОГО АД	31
2.1 Заданные параметры.....	31
2.2 Определение параметров тахограммы работы лифта	33
2.3 Технические параметры двухскоростного двигателя	34
2.4 Определение максимального и пускового моментов двигателя.	34
2.5 Определение моментов инерции	35
2.6 Построение тахограммы движения лифта	39
2.7 Определение динамических моментов двигателя	39
2.8 Построение нагрузочной диаграммы двигателя.....	42
3 РАСЧЕТ ПЧ-АД	45
3.1 Определение эквивалентных моментов двигателя.....	45
3.2 Определение скорости вращения двигателя	45
3.3 Определение мощности двигателя.....	46
3.4 Данные двигателя	46
3.5 Выбор преобразователя частоты	47
3.6 Тахограмма движения лифта	49
3.7 Определение моментов инерции	51
3.8 Определение динамических моментов	53
3.9 Построение нагрузочной диаграммы.....	56
3.10 Расчет потребления электроэнергии.....	57
4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	59

4.1	Моделирование электропривода с двухскоростным АД	59
4.2	Моделирование электропривода с ПЧ-АД.....	64
4.3	Сравнение результатов моделирования	72
5	ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ..	74
5.1	Анализ опасных и вредных факторов.....	74
5.2	Анализ опасных факторов.....	75
5.3	Производственная санитария.....	75
5.4	Защита окружающей среды	81
5.5	Предотвращение чрезвычайных ситуаций и устранение их последствий.....	83
5.6	План эвакуации	87
5.7	Электропоражение	88
5.8	Социальные гарантии для работника	92
6	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	94
6.1	Планирование научно-исследовательской работы.....	94
6.2	Смета затрат на проектирование	97
6.3	Экономическая эффективность использования АД - ПЧ	100
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	74
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	105
	Приложение А	107

ВВЕДЕНИЕ

Современные многоэтажные здания для облегчения и ускорения перемещения людей и грузов на различные уровни по высоте оборудуют средствами вертикального транспорта. Их основное преимущество – небольшая площадь, занимаемая его оборудованием в здании. Из всех видов подъемников, применяемых в жилых, административных и производственных зданиях, наиболее распространены лифты. Лифтом называют стационарный подъемник прерывистого действия с вертикальным движением кабины или платформы по жестким направляющим в огражденной со всех сторон шахте [1].

По мере увеличения этажности зданий возрастают и требования к качеству изготовления, монтажа и к их эксплуатации, которые приобретают решающее значение для нормального функционирования зданий.

Лифты подают уголь в бункеры котельных, чугун к вагонеткам литейных цехов, перевозят рулоны бумаги в типографиях, продукты, товары, поднимают автомобили в многоэтажных гаражах, перевозят пассажиров и грузы на судах речного и морского флота, поднимают туристов на вышки. Широко применяются лифты и в современных лайнерах. Только в Москве лифты перевозят за сутки более 20 миллионов человек, что превышает количество людей, перевозимых всеми видами городского транспорта вместе взятыми. Дальнейшее развитие лифтостроения позволит еще шире применять лифты в различных областях народного хозяйства.

Первые упоминания о лифте есть в записях древнеримского архитектора Ветрувия, который в свою очередь ссылался на Архимеда, который построил подъемный аппарат, вероятно еще в 236 году до н.э.. Более поздний упоминания о лифтах с кабиной, подвешенной на канате и приводимой в движение вручную или силой животных, датируются серединой 6 века (лифт Синайского монастыря в Египте), первой четвертью

13 века (во Франции) и 17 в. (лифт Виндзорского замка в Англии и «Летающий стул» Вейлера в одном из Парижских дворцов).

В 18 веке пассажирские лифты начали применяться в России (лифты дворцовых построек Царского Села, подмосковной усадьбы Кусково, подъемные стол и кресло в Петродворцовском Эрмитаже).

В 1795 году И.П. Кулибин разработал конструкцию винтового пассажирского лифта (подъемных и спускных кресел) для Зимнего Дворца.

В 1816 году лифт был установлен в главном доме подмосковной усадьбы Архангельское.

В середине 19 века лифты появились в США (лифт Г.Устермана).

В 1853 году в США появились лифты Э.Отиса с ловителями. Первое «ловящее» устройство срабатывало только при свободном падении, то есть обрыве канатов. Это устройство, применяемое во всех современных лифтах в более совершенном виде, существенно снизило опасения за падение кабины с людьми даже при обрыве канатов, что способствовало более широкому распространению лифтов. В этот период лифты, как правило, приводились в движение паровой машиной, а подъемные канаты наматывались и сматывались с барабана.

В 1867 году появились гидравлические лифты, которые имели ряд преимуществ по сравнению с канатными. На этих лифтах удалось достичь высокой скорости движения кабины до 3,5 м/с, но из-за значительной первоначальной стоимости и эксплуатационных расходов пришлось отказаться от них.

В 1878 году был изобретен ограничитель скорости, позволяющий включать ловители при превышении номинальной скорости.

В 1880 году в Германии появился первый электрический лифт Сименса с реечным механизмом подъема. К началу 20 века электрические лифты получили широкое распространение, постепенно вытесняя лифты с другими типами приводов.

В конце 19 века появились лебедки с канатоведущими шкивами, это были лебедки с двойным обхватом шкива.

В 20-х годах 20 века появились лебедки с одинарным обхватом канатоведущего шкива, которые широко применяются и в наше время.

В нашей стране лифтостроение начало развиваться лишь после революции 1917 года, когда наряду с грузовыми и пассажирскими лифтами общего назначения стали изготавливаться лифты специальных типов. После Великой Отечественной Войны, то есть в конце 40-х годов в нашей стране было освоено серийное производство типовых конструкций лифтов общего назначения и скоростных.

В 1955 - 1956 годах ВНИИПТМАШ совместно с трестом «Союзлифт» создали типовой ряд конструкций пассажирских лифтов для жилых домов и общественных зданий грузоподъемностью от 320 до 1000 кг, а также типовой ряд грузовых лифтов грузоподъемностью от 100 до 5000 кг и больничные лифты грузоподъемностью 500 кг. Наибольшее развитие отечественное лифтостроение получило в 1963 году, когда было организовано Центральное проектно-конструкторское бюро (ЦПКБ) 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, появлением многоэтажной застройки в последние десятилетия значительно возрос лифтовой парк страны.

С увеличением количества выпускаемых лифтов совершенствуется и их конструкция. В последние годы 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.

Сегодня лифт – важная и часто необходимая часть многоэтажных конструкций, которая позволяет с минимальными затратами сил и времени

перемещать груз на необходимую высоту. Однако несоответствие оборудования современным стандартам, интенсивная эксплуатация при серьезных погрешностях в обслуживании лифта приводят к быстрому износу механизма, низкой комфортности перевозок, частым поломкам, излишнему расходу электроэнергии. Все это заставляет искать пути решения проблемы через использование энергосберегающих технологий, более совершенных и современных механизмов.

1 ОПИСАНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ПАССАЖИРСКОГО ЛИФТА

1.1 Описание составных частей лифта

Схема типового пассажирского лифта представлена на рисунке 1 [2].

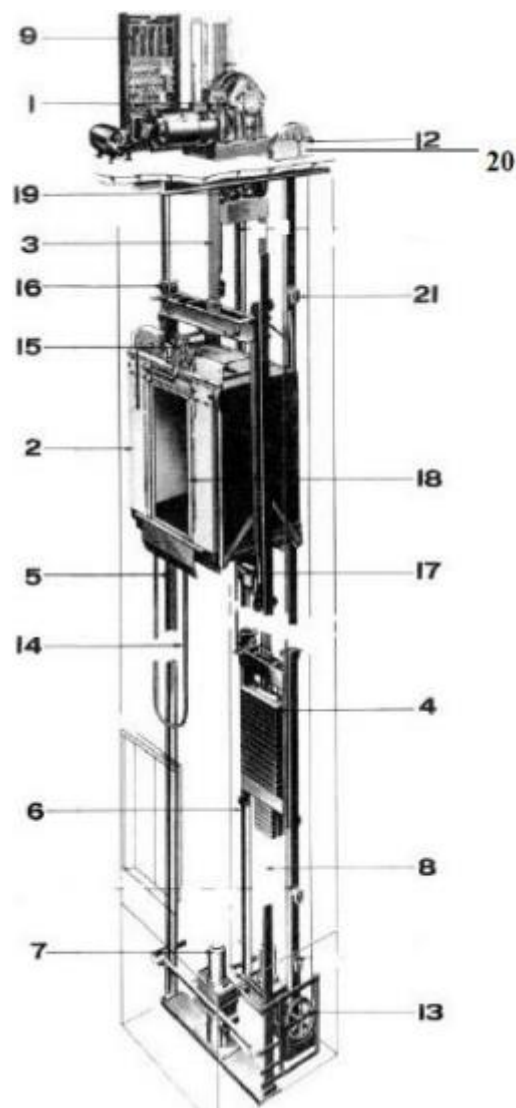


Рисунок 1 – Типовой пассажирский лифт: 1 - лебедка, 2 - кабина, 3 - канаты подвески, 4 - противовес, 5 - направляющие кабины, 6 - направляющие противовеса, 7- буфер кабины, 8 - буфер противовеса, 9 - Шкаф управления, 12 - ограничитель скорости, 13 - натяжное устройство ограничителя скорости, 14 - подвесной кабель, 15 - привод дверей, 16 - башмаки, 17 - ловитель кабины, 18 -

устройство безопасности двери, 19 - отводной блок, 20 - концевой выключатель безопасности.

Лебедка установлена в машинном помещении лифта и предназначена для приведения в движения кабины и противовеса. Основными составными частями лебедки являются [9]:

- редуктор;
- тормоз
- рама;
- двигатель;
- канатоведущий шкив.



Рисунок 2 – Лифтовая лебедка

Все элементы лебедки смонтированы на раме, которая опирается на перекрытия машинного помещения через амортизаторы.

Редуктор червячный цилиндрический предназначен для уменьшения частоты вращения с одновременным увеличением крутящего момента на выходном валу.

Уровень масла контролируется жезловым маслоуказателем. Слив масла производится через отверстие в нижней части корпуса, закрытое пробкой.

Тормоз колодочный, нормально-замкнутого типа предназначен для остановки и удержания в неподвижном состоянии кабины лифта при неработающем двигателе лебедки. Тормоз состоит из электромагнита, рычагов с закрепленными на них фрикционными накладками. Необходимый тормозной момент создается пружинами. Для ручного растормаживания служит выдвижная рукоятка.

Двигатель асинхронный двухскоростной с короткозамкнутым ротором. В обмотку статора вмонтированы датчики температурной защиты.

Канатоведущий шкив преобразует вращательное движение в поступательное движение тяговых канатов за счет силы трения, возникающей между канатом и ручьями шкива под действием силы тяжести кабины и противовеса.

Кабина лифта подвешена на тяговых канатах в шахте и предназначена для перевозки пассажиров.

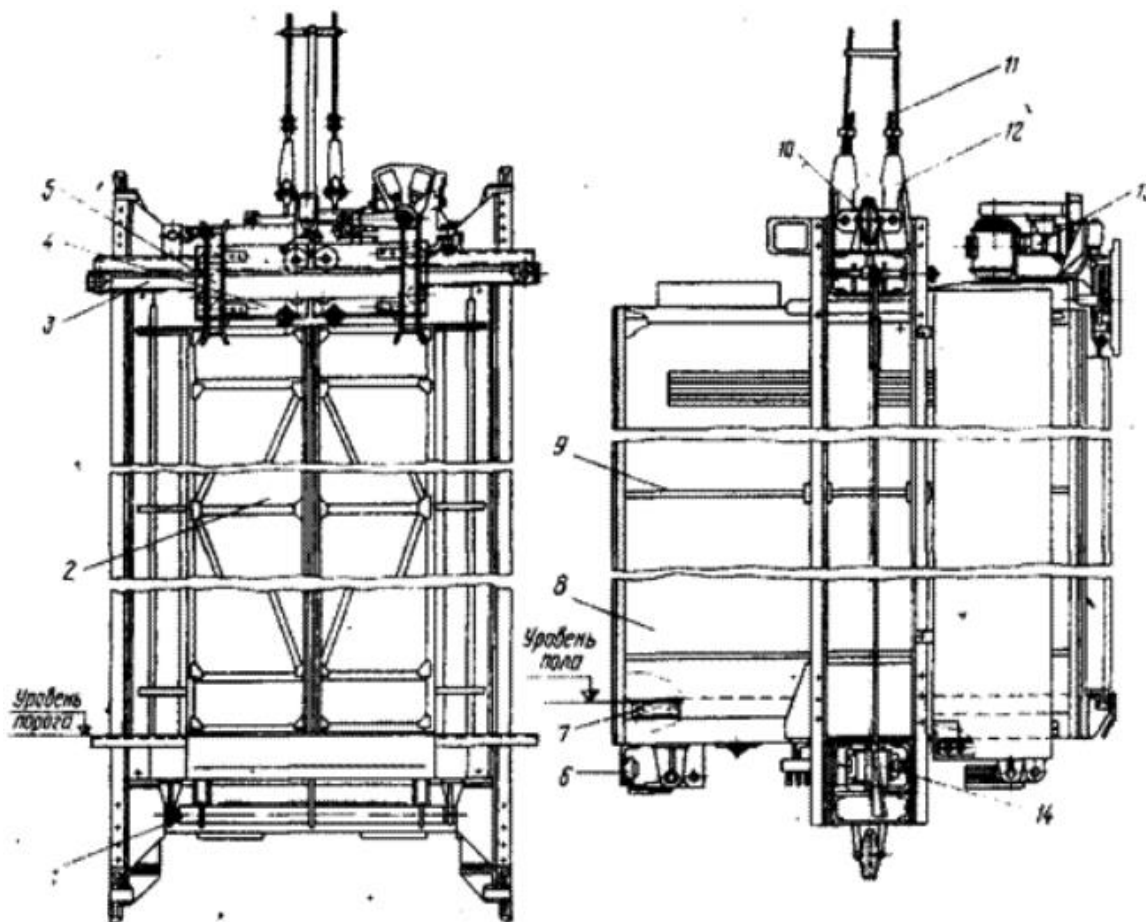


Рисунок 3 – Кабина лифта

Кабина лифта состоит из:

1. рычажная система
2. двустворчатая дверь
3. неподвижная балка
4. каретка
5. отводка
6. подпольный контактный аппарат
7. пол
8. ограждение (купе)
9. каркас
10. башмак
11. подъемные канаты
12. подвеска
13. механизм открывания дверей
14. ловитель

Потолок является верхней частью кабины. На потолке размещаются светильники и коробка с блоками зажимов для подключения проводов, а также кнопка деблокирования шахтных дверей, при нажатии на которую возможно движение кабины в режиме ревизии.

Естественная вентиляция обеспечивается через вентиляционные отверстия в кабине.

Подвеска предназначена для крепления канатов к кабине. Каждый канат пропущен через клиновую обойму, после огибания клина канат скреплен со своей несущей частью прижимом.

Обойма соединена осью с верхним балансиром, который через тягу соединен с нижним балансиром, вес кабины через верхнюю балку, амортизатор, тягу, закрепленную к нижнему балансиру, тяги, верхние балансиры и обоймы передают его на канаты.

Для контроля за натяжением канатов на балке установлена рамка и выключатель контроля слабины канатов. В случае ослабления или обрыва одного, двух или трех канатов балансир нажимает на рамку, которая воздействует на выключатель, отключается электродвигатель, что приводит к остановке кабины.

При одновременном обрыве или ослаблении всех тяговых канатов кольцо стяжное, опускаясь, через тягу штырем нажимает на рамку, которая воздействует на выключатель.

Ловители предназначены для остановки и удержания кабины на направляющих при возрастании скорости движения кабины вниз и при срабатывании ограничителя скорости.

Ловители — клиновые, подпружинные, плавного торможения. Ловители рассчитаны на совместную работу с ограничителем скорости и являются одним из ответственных узлов, обеспечивающих безопасное пользование лифтом.

Ловители состоят из четырех одинаковых по конструкции механизмов заклинивания и механизма включения ловителей.

Механизм заклинивания состоит из тормозного башмака, перемещающегося вертикально относительно колодки, приближаясь при этом к направляющей, основными элементами тормозного башмака являются пружина и клин, установленные в корпусе.

Механизм включения состоит из двух рычагов клиньев, закрепленных на валах, валы соединены между собой тягой, на которой размещена возвратная пружина, гайки регулировочные, рычаг канатом соединяет ограничитель скорости с механизмом включения ловителей.

При срабатывании ограничителя скорости прекращается движение каната, закрепленного к рычагу механизма включения ловителей. При дальнейшем движении кабины вниз рычаг поворачивает вал, а через тягу,

поворачивается и вал, поворот валов сопровождается поворотом рычагов, которые включают механизм заклинивания.

При движении тормозного башмака вверх, после касания его рабочей поверхностью головки направляющей, происходит деформация пружины, что обеспечивает необходимое тормозное усилие при затягивании клина, движение тормозного башмака ограничивается регулировочной шпилькой, благодаря чему сила зажатия головки направляющей и соответственно тормозное усилие при торможении не изменяются, после гашения энергии движущейся кабины она останавливается, планка на тяге нажимает на ролик выключателя контакты которого замыкаются и подают сигнал на отключение электродвигателя лебедки.

Для снятия кабины с ловителей необходимо поднять кабину, тормозные башмаки под действием собственного веса и пружины опускаются и механизмы ловителей возвращаются в первоначальное положение

Автоматическая дверь кабины гарантирует безопасность пользования кабиной. Положение створок (раздвинуты/закрыты) контролируются электрическим выключателем.

Привод дверей кабины, посредством которого производится открывание дверей, состоит из червячного редуктора, на тихоходном валу которого насажен рычаг. Привод на резиновых амортизаторах установлен на балке двери кабины.

При включении электродвигателя вращение его ротора через клиноременную передачу передается червячному валу редуктора и через червячное зацепление на тихоходный вал. Плечо рычага, имеющее ролик, при движении описывает полуокружность и, упираясь роликом в упор, закрепленный неподвижно на каретке двери кабины, заставляет двигаться по линейке каретку совместно со створкой.

Это движение через канат передается на вторую створку, которая движется в противоположном направлении. Двери кабины и шахты открываются одновременно.

Угол поворота рычага зависит от установки кулачков, которые должны быть выставлены так, чтобы при открытых дверях рычаг останавливался в горизонтальном положении ± 5 мм, а при закрытых — максимально приподнятым для остановки штифта против просечки на упоре. Посадка рычага на упоры в нормальном режиме работы привода не допускается. Кулачки жестко закреплены на втулке рычага и, вращаясь совместно с рычагом, в нужный момент действуют (попеременно) на выключатели и подавая импульсы на отключение электродвигателя.

Привод имеет специальное устройство, переключающее электродвигатель на реверс, если при закрывании дверей в дверном проеме оказался зажатым створками пассажир или какой-либо предмет.

Устройство работает следующим образом: При включении привода дверей на закрывание рычаг сдерживает ход створок, закрывание которых осуществляется в дверях кабины усилием пружины, а в дверях шахты под действием массы створок дверей шахты. При возникновении препятствия на пути движения створок они останавливаются, однако рычаг продолжает движение. При этом между скосом упора и штифтом выбирается зазор и в дальнейшем штифт начинает скользить по скосу упора, утапливается во втулку ролика рычага и нажимает на плечо рычага. Сжимается пружина, выбирается зазор между вторым плечом рычага и рамкой, воздействующей на микровыключатель.

При отклонении рамки под действием рычага освобождается.

Штифт микровыключателя, который дает импульс на переключение электродвигателя привода дверей на обратный ход. Дверь вновь открывается. При закрытых створках двери кабины в максимально приподнятом положении рычага, штифт выполняет роль запирающего устройства, не

позволяющего раздвинуть створки двери кабины. Кроме этого установлен упор съемный, который является дополнительным элементом безопасности, исключающий возможность открытия створок из кабины. При эвакуации пассажира из кабины отжимается пружина, упор разворачивается.

Двери шахты предназначены для исключения доступа в шахту. Дверь шахты – раздвижная, автоматическая, приводимая в движение дверью кабины состоит из:

- балки;
- поперечины;
- стоек;
- порога.

К верхней части стоек крепятся балка и поперечина, к нижней - порог. На балке установлены линейки, на которых установлены каретки с закрепленными к ним с помощью шпилек створками. Каждая каретка перемещается по линейке на роликах. Подшипники исключают возможность подъема и смещения кареток с линеек. Наклон линеек обеспечивает закрывание дверей под действием собственного веса.

В закрытом положении каждая каретка запирается замком. Упором для ролика защелки служит пластина закрепленная на основании блока контроля, в котором размещены элементы электрического контроля работы двери - два микровыключателя, два коромысла и планка. Замок запирает каретку только при закрытых створках.

Показанное положение механизмов двери шахты соответствует положению закрытых и запертых дверей. При расположении кабины в зоне остановки ролики замка находятся между щеками и отводками двери кабины. С началом работы привода открываются замки шахтной двери. Дальнейшим вращением рычага привода, двери кабины и шахты приводятся синхронно.

При отпирании замка, плечо коромысла, которым оно опиралось на зуб защелки, смещается вниз и, тем самым, освобождает толкатель

микровыключателя, контакты которого разрывают цепь управления, исключая пуск кабины при отпертом замке. С началом движения каретки кронштейн освобождается коромысло, которое опускается и освобождает толкатель второго микровыключателя. Таким образом, одновременно контролируется открытие обеих створок. Закрывание двери и запираение замков происходит в порядке обратном описанному.

Буфера кабины и противовеса расположены в приемке, который находится ниже уровня отметки нижней остановки. Буфера предназначены для смягчения удара кабины или противовеса в случае их переспуска или падения. Буфера выполненные в виде пружин устанавливаются непосредственно на направляющие кабины, а гидравлические устанавливаются по середине нижней балки кабины.

При скорости кабины 1,4м/с-1,6м/с вместо пружинных устанавливаются гидравлические буфера кабины и противовеса.

1.2 Общий принцип работы лифта

Лифт состоит из составных частей, размещенных в шахте и машинном помещении. Машинное помещение и шахту лифта образуют строительные конструкции здания (кирпичная кладка, бетонные блоки и т.д.).

Основными составными частями лифта являются: лебедка, кабина, противовес направляющие кабины и противовеса, двери шахты, ограничитель скорости, узлы и детали приемка, электрооборудование и электропроводка.

Транспортировка пассажиров и грузов производится в кабине, которая перемещается по вертикальным направляющим.

Передвижение кабины и противовеса осуществляется лебедкой установленной в машинном помещении, с помощью тяговых канатов. Там же размещены ограничитель скорости, устройство управления, вводное устройство.

В нижней части шахты (приямка) расположено натяжное устройство каната ограничителя скорости, связанное посредством каната с ограничителем скорости, а также буферные устройства кабины и противовеса.

Для входа в кабину и выхода из нее шахта по высоте имеет ряд проемов закрытых дверями шахты. Открывание и закрывание дверей производится с помощью привода, установленного на кабине. Двери шахты открываются только тогда, когда кабина находится на данном этаже. В случае отсутствия кабины на этаже открывание двери шахты снаружи возможно только специальным ключом.

Составные части лифта в строительной части здания размещаются в определенной зависимости относительно друг друга, обеспечивающей их согласованное взаимодействие.

При нажатии кнопки вызывного аппарата в электроаппаратуру управления лифтом подается электрический импульс (вызов) Если кабина находится на остановке, с которой поступил вызов, открываются двери кабины и шахты на данной остановке, если кабина отсутствует то подается команда на ее движение. В обмотку электродвигателя лебедки и в катушку электромагнита тормоза подается напряжение, колодки тормоза разжимаются, и ротор электродвигателя начинает вращаться, обеспечивая с помощью червячного редуктора вращение канатоведущего шкива, который за счет сил трения приводит в движение кабину и противовес.

При подходе кабины к нужному этажу система управления лифтом переключает электродвигатель лебедки на работу с пониженной частотой вращения ротора. Скорость движения кабины снижается и в момент, когда порог пола кабины совместится с уровнем порога двери шахты, кабина останавливается, включается в работу привод дверей, двери кабины и шахты открываются.

При нажатии на кнопку приказа кнопочного поста, расположенного в кабине, закрывают двери кабины и шахты, и кабина отправляется на этаж, кнопка приказа которого нажата.

По прибытии на требуемый этаж и выхода пассажиров двери закрываются, и кабина стоит на остановке до тех пор, пока не будет вновь нажата кнопка любого вызывного аппарата.

1.3 Двухскоростной привод

Эти системы используют двухскоростные полюсно-переключаемые асинхронные двигатели, специально разработанные для лифтового привода. Хотя двухскоростные системы и не являются приводом с регулируемой скоростью, их можно назвать регулируемыми, так как они работают на две скорости. Эти системы широко использовались в Европе в 1970-х и 1980-х годах. В России подавляющая часть лифтов работает на подобных приводах и в настоящее время. Они работают от прямого пуска, а потому существует необходимость в применении маховиков для уменьшения рывков и придания двигателю плавности [3].

Основным элементом двухскоростных систем является двигатель с двумя обмотками, заложенными в статор, взаимодействующими с одним ротором. Отношения скоростей в таких системах обычно 3:1, 4:1 или 6:1. Таким образом, минимальная скорость будет составлять 33%, 25% или 16,6% от предельной скорости. Двигатели имеют следующие соотношения чисел полюсов: 6:18 (1000/333 об/мин), 6:24 (1000/250 об/мин), 4:16 (1500/375 об/мин) или 4:24 (1500/250 об/мин).

Недостатки подобных систем:

- высокий пусковой ток;
- низкая точность из-за зависимости от нагрузки;
- излишний расход энергии из-за прямого пуска и применения дополнительных маховиков.

1.4 Применение частотного преобразователя

Режимы работы преобразователя частоты

Можно выделить два принципиально отличающихся режима работы преобразователя частоты: работа в режиме поддержания выходной частоты и в режиме стабилизации внешнего параметра [4].

«Частота» - режим поддержания заданного значения частоты. Задание частоты может производиться с пульта управления, входа «задатчика» (аналогового входа) или комбинацией сигналов дискретных входов. Преобразователь непрерывно отслеживает сигнал задания частоты и изменяет в соответствии с ним свою выходную частоту.

Последние модели преобразователей многих производителей наряду с частотным реализуют также векторное управление двигателем. Это способ управления асинхронным двигателем, превосходящий по точности регулирования обычное частотное управление. Его применяют там, где требуется поддерживать момент на валу двигателя при малых скоростях вращения или обеспечить стабильную скорость при скачках нагрузки.

«Параметр» - работа ПЧ в режиме стабилизации внешнего параметра. Система стабилизации внешнего параметра строится на основе ПИД-регулятора, на входы которого подаются сигнал задания параметра (уставки) и сигнал с датчика регулируемого параметра. ПИД-регулятор формирует управляющий сигнал для преобразователя частоты, который за счет изменения скорости вращения двигателя поддерживает управляемую величину, равную заданной (рисунок 4). В качестве внешнего параметра может использоваться расход жидкости, давление, температура и др. Информация с датчика поступает с внешнего аналогового входа. Значение уставки может задаваться с пульта управления, с внешнего аналогового входа или комбинацией сигналов дискретных входов.

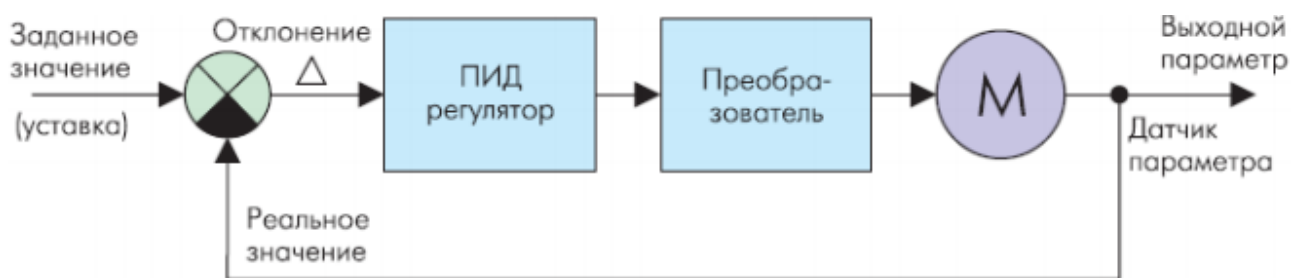


Рисунок 4 – ПИД – регулятор

1.5 Описание работы лифта с применением ПЧ

Применение преобразователя частоты, подключаемого к высокоскоростной обмотке двигателя, обеспечивает перемещение кабины лифта с большой и малой скоростью, а также со скоростью ревизии. Движение осуществляется с плавными пусками и торможениями при ограниченных рывках, ускорениях и высоком уровне комфорта проезда в кабине лифта.

Цикл работы главного привода лифта в нормальном режиме следующий. В исходном состоянии кабина лифта неподвижна. При необходимости передвижения с устройства управления на ПЧ поступает сигнал задания направления движения, а замыканием контактов пускателя обмотка двигателя подключается к преобразователю. С контактов встроенного в ПЧ реле на устройство управления приходит сигнал о готовности ПЧ к работе. На двигатель подается напряжение, необходимое для создания момента удержания. После нарастания тока в обмотках двигателя до величины, обеспечивающей момент удержания, на устройство управления через замкнутые контакты другого встроенного в ПЧ реле поступает соответствующий сигнал. После этого, по командам с устройства управления, снимается механический тормоз, а на ПЧ поступает сигнал задания уровня рабочей (большой) скорости. После получения этого сигнала ПЧ формирует на обмотке двигателя напряжение таким образом, что при этом обеспечивается плавный пуск кабины лифта с требуемыми ускорениями и рывками до рабочей скорости. После наезда на датчик замедления с

устройства управления на ПЧ поступает сигнал задания пониженной скорости. ПЧ формирует напряжение, обеспечивающее плавное торможение до скорости дотягивания(малой). Лифт продолжает движение с пониженной скоростью до наезда на датчик точной остановки, после чего по команде с устройства управления ПЧ формирует напряжение, обеспечивающее окончательное затормаживание и удержание. После остановки двигателя с ПЧ на устройство управления подается сигнал об окончании движения, по поступлению которого накладывается механический тормоз, двигатель отключается от ПЧ, а все командные сигналы с ПЧ снимаются. Цикл работы главного привода при этом закончен.

Низкоскоростная обмотка применяемого двухскоростного двигателя используется при монтажных и ремонтных работах, а также при выходе из строя ПЧ. При этом ее питание может осуществляться через дополнительные коммутирующие устройства.

1.6 Преимущества использования ПЧ для лифтового электропривода

Преимущества:

- увеличенный диапазон регулирования скорости, что улучшает точность остановки;
- более высокую точность поддержания скорости лифта, независимо от загрузки кабины, обеспечивающую повышенную производительность и снижение времени проезда;
- ограниченные пусковые токи двигателя, что уменьшает расход электроэнергии, снижает нагрев и увеличивает срок службы изоляции.

1.7 Обоснование выгоды перехода на систему ПЧ-АД

Лифт – это отрасль с повышенной энергоемкостью, поскольку ежегодный расход электроэнергии при эксплуатации лифтового оборудования составляет около одного миллиарда киловатт-часов. В связи с этим, внедрение новейших энергосберегающих технологий при

модернизации лифтового оборудования становится крайне актуальной задачей. Систематический анализ информации строительных, монтажных и проектных организаций позволяет сделать вывод, что в качестве базисной программы по энергосбережению на лифтах необходимо рассматривать внедрение частотно-регулируемых электроприводов, главный элемент которых – частотный преобразователь.

Применение частотно-регулируемого электропривода подъемного устройства (лебедки) лифта значительно повышает комфортность при движении кабины, обеспечивает бесшумность и высокую точность остановки, увеличивает долговечность механического оборудования, а также позволяет снизить расход электроэнергии на 40-60%. Повышает комфортные показатели при движении кабины лифта и долговечность механического оборудования за счет получения плавных переходных процессов. Снижает эксплуатационные расходы на капитальный ремонт оборудования за счет значительного снижения динамических нагрузок в элементах кинематической цепи. Снижение потребления электроэнергии достигается благодаря значительному, в 5-6 раз, уменьшению вращающихся маховых масс лебедки, что исключает непроизводительные потери в переходных пуско-тормозных режимах, плавные переходные процессы позволяют снизить динамические нагрузки в элементах кинематической цепи привода лифта, что приводит к увеличению срока службы редуктора главного привода, канатоведущего шкива, тормозных колодок, электродвигателя, тяговых канатов, элементов подвески противовеса.

2 РАСЧЕТ ДВУХСКОРОСТНОГО АД

2.1 Заданные параметры

Заданные параметры лифта приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Заданные параметры лифта

Параметр	Значение
Скорость подъёма кабины, м/с	1
Масса кабины, кг	630
Масса противовеса, кг	845
Грузоподъёмность, кг	400
Передаточное число редуктора	40
Диаметр канатоведущего шкива, мм	525

Ведём расчёт по методике [5, с 185-214].

Определяем тяговое усилие кабины поднимающейся с 1 этажа при номинальной загрузке по формуле:

$$F = G_{\text{каб}} + G_{\text{ном}} + 3 \cdot q_{\text{т.к.}}(H - h \cdot N) + 4 \cdot q_{\text{п.к.}}(0,5(N - 1)h) - G_{\text{п}} \quad (2.1)$$

где $G_{\text{ном}}$ – грузоподъёмность, Н;

$G_{\text{каб}}$ – вес кабины, Н;

$q_{\text{т.к.}}$ – вес 1 метра тянущего каната, Н: $(4Н)$

H – высота шахты, м;

h – высота от пола этажа до верха кабины, м;

N – номер этажа;

$q_{\text{п.к.}}$ – вес 1 метра подвесной кабеля, Н; $(5.5Н)$

$G_{\text{п}}$ – вес противовеса, Н:

$$G_{\text{п}} = G_{\text{каб}} + 0,4 \cdot G_{\text{ном}} \quad (2.2)$$

Приводим формулу к виду:

$$F_1 = 0,6 \cdot G_{\text{ном}} + 3 \cdot q_{\text{т.к.}}(H - h \cdot N) + 4 \cdot q_{\text{п.к.}}(0,5(N - 1)h)$$

$$F_1 = 3920 \cdot 0,6 + 3 \cdot 4(31 - 2,1 \cdot 1) + 22(15,5(1 - 1)2,1)$$

$$F_1 = 2352 + 347 = 2699Н$$

Определяем тяговое усилие пустой кабины, опускающейся с последнего этажа по формуле:

$$F' = 4 \cdot q_{т.к.}(H - h \cdot N) + 4 \cdot q_{п.к.}(0,5 \cdot (N - 1)h) - 0,4G_{ном} \quad (2.3)$$

где F – тяговое усилие кабины, Н;

N – порядковый номер остановки;

h – высота от пола этажа до верха кабины, м;

$q_{п.к.}$ – вес 1 метра подвешенного кабеля, Н;

$q_{т.к.}$ – вес 1 метра тягового каната, Н;

$G_{ном}$ – грузоподъемность, Н.

$$F_0 = 3 \cdot 4 \cdot (31 - 2,1 \cdot 9) + 22 \cdot (0,5(9 - 1) \cdot 2,1) - 3920 \cdot 0,4$$

$$F_0 = 145 + 185 - 1568 = -1238Н$$

Определяем статический момент на валу двигателя в двигательном режиме при подъеме загруженной кабине по формуле:

$$M_{ст.1} = \frac{F \cdot d}{2 \cdot i \cdot \eta} \quad (2.4)$$

где d – диаметр КВШ, м;

i – передаточное число редуктора;

η – КПД (при спуске и подъеме КПД = 0,75);

F – тяговое усилие кабины.

$$M_{ст.1} = \frac{2699 \cdot 0,525}{2 \cdot 40 \cdot 0,75} = 23,61 \text{ н} \cdot \text{м}$$

Определяем статический момент на валу двигателя в двигательном режиме при спуске пустой кабины вниз по формуле. При спуске тяговое усилие берется со стороны противовеса.

$$M_{ст.2} = \frac{-F' \cdot d}{2 \cdot i \cdot \eta} \quad (2.5)$$

где d – диаметр КВШ, м;

i – передаточное число редуктора;

η – КПД (при спуске и подъеме КПД=0,75);

F' - тяговое усилие кабины

$$M_{\text{ст.2}} = \frac{1238 \cdot 0,525}{2 \cdot 4 \cdot 0,75} = 10,83 \text{ н} \cdot \text{м}$$

2.2 Определение параметров тахограммы работы лифта

Определяем время рейса кабины за полный ход по формуле:

$$t_p = \frac{K_t \cdot 2 \cdot H}{V_k} \quad (2.6)$$

где H – высота шахты, м;

V_k – скорость движения кабины, м/с;

K_t – коэффициент учитывающий дополнительные затраты времени при работе лифта, который равен 1,2.

$$t_p = 1,2 \frac{2H}{V_k} = 1,2 \frac{2 \cdot 31}{1} = 74,4 \text{ с}$$

Определяем полное время цикла движения кабины по формуле:

$$T = t_p + 2 \cdot N_o \cdot t' + 2 \cdot N_o \cdot t''$$

где N_o – количество остановок;

t' – время открытия и закрытия дверей, с;

t'' – время входа и выхода пассажиров, с;

t_p – время рейса кабины за полный ход, с.

$$T = 74,4 + 2 \cdot 9 \cdot 3,5 + 2 \cdot 9 \cdot 1 = 155,4 \text{ с}$$

Определяем время движения кабины от одной остановки до другой по формуле:

$$t''' = \frac{t_p}{16} \quad (2.7)$$

где t_p – время рейса кабины за полный ход, с;

16 – максимальное количество остановок за рейс

$$t''' = \frac{74,4}{16} = 4,65 \text{ с}$$

Определяем расчетную продолжительность включения двигателя по формуле:

$$ПВ = \frac{t_p}{T} \cdot 100\% \quad (2.8)$$

где t_p – время рейса кабины за полный ход, с;

T - полное время цикла движения кабины, с

$$ПВ = \frac{74,4}{155,4} \cdot 100\% = 47,7\%$$

2.3 Технические параметры двухскоростного двигателя

Параметры двухскоростного АД используемого в приводе лифта представлены в таблице 2 [6].

Таблице 2 – Параметры двухскоростного АД

Тип	4АМН160SB4/16	
$P_{ном}$, кВт	5	1,25
n , об/мин	1500	375
КПД, %	75	–
$\cos \varphi$	0,6	0,5
$I_{ном}$, А	11,8	14,1
$\lambda_{пуск}$	2,8	1,9
$I_{пуск} / I_{ном}$	6,5	2
Число включений	150	
J , КГ·М ²	0,165	
Масса, кг	120	

2.4 Определение максимального и пускового моментов двигателя

Номинальный момент двигателя M_n [8]:

$$M_n = 9,55 \cdot \frac{P_{ном} \cdot 1000}{n_{ном}}$$

$$M_n = 9,55 \cdot \frac{5000}{1500} = 31,8 \approx 32 \text{ Нм} \quad (2.9)$$

Определяем максимальный момент двигателя по формуле [9]:

$$M_{\text{макс.}} = \lambda_{\text{пуск}}^{\text{max}} \cdot M_{\text{ном}} \quad (2.10)$$

где $\lambda_{\text{пуск}}$ – кратность пускового момента задается в паспорте.

$$M_{\text{макс.}} = 3,6 \cdot 32 = 115,2 \text{ н} \cdot \text{м}$$

Определяем пусковой момент двигателя на большой скорости по формуле:

$$\begin{aligned} M_{\text{пуск}} &= \lambda_{\text{пуск}} \cdot M_{\text{ном}} \\ M_{\text{пуск}} &= 2,8 \cdot 32 = 89,6 \text{ н} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (2.11)$$

Определяем пусковой момент двигателя на малой скорости по формуле:

$$\begin{aligned} M_{\text{пуск.м.}} &= \lambda_{\text{пуск}} \cdot M_{\text{ном}} \\ M_{\text{пуск.м.}} &= 1,9 \cdot 32 = 60,8 \text{ н} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (2.12)$$

2.5 Определение моментов инерции

Определяем массу кабины на соответствующих остановках по формуле:

$$m = \frac{F}{g} \quad (2.13)$$

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

g – ускорение свободного падения, Н;

m_1 – масса загруженной кабины, кг;

m_2 – масса пустой кабины, кг;

$$m_1 = \frac{F}{g} = \frac{2699}{9,8} = 275,4 \text{ кг}$$

$$m_2 = \frac{-F}{g} = \frac{1238}{9,8} = 126,3 \text{ кг}$$

Определяем угловую скорость двигателя по формуле:

$$W_{\text{дв}} = \frac{n\pi}{30} \quad (2.14)$$

где n – количество оборотов двигателя, об/мин;

$$W_{\text{дв}} = \frac{1500 \cdot 3,14}{30} = 157 \text{ рад/с (большая скорость)}$$

$$W_{\text{дв}} = \frac{375 \cdot 3,14}{30} = 39,25 \text{ рад/с (малая скорость)}$$

Определяем момент инерции при пуске и при номинальной нагрузке кабины по формуле:

$$J_{\Sigma 1} = 1,2 \cdot J_{\text{дв}} + m_1 \cdot \left(\frac{V_{\text{к}}}{W_{\text{дв}}} \right)^2 \quad (2.15)$$

где $J_{\Sigma 1}$ – момент инерции при номинальной нагрузке кабины, кг·м²;

$J_{\text{дв}}$ – момент инерции двигателя, кг·м²;

m_1 – масса загруженной кабины на остановках, Н;

$V_{\text{к}}$ – скорость движения кабины, м/с;

$W_{\text{дв}}$ – угловая скорость двигателя, рад

$$J_{\Sigma 1} = 1,2 \cdot 0,165 + 275,4 \cdot \left(\frac{1}{157} \right)^2 = 0,5208 \approx 0,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Определяем момент инерции при пуске пустой кабины по формуле:

$$J_{\Sigma 2} = 1,2 \cdot J_{\text{дв}} + m_2 \cdot \left(\frac{V_{\text{к}}}{W_{\text{дв}}} \right)^2 \quad (2.16)$$

где $J_{\Sigma 2}$ – момент инерции при пуске пустой кабины, кг·м²;

$J_{\text{дв}}$ – момент инерции двигателя, кг·м²;

m_2 – масса пустой кабины на остановках, Н;

$V_{\text{к}}$ – скорость движения кабины, м/с;

$W_{\text{дв}}$ – угловая скорость двигателя, рад

$$J_{\Sigma 2} = 1,2 \cdot 0,165 + 126,3 \cdot \left(\frac{1}{157} \right)^2 = 0,203 \approx 0,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Поскольку суммарные моменты инерции $J_{\Sigma 1}$ и $J_{\Sigma 2}$ приблизительно равны, то время установившейся работы двигателя при подъеме или спуске, независимо от загруженности кабины одинаково.

Определяем время пуска двигателя:

$$t_{п} = \frac{J_{\Sigma 1} \cdot n \cdot \pi}{30 - (M_{\text{пуск.}} - M_{\text{ст.}})} \quad (2.17)$$

где $J_{\Sigma 1}$ – момент инерции при номинальной загрузке кабины, кг·м²;

n – количество оборотов двигателя на большой скорости, об/мин;

$M_{\text{пуск}}$ – пусковой момент, Н·м;

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

$$t_{п} = \frac{0,2 \cdot 1500 \cdot 3,14}{30 - (89,6 - 23,61)} = 0,47 \text{ с}$$

Определяем момент инерции при переходе с большой скорости на малую при полной загрузке кабины:

$$J_{\Sigma \text{пер}} = 1,2 \cdot J_{\text{дв.}} + m_1 \cdot \left(\frac{V_k - V_m}{W_{\text{дв}} - W_m} \right)^2 \quad (2.18)$$

где $J_{\Sigma \text{пер}}$ – момент инерции при номинальной загрузке кабины, кг·м²;

$J_{\text{дв}}$ – момент инерции двигателя, кг·м²;

m_1 – масса загруженной кабины на остановках, Н;

V_k – скорость движения кабины, м/с;

$W_{\text{дв}}$ – угловая скорость двигателя, рад/с;

V_m – малая скорость движения кабины, м/с;

W_m – малая угловая скорость двигателя, рад/с.

$$J_{\Sigma \text{пер}} = 1,2 \cdot 0,165 + 275,4 \cdot \left(\frac{1 - 0,25}{157 - 39,25} \right)^2 = 0,208 \approx 0,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Определяем время перехода с большей скорости на малую при полной загрузке кабины по формуле:

$$t_{\text{пер.}} = \frac{J_{\Sigma \text{пер}} \cdot (n_б - n_м) \pi}{30 \cdot (M_{\text{пуск.м.}} + M_{\text{ст.}})} \quad (2.19)$$

где $J_{\Sigma \text{пер}}$ – переходный момент инерции при полной загрузке кабины, кг·м²;

$n_б$ – количество оборотов двигателя на большой скорости, об/мин;

$n_м$ – количество оборотов двигателя на малой скорости, об/мин;

$M_{ст}$ – статический момент, Н·м;

$M_{пуск.м}$ – пусковой момент двигателя при малой скорости, Н·м.

$$t_{пер.} = \frac{0,2 \cdot 1125 \cdot 3,14}{30 \cdot (60,8 + 23,6)} = 0,27с$$

Определяем момент инерции при малой скорости и полной загрузке кабины по формуле:

$$J_{\Sigma 1м} = 1,2 \cdot J_{дв} + m_1 \cdot \left(\frac{V_m}{W_m}\right)^2 \quad (2.20)$$

где $J_{\Sigma 1м}$ – момент инерции при малой скорости и полной загрузке кабины, кг·м²;

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

m_1 – масса загруженной кабины на остановках, Н;

V_m – малая скорость движения кабины, м/с;

W_m – малая угловая скорость двигателя, рад/с.

$$J_{\Sigma 1м} = 1,2 \cdot 0,165 + 275,4 \cdot \left(\frac{0,25}{39,25}\right)^2 = 0,208 \approx 0,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Определяем время торможения на малой скорости по формуле:

$$t_{т.м.} = \frac{J_{\Sigma м} \cdot n_m \cdot \pi}{30 \cdot (M_{пуск.м} + M_{ст.})} \quad (2.21)$$

где $J_{\Sigma м}$ – момент инерции при номинальной загрузке кабины, кг·м²;

n_m – количество оборотов двигателя;

$M_{пуск.м}$ – пусковой момент двигателя при малой скорости, Н·м;

$M_{ст}$ – статический момент, Н·м.

$$t_{т.м.} = \frac{0,2 \cdot 375 \cdot 3,14}{30 \cdot (60,8 + 23,61)} = 0,09с$$

Определяем время установившейся работы по формуле:

$$t_{уст.} = t''' - t_{п.} - t_{пер.} - t_{т.м.} - t_m$$

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

$t_{п.}$ – время пуска двигателя, с;

$t_{\text{пер}}$ – время перехода с большой скорости на малую, с;

$t_{\text{т.м.}}$ – время торможения на малой скорости, с;

$t_{\text{м.}}$ – время движения на малой скорости, с.

$$t_{\text{уст.}} = 4,65 - 0,47 - 0,27 - 0,09 - 1 = 2,82 \text{ с}$$

2.6 Построение тахограммы движения лифта

Теперь можно построить тахограмму работы лифта. Для этого используем ранее полученные времена. Поскольку скорость кабина лифта мало зависит от загруженности, и время спуска и подъема одно и то же, то тахограмма, представленная на рисунке 5, будет общей.

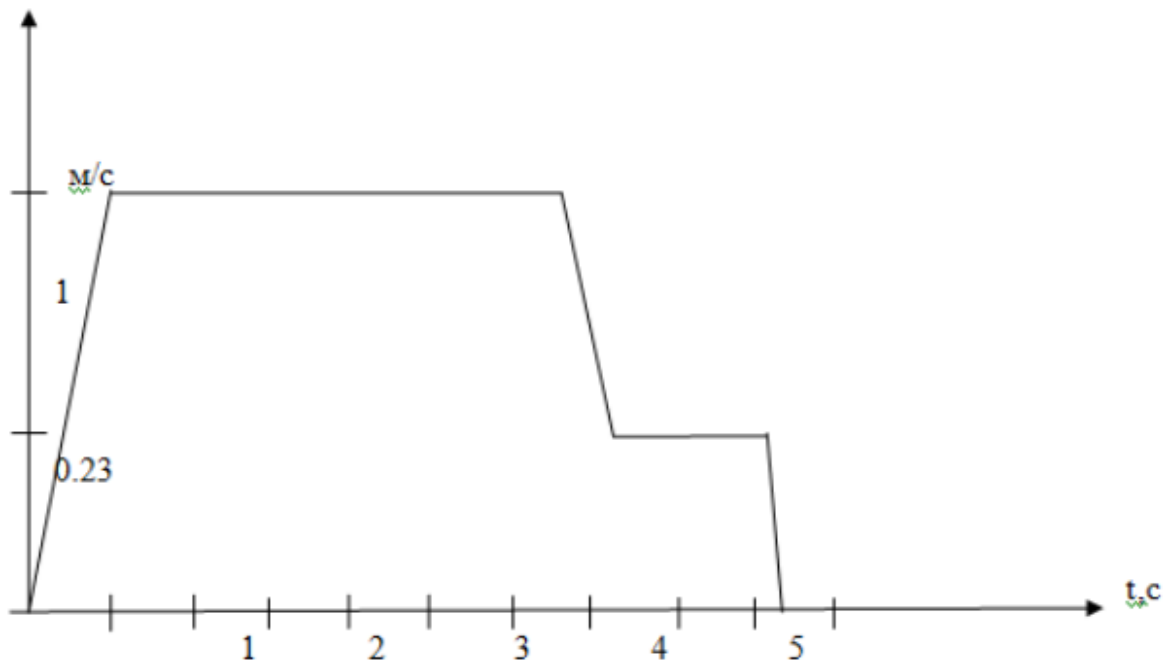


Рисунок 5 – Общая тахограмма движения лифта

2.7 Определение динамических моментов двигателя

Для построения нагрузочной диаграммы двигателя определим динамические моменты на участках:

1. Пуск.
2. Переход с большей скорости на меньшую.
3. Торможение на малой скорости.

Определяем динамический момент при пуске:

$$M_{\text{дин.п.}} = \frac{(J_{\Sigma 1} \cdot W_{\text{дв.}})}{t_{\text{п}}} \quad (2.22)$$

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

$J_{\Sigma 1}$ – момент инерции при номинальной загрузке кабины, кг·м²;

$W_{\text{дв.}}$ – угловая скорость двигателя, рад/с;

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

$$M_{\text{дин.п.}} = \frac{(0,2 \cdot 157)}{0,47} = 66,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определяем динамический момент при переходе с большей скорости на малую:

$$M_{\text{дин.п.}} = \frac{(-J_{\Sigma \text{пер}} \cdot W_{\text{дв.пер.}})}{t_{\text{пер.}}} \quad (2.23)$$

где $M_{\text{дин.пер}}$ – динамический момент при переходе с большей скорости на меньшую, Н·м;

$J_{\Sigma \text{пер}}$ – момент инерции при переходе с большей скорости на меньшую, кг·м²;

$W_{\text{дв.пер.}}$ – угловая скорость двигателя, рад/с;

$t_{\text{пер}}$ – время перехода с большей скорости на меньшую, с.

$$M_{\text{дин.п.}} = \frac{(-0,2 \cdot 117,8)}{0,27} = -87,25$$

Определяем динамический момент при торможении с малой скорости:

$$M_{\text{дин.т.}} = \frac{(-J_{\Sigma \text{м}} \cdot W_{\text{м.}})}{t_{\text{т.м.}}} \quad (2.24)$$

где $M_{\text{дин.т.}}$ – динамический момент при торможении, Н·м;

$J_{\Sigma \text{м}}$ – момент инерции при малой скорости, кг·м²;

$W_{\text{м}}$ – малая угловая скорость двигателя, рад/с;

$t_{\text{т.м}}$ – время торможения, с

$$M_{\text{дин.т.}} = \frac{(-0,2 \cdot 39,25)}{0,09} = -87,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Теперь определяем моменты двигателя на этих участках, в двух случаях:

1. Когда кабина загружена полностью и движется вверх.
2. Когда кабина пустая и движется вниз.

Определяем момент на валу двигателя при подъеме загруженной кабины:

$$M_{ст1} = 23,61$$

1. При пуске:

$$M_1 = M_{ст1} + M_{дин.п.} \quad (2.25)$$

где M_1 – момент на валу двигателя при пуске и полностью загруженной кабине, н·м;

$M_{дин.п}$ – динамический момент при пуске, н·м;

$M_{ст1}$ – статический момент на валу двигателя, н·м.

$$M_1 = 23,61 + 66,8 = 90,15 \text{ н} \cdot \text{м}$$

2. При переходе с большой скорости на малую:

$$M_2 = M_{ст1} + M_{дин.пер.}$$

$$M_2 = 23,61 - 87,25 = -63,6 \text{ н} \cdot \text{м} \quad (2.26)$$

3. При торможении с малой скорости:

$$M_3 = M_{ст1} + M_{дин.т.}$$

$$M_3 = 23,61 - 87,25 = -63,6 \text{ н} \cdot \text{м} \quad (2.27)$$

Определяем момент на валу двигателя при спуске пустой кабины:

$$M_{ст2} = 10,83 \text{ н} \cdot \text{м}$$

1*. При пуске:

$$M_{1*} = M_{ст2} + M_{дин.п.}$$

$$M_{1*} = 10,83 + 66,8 = 77,5 \text{ н} \cdot \text{м} \quad (2.28)$$

2*. При переходе с большой скорости на малую:

$$M_{2*} = M_{ст2} + M_{дин.пер.}$$

$$M_{2*} = 10,83 - 87,25 = -76,4 \text{ н} \cdot \text{м} \quad (2.29)$$

3*. При торможении с малой скорости:

$$M_{3*} = M_{ст2} + M_{дин.т.}$$

$$M_{3*} = 10,83 - 87,25 = -76,4 \text{ н} \cdot \text{м} \quad (2.30)$$

2.8 Построение нагрузочной диаграммы двигателя

Теперь можно построить нагрузочные диаграммы работы двигателя лифта при подъеме загруженной кабины (рисунок 6) и при спуске пустой кабины (рисунок 7). Для этого используем ранее полученные моменты и времена.

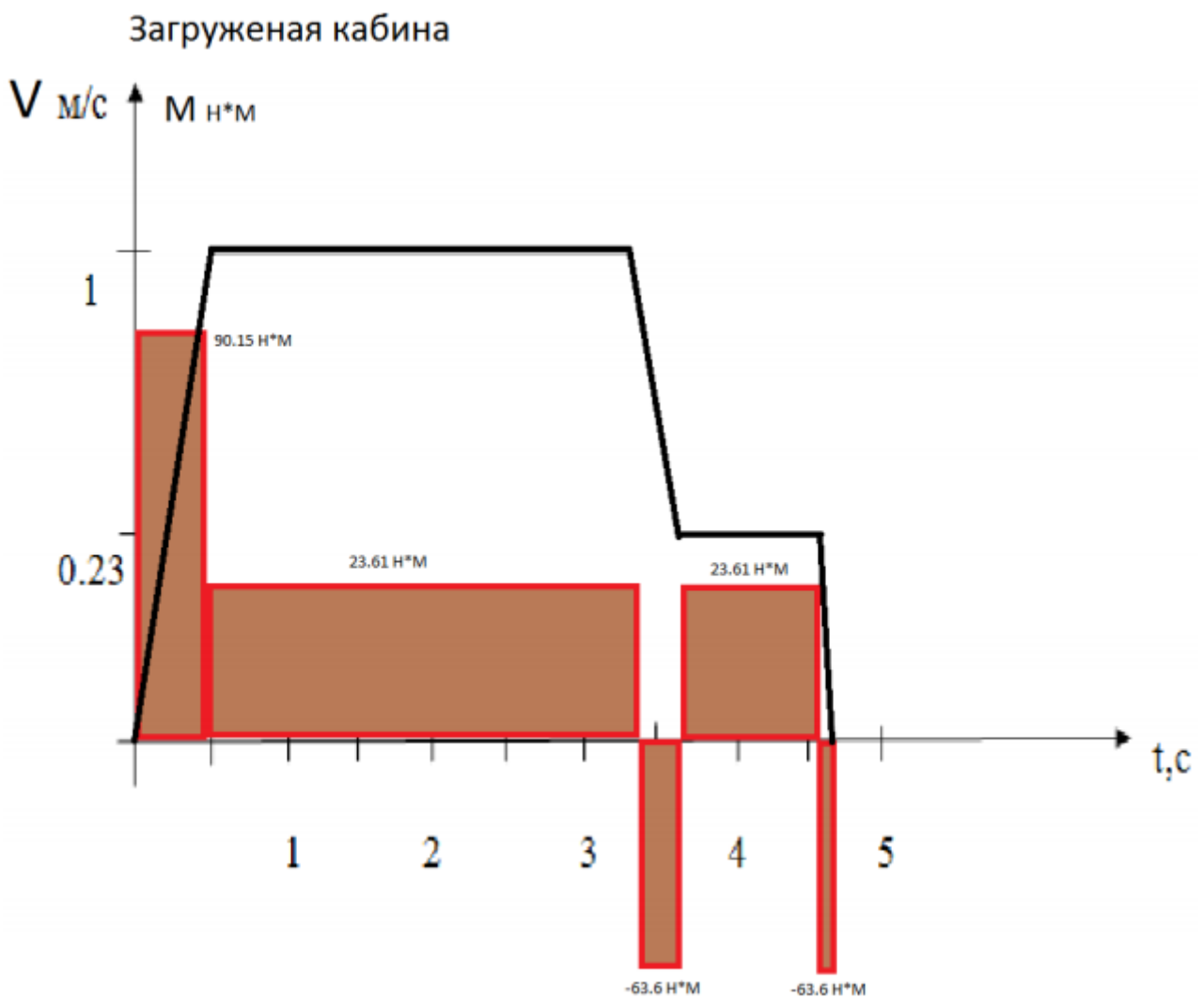


Рисунок 6 – Нагрузочная диаграмма двигателя при загруженной кабине

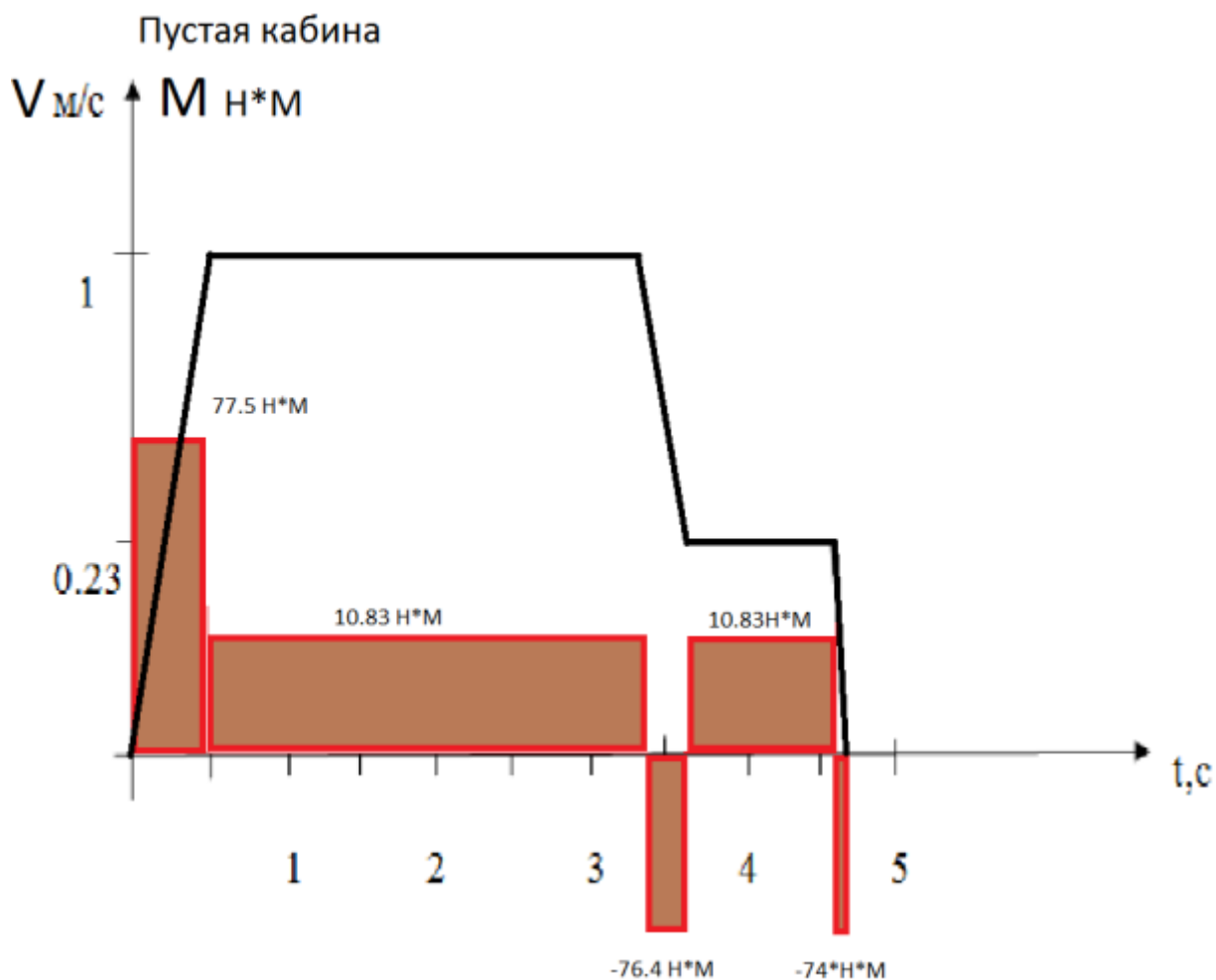


Рисунок 7 – Нагрузочная диаграмма двигателя при пустой кабине

Расчет потребления электроэнергии

Находим среднеквадратичный момент на валу двигателя по формуле [10,11]:

$$M_{\text{экв}} = \frac{\sqrt{(M_1^2 + M_1'^2) \cdot t_n + (M_{\text{ст}1}^2 + M_{\text{ст}2}^2) \cdot (t_{\text{уст}} + t_m) + (M_2^2 + M_2'^2) \cdot t_{\text{пер}}}}{\sqrt{2 \cdot t'''}} \cdot \sqrt{\frac{P_{B_p}}{P_B}} \quad (2.31)$$

$M_{\text{экв}}$ – эквивалентный момент на валу двухскоростного АД, Н.м;

M_1 – момент на валу двигателя при пуске загруженной кабины, Н.м;

M_2 – момент при переходе с большей скорости на меньшую загруженной кабины, Н.м;

M_1' – момент на валу двигателя при пуске загруженной кабины, Н.м;

M_2' – момент при переходе с большей скорости на меньшую загруженной кабины, Н.м;

t'' - время цикла;

$t_{уст.}$ - время установившейся работы, с;

$t_{п.}$ - время пуска двигателя, с;

$t_{пер}$ - время перехода с большей скорости на меньшую, с;

$t_{м.}$ - время движения на малой скорости, с;

$PВ_p$ - расчетная продолжительность включения, %;

$PВ$ - номинальная продолжительность включения, %;

$$M_{эkv} = \frac{\sqrt{(90,15^2 + 77,5^2) \cdot 0,47 + (23,61^2 + 10,83^2) \cdot 3,82 + (63,6^2 + 76,4^2) \cdot 0,27}}{2 \cdot 4,65} \cdot \sqrt{\frac{47,7}{40}}$$

$$M_{эkv} = 35,75 \cdot 1,09 = 38,96 \text{ н} \cdot \text{м}$$

(2.32)

Находим мощность, потребляемую двигателем из сети:

$$P_{сети} = \frac{M_{эkv} \cdot (W_{дв} + W_{м})}{2 \cdot n_{двиг}}$$

$$P_{сети} = \frac{38,69 \cdot (157 + 39,25)}{2 \cdot 1500} = 2,53 \text{ кВт} \quad (2.33)$$

Находим потери мощности:

$$P_{потери} = P_{сети} \cdot \frac{(1 - \text{КПД})}{\text{КПД}}$$

$$P_{потери} = 2,53 \cdot \frac{(1 - 0,75)}{0,75} = 0,84 \text{ кВт} \quad (2.34)$$

Находим электроэнергию, потребляемую двигателем из сети за 1 час работы:

$$W_{энер/час} = P_{сети} \cdot P_{потери}$$

$$W_{энер/час} = 2,53 \cdot 0,84 = 2,12 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.35)$$

3 РАСЧЕТ ПЧ-АД

3.1 Определение эквивалентных моментов двигателя

Определяем эквивалентный момент на валу двигателя с учетом продолжительности включения [9]:

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{M_{\text{ст1}}^2 \cdot t''' + M_{\text{ст2}}^2 \cdot t'''}{2 \cdot t'''}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_p}{ПВ_{\text{ном}}}}, \text{ н} \cdot \text{ м} \quad (3.1)$$

где $M_{\text{ст}}$ – статический момент на валу двигателя, н·м;

t''' – время движения кабины от одной станции до другой, с;

$ПВ_p$ – расчетная продолжительность включения двигателя;

$ПВ_{\text{ном}}$ – номинальная продолжительность включения двигателя.

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{(M_{\text{ст1}}^2 + M_{\text{ст2}}^2) \cdot t'''}{2 \cdot t'''}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_p}{ПВ_{\text{ном}}}}, \text{ н} \cdot \text{ м}$$
$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{M_{\text{ст1}}^2 + M_{\text{ст2}}^2}{2}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_p}{ПВ_{\text{ном}}}}, \text{ н} \cdot \text{ м} \quad (3.2)$$

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{23,61^2 + 10,83^2}{2}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_p}{ПВ_{\text{ном}}}}, \text{ н} \cdot \text{ м}$$

$$M_{\text{экв}} = 18,37 \cdot 1,09 = 20,02 \text{ н} \cdot \text{ м}$$

3.2 Определение скорости вращения двигателя

Определяем скорость вращения двигателя по формуле:

$$n_{\text{расч}} = \frac{60 \cdot V \cdot i}{\pi \cdot D} \quad (3.3)$$

где V – скорость движения кабины, с;

i – передаточное число редуктора;

D – диаметр КВШ м.

$$n_{\text{расч}} = \frac{60 \cdot 1 \cdot 40}{3,14 \cdot 0,525} = 1456 \text{ об/мин}$$

3.3 Определение мощности двигателя

Определяем мощность двигателя [8]:

$$P = \frac{M_{\text{экв}} \cdot n_{\text{расч}}}{9,55 \cdot 1000}$$
$$P = \frac{20,02 \cdot 1456}{9,55 \cdot 1000} = 3,052 \text{ кВт} \quad (3.4)$$

3.4 Данные двигателя

Выбираем двигатель типа 5АН160S4, его характеристики приведены в Таблице 3 [12].

Таблица 3 – Технические характеристики двигателя 5АН160S4

Тип	5АН160S4
$P_{\text{ном}}$, кВт	3,55
n , об/мин	1425
КПД, %	80
$\cos \varphi$	0,68
$I_{\text{ном}}$, А	10
$M_{\text{ном}}$, Н·м	24
$\lambda_{\text{пуск}}$	2,3
$I_{\text{пуск}} / I_{\text{ном}}$	6,5
Число включений	150
J , кг·м ²	0,06
Масса, кг	110

Отношение пускового момента к номинальному: 2,7-3,3

Отношение максимального момента к номинальному: 3,1-3,9

Степень защиты IP10, класс нагревостойкости изоляции «F», 2р=4;

$n = 1500$ об/мин

3.5 Выбор преобразователя частоты

Преобразователь частоты для лифтового электропривода VFD VL

Выбор ПЧ производим по мощности двигателя и по напряжению питания. Из каталога выбираем ПЧ, мощность которого равна или больше номинальной мощности двигателя. Выбираем ПЧ фирмы Delta Electronics типа VFD 055VL23A, предназначенный для применения в лифтах и подъемных механизмах. Он изображен на рисунке 8 [7].



Рисунок 8 – Внешний вид преобразователя частоты VFD VL

Особенности частотных преобразователей серии VFD VL

Особенностями частотных преобразователей серии VFD-VL являются

:

- Высокоэффективный алгоритм векторного управления – управление ориентацией поля (FOC – field oriented control).
- Управление асинхронными и синхронными двигателями переменного тока, проведение автоматического тестирования двигателя при старте.
- Возможность питания от резервного источника питания 48/96 В постоянного тока.
- Наличие автоматической настройки и функции компенсации пускового момента.
- Встроенное управление процессом пуска и остановки лифта.

- Встроенная настройка работы выходного тормозного реле для управления внешним электромагнитным тормозом.
- Поддержка управления от внешнего цифрового пульта.
- Автоматическая настройка статических и динамических параметров двигателя.
- Встроенный тормозной ключ для всех типономиналов данной серии (для внешних тормозных резисторов).
- Возможность работы с энкодерами, имеющими выход Line Drive, а также Sin, Cos.
- Встроенный порт RS485 с поддержкой стандартного протокола Modbus.
- Программное обеспечение для компьютера, обеспечивающее мониторинг, управление, загрузку и сохранение параметров.
- Полный комплекс защитных функций. Высокоточное измерение тока, многоуровневая защита от перегрузки (oL, oL1, oL2), от перенапряжения и сверхтока, от короткого замыкания, функция поиска скорости, подключение датчика перегрева двигателя и еще ряд других функций.

Технические характеристики преобразователя частоты представлены в таблице 4.

Таблица 4 –Технические характеристики преобразователя частоты

Номер модели VFD-___ - VL		055	075	110	150	185	220
Макс. мощность двигателя (кВт)		5,5	7,5	11	15	18,8	22
Макс. мощность двигателя (HP)		7,5	10	15	20	25	30
Характеристики выхода	Выходная мощность (кVA)	9,5	12,5	19	25	29	34
	Номинальный выходной ток для постоянного момента (А)	21,9	27,1	41,1	53	70	79
	Номинальный выходной ток для переменного момента (А)	25	31	47	60	80	90
	Макс. выходное напряжение (В)	3-фазы пропорционально входному напряжению					
	Выходная частота (Гц)	0.00-120.00 Гц					
	Частота ШИМ (кГц)	12 кГц			9 кГц		
Вход	Номинальный входной ток (А)	25	33	52	63	68	79
	Напряжение/частота	3-фазы, 200-240 В, 59/60 Гц					
	Отклонение напряжения	±10% 180 – 264В					
	Отклонение частоты	±5% 47 – 63Гц					
Способ охлаждения		Принудительное, вентилятором					
Вес, кг		8	10	10	13	13	13

3.6 Тахограмма движения лифта

Для того чтобы движение лифта было комфортным для пассажиров, и для снижения динамических моментов, время на участках разгона и замедления нужно установить [9]:

- $t_{уст.} = 1,5$ с (время установившейся работы, зависит от расположения шунтов);
- $t_{п.} = 1,5$ с (время пуска двигателя, программируется в ПЧ);
- $t_{пер} = 0,8$ с (время перехода, программируется в ПЧ);
- $t_{т.м.} = 0,25$ с (время торможения на малой скорости, зависит от времени
- наложения тормоза, расположения шунтов и от ПЧ);
- $t_{м.} = 0,6$ с (время движения на малой скорости, зависит от расположения
- шунтов).

Определяем частоту выходного напряжения от ПЧ для большой скорости вращения по формуле:

$$f_1 = \frac{f_{\text{сети}} \cdot n_{\text{расч.}}}{n_{\text{ном.}}} \quad (3.5)$$

Где f_1 – частота напряжения, требуемого для вращения вала двигателя с частотой 1456 об/мин, Гц;

$n_{\text{расч.}}$ – расчетная частота вращения вала двигателя, об/мин;

$f_{\text{сети}}$ – частота сети, 50 Гц;

$n_{\text{ном.}}$ – номинальная частота вращения вала двигателя, об/мин.

$$f_1 = \frac{50 \cdot 1456}{1425} \approx 50 \text{ Гц}$$

Определяем частоту выходного напряжения от ПЧ для малой скорости вращения по формуле:

$$f_2 = \frac{f_{\text{сети}} \cdot n_{\text{мал.}}}{n_{\text{ном.}}} \quad (3.6)$$

где f_2 – частота напряжения, требуемого для вращения вала двигателя с частотой 322 об/мин, Гц;

$n_{\text{мал.}}$ – частота вращения вала двигателя на малой скорости, об/мин;

$f_{\text{сети}}$ – частота сети, 50 Гц;

$n_{\text{ном.}}$ – номинальная частота вращения вала двигателя, об/мин.

$$f_2 = \frac{50 \cdot 322}{1425} \approx 11,2 \text{ Гц}$$

С применением ПЧ номинальная скорость лифта равна 1м/с, а при движении на малой скорости 0,22м/с. Так же ПЧ обеспечивает плавные переходы скорости. Тахограмма представлена на рисунке 9.

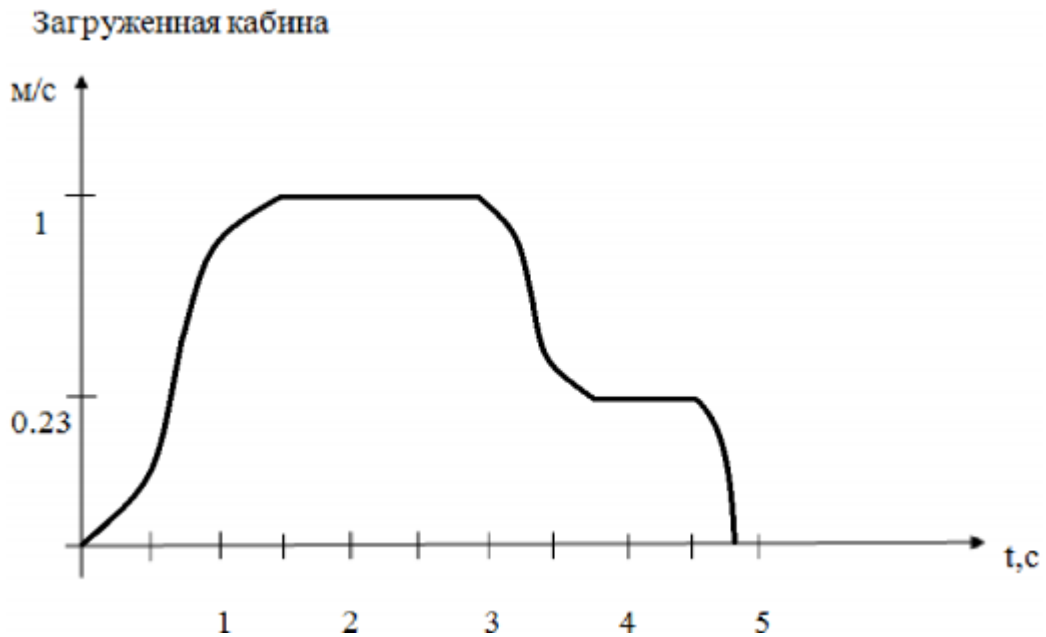


Рисунок 9 – Тахограмма движения загруженного лифта

3.7 Определение моментов инерции

Угловую скорость двигателя определяем так:

$$W_{\text{дв.}} = \frac{1425 \cdot 3,14}{30} = 149,15 \text{ рад/с} \quad (3.7)$$

Определяем момент инерции при пуске и номинальной загрузке кабины и пустой кабине по формуле:

$$J_{\Sigma 1,2} = J_{\text{дв.}} + m_{1,2} \left(\frac{V_k}{W_{\text{дв.}}} \right)^2 \quad (3.8)$$

$J_{\Sigma 1}$, $J_{\Sigma 2}$ – момент инерции при номинальной загрузке и пустой кабины, кг·м²;

$J_{\text{дв.}}$ – момент инерции двигателя, кг·м²;

m_1 – масса загруженной кабины на остановках, н;

V_k – скорость движения кабины, м/с;

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

$$J_{\Sigma 1} = 0,06 + 275,4 \cdot \left(\frac{1}{149,15} \right)^2 = 0,071 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$J_{\Sigma 2} = 0,06 + 126,3 \cdot \left(\frac{1}{149,15} \right)^2 = 0,065 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Определяем момент инерции при переходе с большой скорости на малую при полной загрузке кабины по формуле:

$$J_{\Sigma\text{пер}} = J_{\text{дв.}} + m_{1,2} \left(\frac{V_k - V_m}{W_{\text{дв}} - W_m} \right)^2 \quad (3.9)$$

где $J_{\Sigma\text{пер}}$ – момент инерции при переходе и номинальной загрузке кабины, кг·м²;

$J_{\text{дв}}$ – момент инерции двигателя, кг·м²;

$m_{1,2}$ – масса загруженной кабины и пустой на остановках, н;

V_k – скорость движения кабины, м/с;

$W_{\text{дв}}$ – угловая скорость двигателя, рад/с;

V_m – малая скорость движения кабины, м/с;

W_m – малая угловая скорость двигателя, рад/с.

$$J_{\Sigma\text{пер}1} = 0,06 + 275,4 \cdot \left(\frac{1 - 0,22}{149,15 - 39,25} \right)^2 = 0,073 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$J_{\Sigma\text{пер}2} = 0,06 + 126,3 \cdot \left(\frac{1 - 0,22}{149,15 - 39,25} \right)^2 = 0,066 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Определяем момент инерции на малой скорости при полной загрузке и пустой кабине:

$$J_{\Sigma m} = J_{\text{дв.}} + m_{1,2} \left(\frac{V_m}{W_m} \right)^2 \quad (3.10)$$

Где $J_{\Sigma m1}$, $J_{\Sigma m2}$ – момент инерции при номинальной загрузке и пустой кабине, кг·м²;

$J_{\text{дв}}$ – момент инерции двигателя, кг·м²;

m_1 – масса загруженной кабины на остановках, н;

V_m – малая скорость движения кабины, м/с;

W_m – малая угловая скорость двигателя, рад.

$$J_{\Sigma m1} = 0,06 + 275,4 \left(\frac{0,22}{39,25} \right)^2 = 0,068 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$J_{\Sigma m2} = 0,06 + 126,3 \left(\frac{0,22}{39,25} \right)^2 = 0,063 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Сравнения значений моментов инерции приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнения значений моментов инерции

Моменты инерции односкоростного АД с ПЧ	Моменты инерции многоскоростного АД
$J_{\Sigma 1} = 0,071 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$	$J_{\Sigma 1} = 0,208 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$
$J_{\Sigma 2} = 0,065 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$	$J_{\Sigma 2} = 0,203 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$
$J_{\Sigma \text{пер}1} = 0,073 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$	$J_{\Sigma \text{пер}1} = 0,208 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$
$J_{\Sigma \text{пер}2} = 0,066 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$	$J_{\Sigma \text{пер}2} = 0,203 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$
$J_{\Sigma \text{м}1} = 0,068 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$	$J_{\Sigma \text{м}1} = 0,208 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$
$J_{\Sigma \text{м}2} = 0,063 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$	$J_{\Sigma \text{м}2} = 0,203 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$

3.8 Определение динамических моментов

Для построения нагрузочной диаграммы двигателя определим динамические моменты на участках:

1. Пуск;
2. Переход с большей скорости на меньшую;
3. Торможение на малой скорости;

Определяем динамический момент при пуске загруженной и пустой кабины:

$$M_{\text{дин.п}1,2} = \frac{(J_{\Sigma 1,2} \cdot \omega_{\text{дв}})}{t_{\text{п}}} \quad (3.11)$$

Где $M_{\text{дин.п}1,2}$ – динамический момент при пуске, н·м;

$J_{\Sigma 1,2}$ – момент инерции при загруженной и пустой кабины, кг·м²;

$\omega_{\text{дв}}$ – угловая скорость двигателя, рад/с;

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

$$M_{дин.н1} = \frac{(0,071 \cdot 149,15)}{1,5} = 7,1 \text{ н} \cdot \text{м}$$

$$M_{дин.н1,2} = \frac{(0,065 \cdot 149,15)}{1,5} = 6,5 \text{ н} \cdot \text{м}$$

Определяем динамический момент при переходе с большей скорости на малую, загруженной и пустой кабины:

$$M_{дин.пер.1,2} = \frac{(-J_{\Sigma пер.1,2} \cdot W_{дв.пер.})}{t_{пер.}} \quad (3.12)$$

где $M_{дин.пер.1,2}$ – динамический момент при переходе с большей скорости на меньшую, Н·м;

$J_{\Sigma пер.1,2}$ – момент инерции при переходе с большей скорости на меньшую, кг·м²;

$W_{дв.пер.}$ – угловая скорость двигателя, рад/с;

$t_{пер.}$ – время перехода с большей скорости на меньшую, с.

$$M_{дин.пер.1} = \frac{(-0,073 \cdot 112,4)}{0,8} = -10,25$$

$$M_{дин.пер.2} = \frac{(-0,066 \cdot 112,4)}{0,8} = -9,2$$

Определяем динамический момент при торможении с малой скорости, загруженной и пустой кабины:

$$M_{дин.т1,2} = \frac{(-J_{\Sigma т1,2} \cdot W_{т.м})}{t_{т.м}} \quad (3.13)$$

где $M_{дин.т.}$ – динамический момент при торможении, Н·м;

$J_{\Sigma т1,2}$ – момент инерции при малой скорости, кг·м²;

$W_{т.м}$ – малая угловая скорость двигателя, рад/с;

$t_{т.м.}$ – время торможения, с.

$$M_{дин.т1,2} = \frac{(-0,068 \cdot 39,25)}{0,2} = -13,34 \text{ н} \cdot \text{м}$$

$$M_{дин.т1,2} = \frac{(-0,063 \cdot 39,25)}{0,2} = -12,36 \text{ н} \cdot \text{м}$$

Теперь определяем моменты двигателя на этих участках в двух случаях:

1. Когда кабина загружена полностью и движется вверх;
2. Когда кабина пустая и движется вниз.

Определяем момент на валу двигателя при подъеме загруженной и пустой кабины:

$$M_{ст1} = 23,61$$

$$M_{ст2} = 10,83$$

1. При пуске:

$$M_{1,2} = M_{ст.1,2} + M_{дин.п.} \quad (3.14)$$

где $M_{1,2}$ – момент на валу двигателя при пуске загруженной и пустой кабине, Н·м;

$M_{дин.п.1,2}$ – динамический момент при пуске, загруженной и пустой кабины Н·м;

$M_{ст.1,2}$ – статический момент на валу двигателя, Н.м.

$$M_1 = 23,61 + 7,1 = 30,71 \text{ н} \cdot \text{м}$$

$$M_2 = 10,83 + 6,5 = 17,33 \text{ н} \cdot \text{м}$$

2. При переходе с большой скорости на малую загруженной и пустой кабины:

$$M_{пер.1,2} = M_{ст1} + M_{дин.пер.}$$

$$M_{пер.1} = 23,61 - 10,25 = 13,36 \text{ н} \cdot \text{м}$$

$$M_{пер.2} = 10,83 - 9,2 = 1,63 \text{ н} \cdot \text{м} \quad (3.15)$$

3. При торможении с малой скоростью, загруженной и пустой кабины:

$$M_{т.1,2} = M_{ст1} + M_{дин.т.}$$

$$M_{т1} = 23,61 - 13,34 = 10,27 \text{ н} \cdot \text{м}$$

$$M_{т2} = 10,83 - 12,36 = -1,53 \text{ н} \cdot \text{м} \quad (3.16)$$

Сравнения значений династических моментов приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнительная таблица значений динамических моментов

Динамические моменты с однокоростным АД с ПЧ	Динамические моменты с многокоростным АД
$M_1=30,71 \text{ Н} \cdot \text{м}$	$M_1=90,15 \text{ Н} \cdot \text{м}$
$M_2=17,33 \text{ Н} \cdot \text{м}$	$M_2=77,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$
$M_{\text{пер}1}=13,36 \text{ Н} \cdot \text{м}$	$M_{\text{пер}1}= -63,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$
$M_{\text{пер}2}=1,63 \text{ Н} \cdot \text{м}$	$M_{\text{пер}2}= -76,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$
$M_{T1}=10,27 \text{ Н} \cdot \text{м}$	$M_{T1}= -63,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$
$M_{T2}=-1,53 \text{ Н} \cdot \text{м}$	$M_{T2}= -76,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$

3.9 Построение нагрузочной диаграммы

Теперь можно построить нагрузочные диаграммы работы двигателя лифта при подъеме загруженной кабины и при спуске пустой кабины. Для этого используем ранее полученные моменты и заданное времена (рисунки 10, 11).

Загруженная кабина

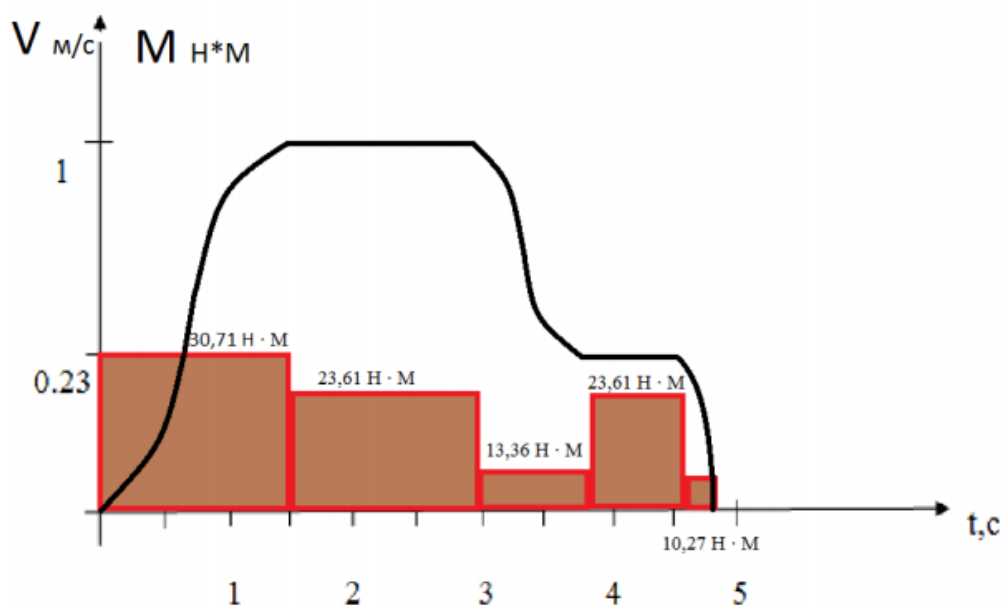


Рисунок 10 – Диаграммы работы двигателя лифта при подъеме загруженной кабины

Пустая кабина

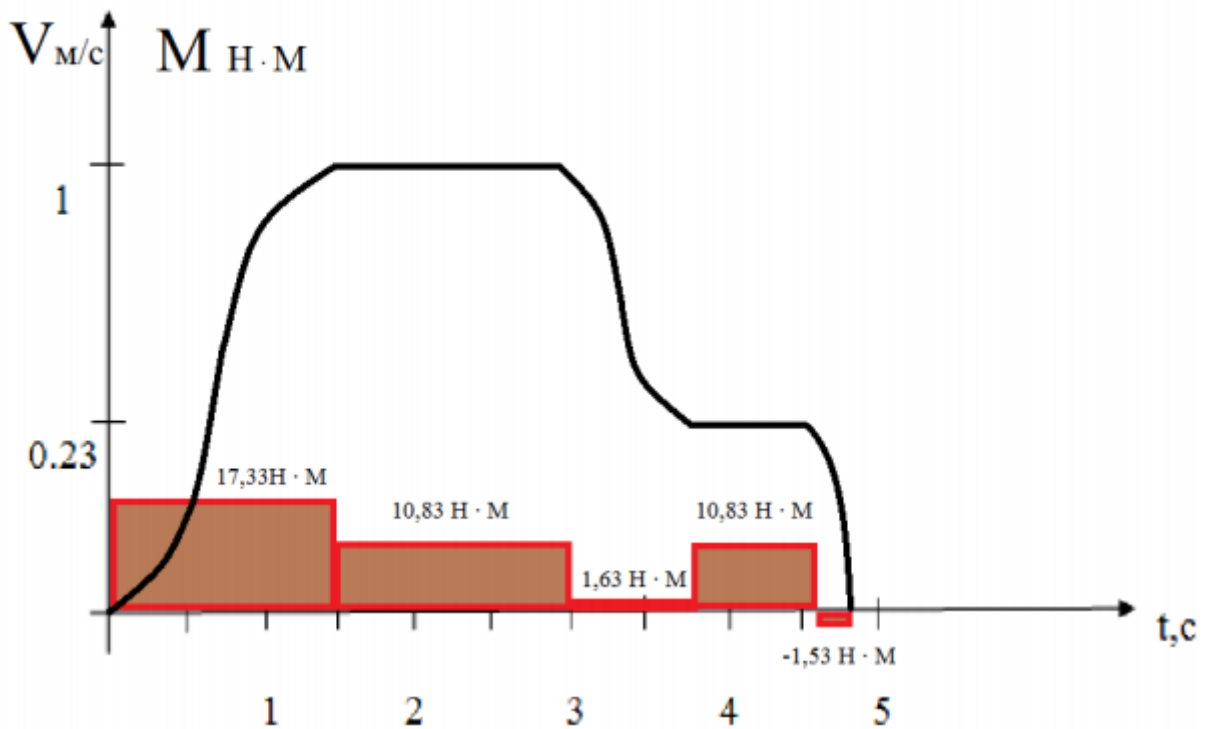


Рисунок 11 – Диаграммы работы двигателя лифта при спуске пустой кабины

3.10 Расчет потребления электроэнергии

Находим мощность, потребляемую двигателем из сети [10,11]:

$$P_{\text{сети}} = \frac{M'_{\text{экв}} \cdot (W_{\text{дв}} + W_{\text{м}})}{2 \cdot \eta_{\text{двиг}}}$$

$$M'_{\text{экв}} = 23,2$$

$$P_{\text{сети}} = \frac{23,2 \cdot (151,7 + 39,25)}{2 \cdot 1425} + \text{ПЧ} = 1,55 \text{ кВт} + 0,2 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{сети}} = 1,75 \text{ кВт}$$

(3.17)

Находим потери мощности:

$$P_{\text{потери}} = P_{\text{сети}} \cdot \frac{(1 - \text{КПД})}{\text{КПД}}$$

$$P_{\text{потери}} = 1,75 \cdot \frac{(1 - 0,8)}{0,8} = 0,43 \text{ кВт}$$

(3.18)

Находим электроэнергию, потребляемую двигателем из сети за 1 час работы:

$$W_{\text{энер/час}} = P_{\text{сети}} \cdot P_{\text{потери}}$$
$$W_{\text{энер/час}} = 1,75 \cdot 0,43 = 0,75 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (3.19)$$

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

4.1 Моделирование электропривода с двухскоростным АД

Кинематическая схема передвижения лифта до модернизации изображена на рисунке 12 [13].

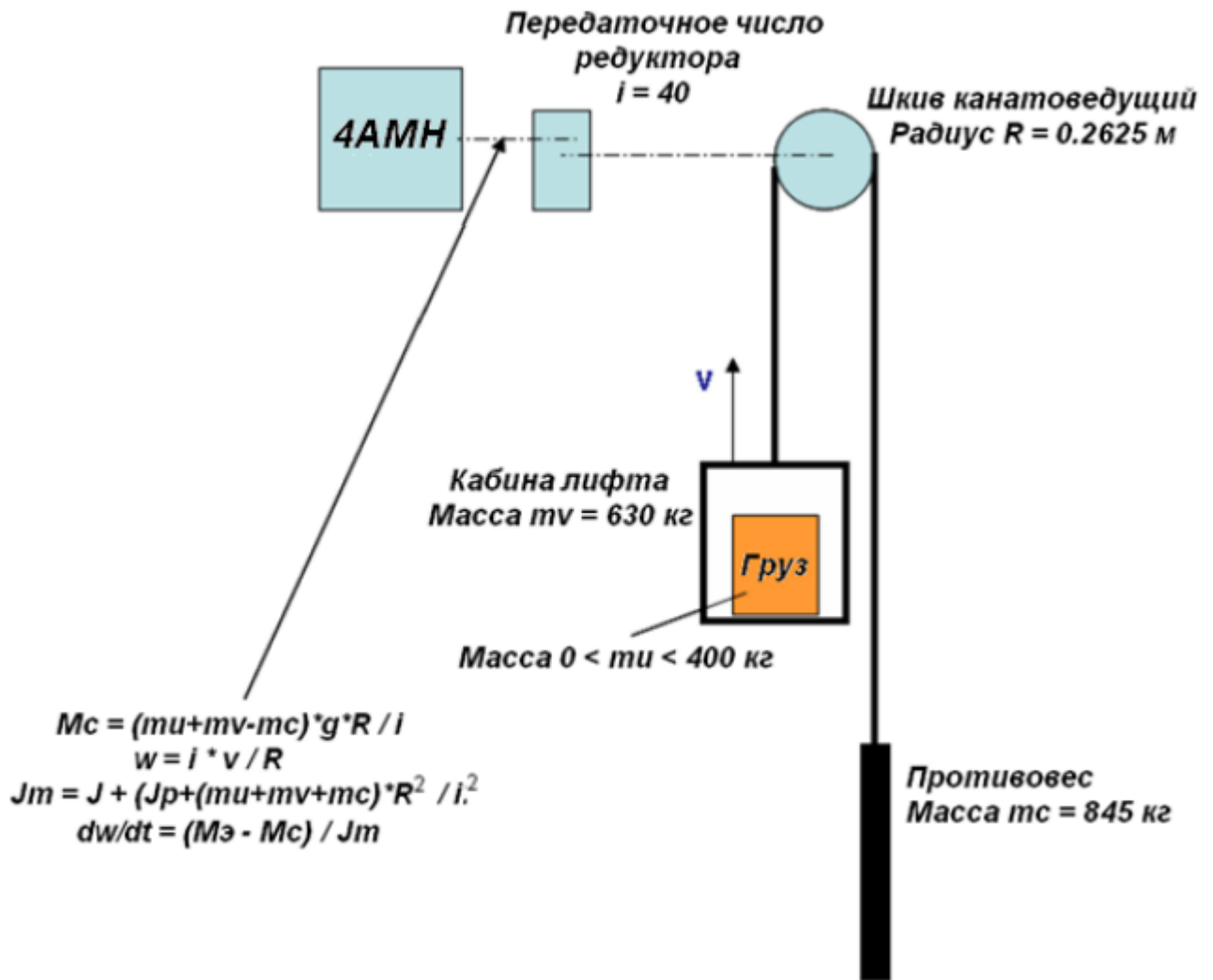


Рисунок 12 – Кинематическая схема механизма передвижения лифта

Структурная схема системы представлена на рисунке 13.

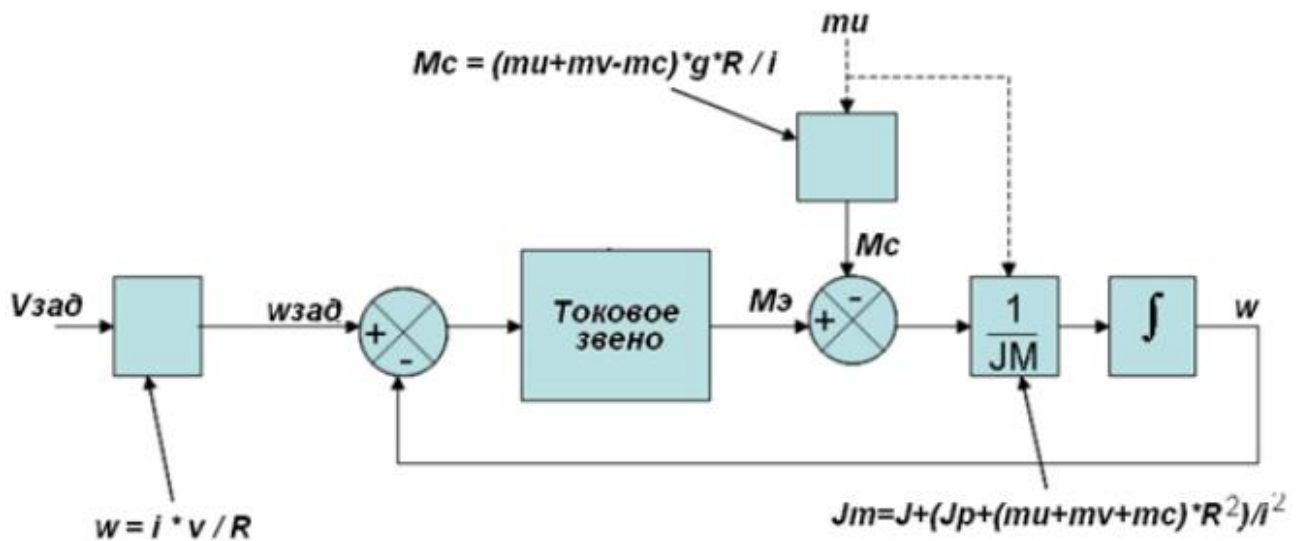


Рисунок 13 – Структурная схема системы

Определение передаточной функции токового звена

Передаточная функция токового звена имеет следующий вид:

$$W_{(p)} = \frac{\beta}{1 + T_3 p} \quad (4.1)$$

где β – модуль жесткости линеаризованной механической характеристики АД:

$$\beta = \frac{2M_k}{\omega_{0 \text{ ном}} \cdot S_k} \quad (4.2)$$

Критический момент:

$$M_k = 3.0 \cdot M_{\text{ном}} = 3 \cdot 32 = 96 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.3)$$

Критическое скольжение:

$$S_{\text{кр}} = S_{\text{ном}} \cdot (\lambda_m + \sqrt{\lambda_m^2 - 1}) = 0,01 \cdot (3 + \sqrt{3^2 - 1}) = 0,058$$

$$\omega_H = \frac{2\pi n_H}{60} = \frac{2\pi 1500}{60} = 157 \text{ с}^{-1}$$

$$\beta = \frac{2 \cdot 96}{157 \cdot 0,058} = 21,08 \quad (4.4)$$

T_3 – эквивалентная электромагнитная постоянная времени цепей статора и ротора АД, определяемая по формуле:

$$T_3 = \frac{1}{\omega_{0 \text{ ном}} \cdot S_{\text{кр}}} = \frac{1}{157 \cdot 0,058} = 0,18 \text{ с} \quad (4.5)$$

$\omega_{0\text{эл.ном}}$ – угловая скорость электромагнитного поля АД при его номинальной частоте питания $f_1 = 50$ Гц.

$$\omega_{0\text{ ном}} = \frac{2\pi f}{p} = 157 \text{ рад/с} \quad (4.6)$$

Подставив все значения получим следующую передаточную функцию токового звена АД:

$$W_{(p)} = \frac{\beta}{1 + T_{\Sigma}p} = \frac{21,08}{1 + 0,18p} \quad (4.7)$$

Модель представлена на рисунке 14. В рабочем окне MatLab задаем следующую тахограмму движения лифта:

$$v = [0,0; 1.5,1; 3,1; 3.8,0.22; 4.2,0.22; 4.45,0; 10,0; 11.5,-1; 13,-1; 13.8,-0.22; 14.2,-0.22; 14.45,0; 20,0]$$

Графики переходных процессов представлены на рисунке 15.

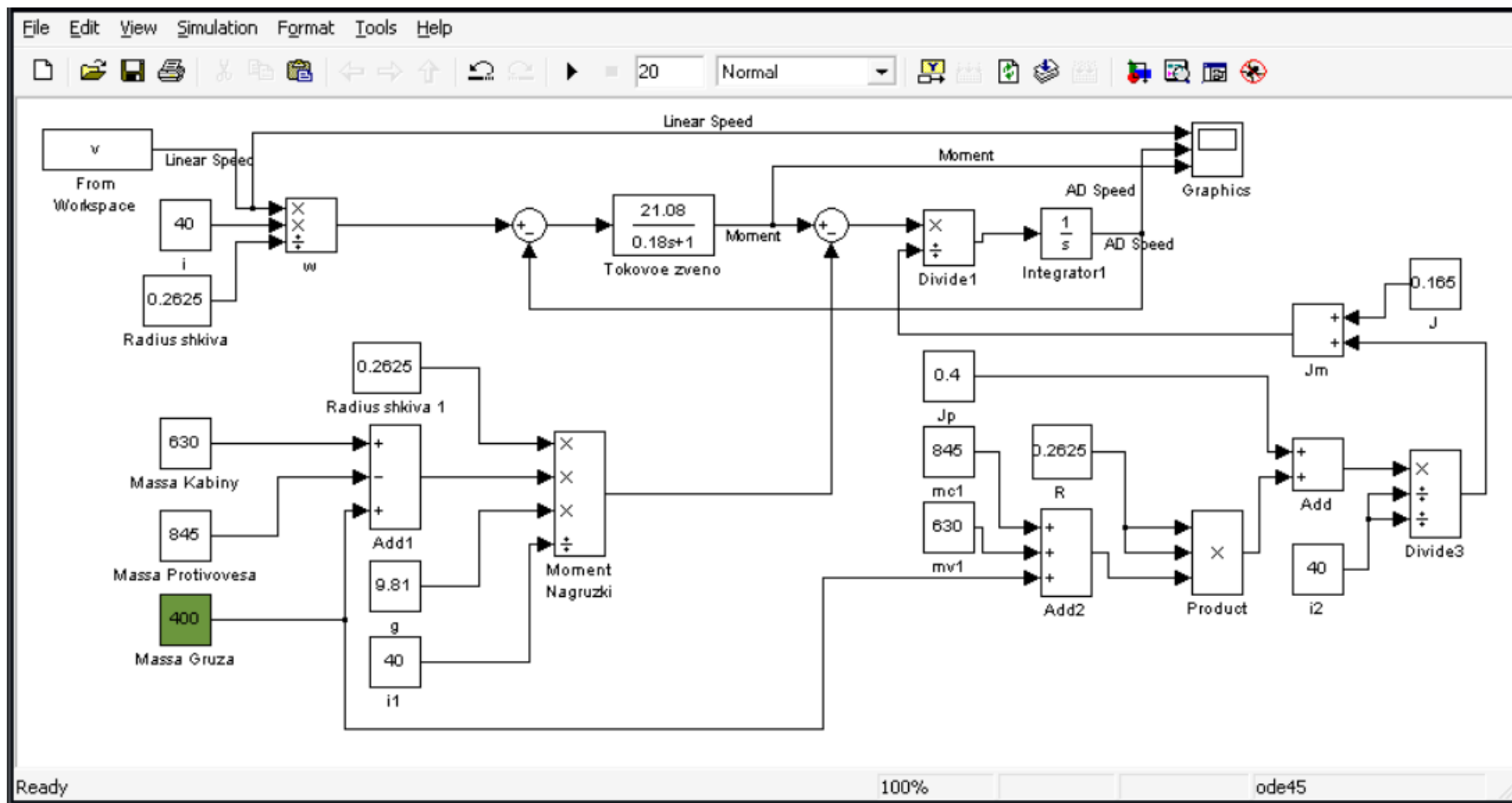


Рисунок 14 – Модель электропривода лифта

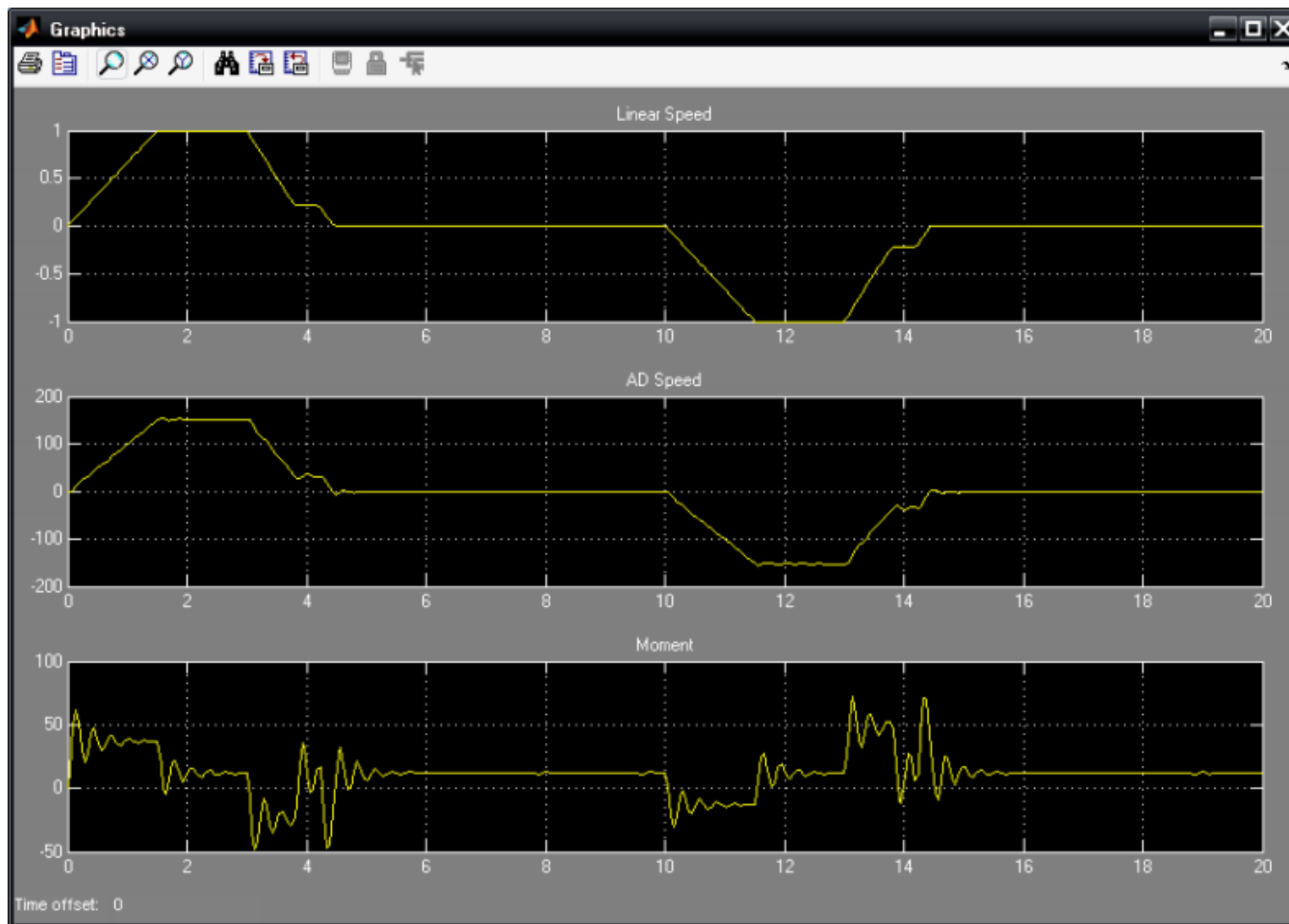


Рисунок 15 – Графики переходных процессов лифта с двухскоростным АД

4.2 Моделирование электропривода с ПЧ-АД

Кинематическая схема передвижения лифта с ПЧ-АД имеет вид (рисунок 16):

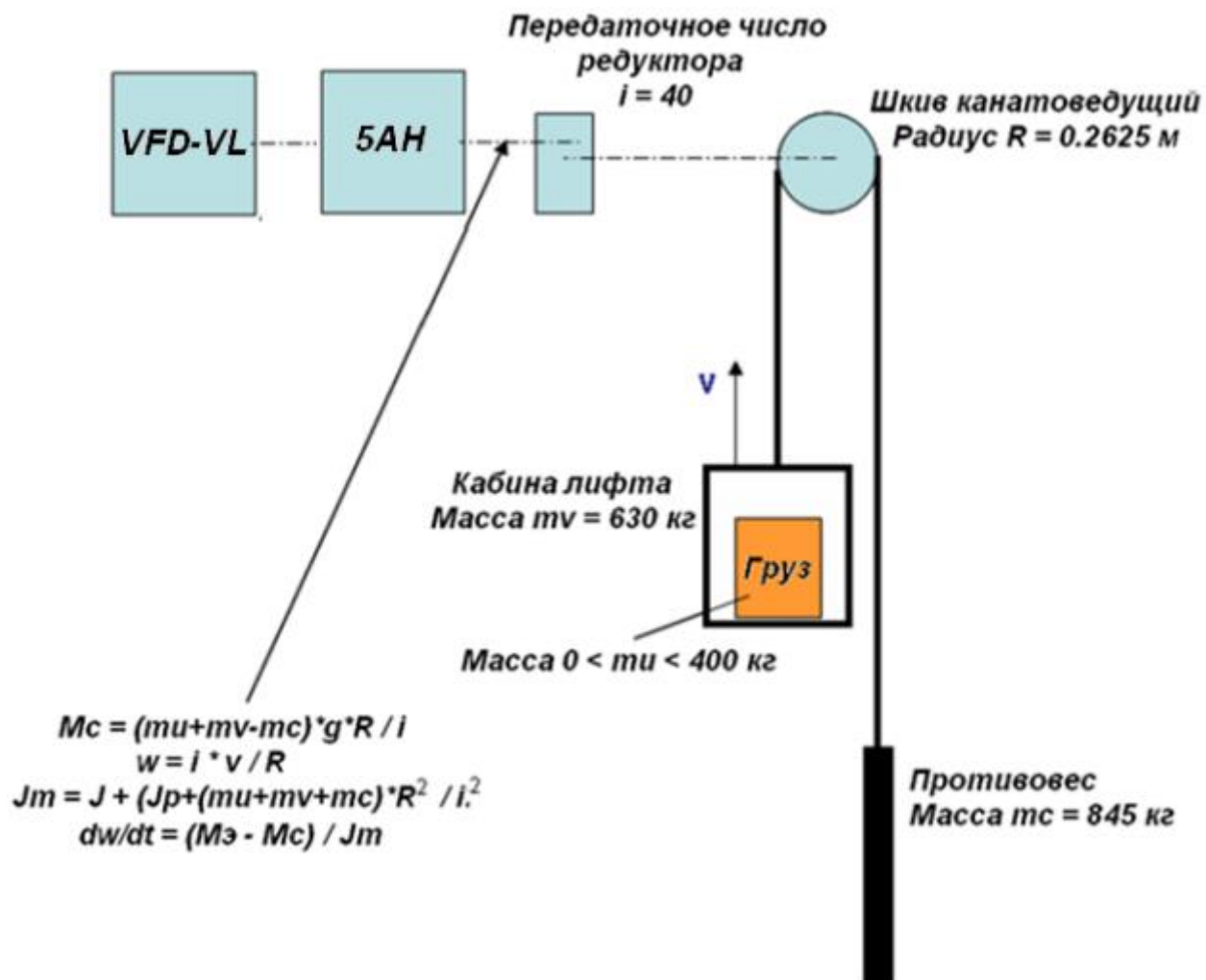


Рисунок 16 – Кинематическая схема механизма передвижения лифта с преобразователем частоты

Структурная схема системы после модернизации представлена на рисунке 17:

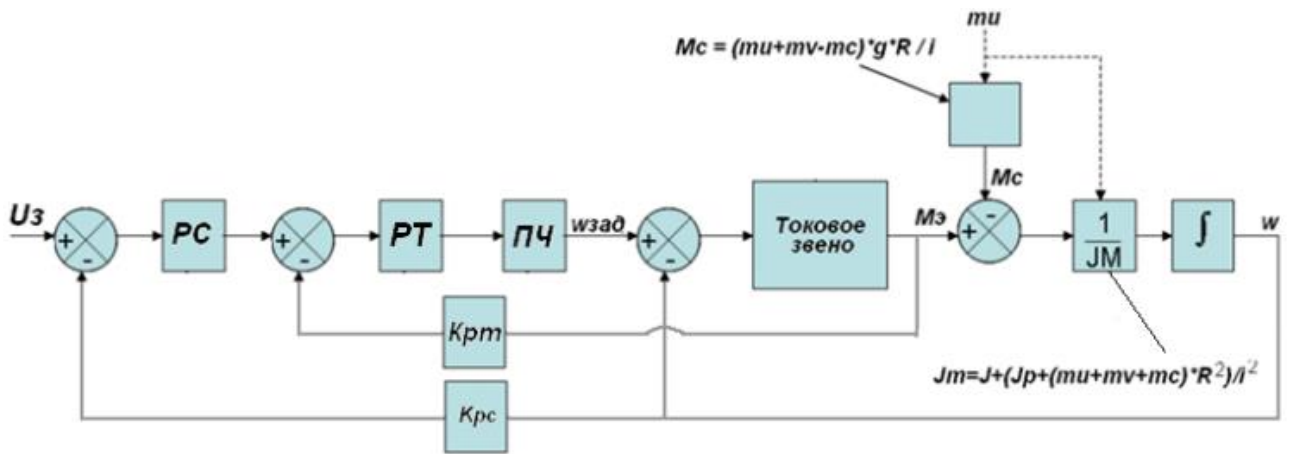


Рисунок 17 – Структурная схема системы

Определение передаточной функции токового звена

Передаточная функция токового звена имеет следующий вид:

$$W_{(p)} = \frac{\beta}{1 + T_э p} \quad (4.8)$$

где β – модуль жесткости линеаризованной механической характеристики АД:

$$\beta = \frac{2M_k}{\omega_{0 \text{ ном}} \cdot S_{кр}} \quad (4.9)$$

Критический момент:

$$M_k = 2,5M_{\text{ном}} = 2,5 \cdot 24 = 60 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Критическое скольжение:

$$S_{кр} = S_{\text{ном}} \cdot (\lambda_m + \sqrt{\lambda_m^2 - 1}) = 0,05 \cdot (2,5 + \sqrt{2,5^2 - 1}) = 0,24$$

$$\omega_H = \frac{2\pi n_H}{60} = \frac{2\pi 1425}{60} = 149,7 \text{ с}^{-1}$$

$$\beta = \frac{2 \cdot 60}{157 \cdot 0,24} = 3,35 \quad (4.10)$$

$T_э$ – эквивалентная электромагнитная постоянная времени цепей статора и ротора АД, определяемая по формуле:

$$T_э = \frac{1}{\omega_{0 \text{ ном}} \cdot S_{кр}} = \frac{1}{157 \cdot 0,24} = 0,069 \text{ с} \quad (4.11)$$

$\omega_{0\text{эл.ном}}$ – угловая скорость электромагнитного поля АД при его номинальной частоте питания $f_1 = 50\text{Гц}$:

$$\omega_{0\text{ ном}} = \frac{2\pi f}{p} = 157 \text{ рад/с} \quad (4.12)$$

Подставив все значения получим следующую передаточную функцию токового звена АД:

$$W_{(p)} = \frac{\beta}{1 + T_{\Sigma}p} = \frac{3,35}{1 + 0,069p} \quad (4.13)$$

Определение передаточной функции преобразователя частоты

Передаточная функция преобразователя частоты:

$$W_{\text{пч}}(P) = \frac{U_D(P)}{U_V(P)} \quad (4.14)$$

Коэффициент передачи преобразователя частоты в установившемся режиме равен следующему выражению:

$$K_{\text{пч}} = \frac{U_D}{U_V} \quad (4.15)$$

Окончательно для преобразователя частоты передаточная функция будет иметь вид:

$$W_{\text{пч}}(P) = \frac{K_{\text{пч}}}{1 + T_{\text{пч}}P} \quad (4.16)$$

Произведем расчет:

$$K_{\text{пч}} = \frac{380}{10} = 38;$$

$$T_{\text{тп}} = 0,001 \text{ с};$$

$$W_{\text{тп}}(P) = \frac{38}{1 + 0,01P}$$

Для равновесия системы, введем, в контур регулирования регуляторы тока и скорости.

Определение передаточной функции регулятора тока

Контур регулирования тока якоря содержит ПИ-регулятор, настроенный по принципу последовательной коррекции.

В контуре регулирования тока имеется одна большая постоянная времени – постоянная времени цепи якоря T_a . При настройке контура на технический оптимум передаточная функция регулятора тока будет иметь вид:

$$W_{PT} = \frac{t_{PTP} + 1}{T_{ITP}} = \frac{T_a p + 1}{2T_{ЧП1} k_{ЧП1} k_Y k_{ДТР}}, \quad (4.17)$$

где $T_a = La/Ra = 0,021/0,05 = 0,42$ – постоянная времени якорной цепи;

$$L_Y = \gamma \frac{U_H}{P_n \cdot \omega_H \cdot I_H} = 0,25 \frac{380}{3 \cdot 149,15 \cdot 10} = 0,021, \quad (4.18)$$

где P_n - число пар полюсов;

ω_H - номинальная угловая скорость двигателя.

$$k_Y = \frac{1}{R_a} = \frac{1}{0,05} = 20 \quad (4.19)$$

$k_{ЧП1} = U_{яном}/U_{зтя}^{max} = 380/10 = 38$ – коэффициент усиления частотного преобразователя цепи якоря;

$T_{ЧП1} = 0,001$ – постоянная времени частотного преобразователя;

$k_{ДТР} = U_z/I_{дв}^{доп} = 102 \cdot 10 = 0,5$ – коэффициент усиления датчика тока.

Подставляя коэффициенты в формулу, получаем передаточную функцию регулятора тока якоря:

$$W_{PT} = \frac{0,42p + 1}{2 \cdot 0,001 \cdot 38 \cdot 0,5 \cdot 20p} = \frac{0,42p + 1}{0,76p} \quad (4.20)$$

Определение передаточной функции регулятора скорости

Контур регулирования скорости двигателя является внешним по отношению к контуру регулирования тока. Для его расчета внутренний контур регулирования тока заменяется эквивалентной передаточной функцией вида:

$$W_{KT} = \frac{1}{k_{дт} \cdot 2T_{чп1} + 1} \quad (4.21)$$

В контуре регулирования скорости имеется одна крупная постоянная времени – механическая постоянная времени привода ТМ. Контур регулирования тока настраивается по условиям технического оптимума. При этом передаточная функция ПИ-регулятора тока имеет вид:

$$W_{РС} = \frac{t_{РС}p + 1}{T_{иср}} = \frac{8T_{чп1}p + 1}{\frac{32T_{чп1}^2}{T_M} \cdot \frac{k_D k_{дс}}{k_{дт} k_Y}} \quad (4.22)$$

где:

$$k_D = \frac{V_{хх}}{U_H} = \frac{157}{380} = 0,41; \quad (4.23)$$

механическая постоянная времени:

$$T_M = J_{\Sigma} \frac{k_D^2}{k_Y} = 0,06 \frac{0,41^2}{20} = 0,0005 \quad (4.24)$$

коэффициент усиления датчика скорости:

$$k_{дс} = \frac{U_{уп}^{max}}{\omega_{max}} = \frac{10}{149,15} = 0,067 \quad (4.25)$$

Окончательно, передаточная функция для регулятора скорости примет вид:

$$W_{РС} = \frac{8 \cdot 0,001p + 1}{\frac{32 \cdot 0,001^2}{0,0005} \cdot \frac{0,41 \cdot 0,067}{0,5 \cdot 20} p} = \frac{0,008p + 1}{0,00018p} \quad (4.26)$$

Модель представлена на рисунке 19. В блоке Signal Builder задаем следующую тахограмму движения лифта (рисунок 18):

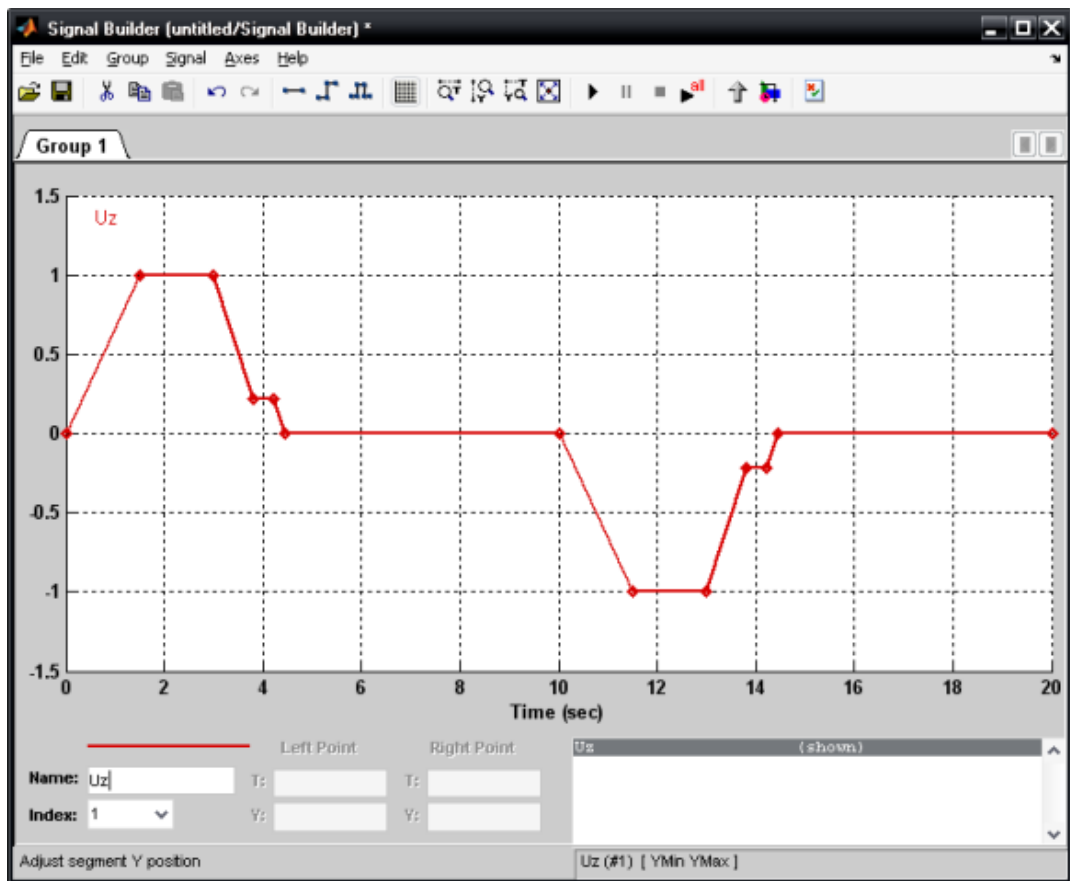


Рисунок 18 – Тахограмма движения лифта

Графики переходных процессов представлены на рисунке 20.

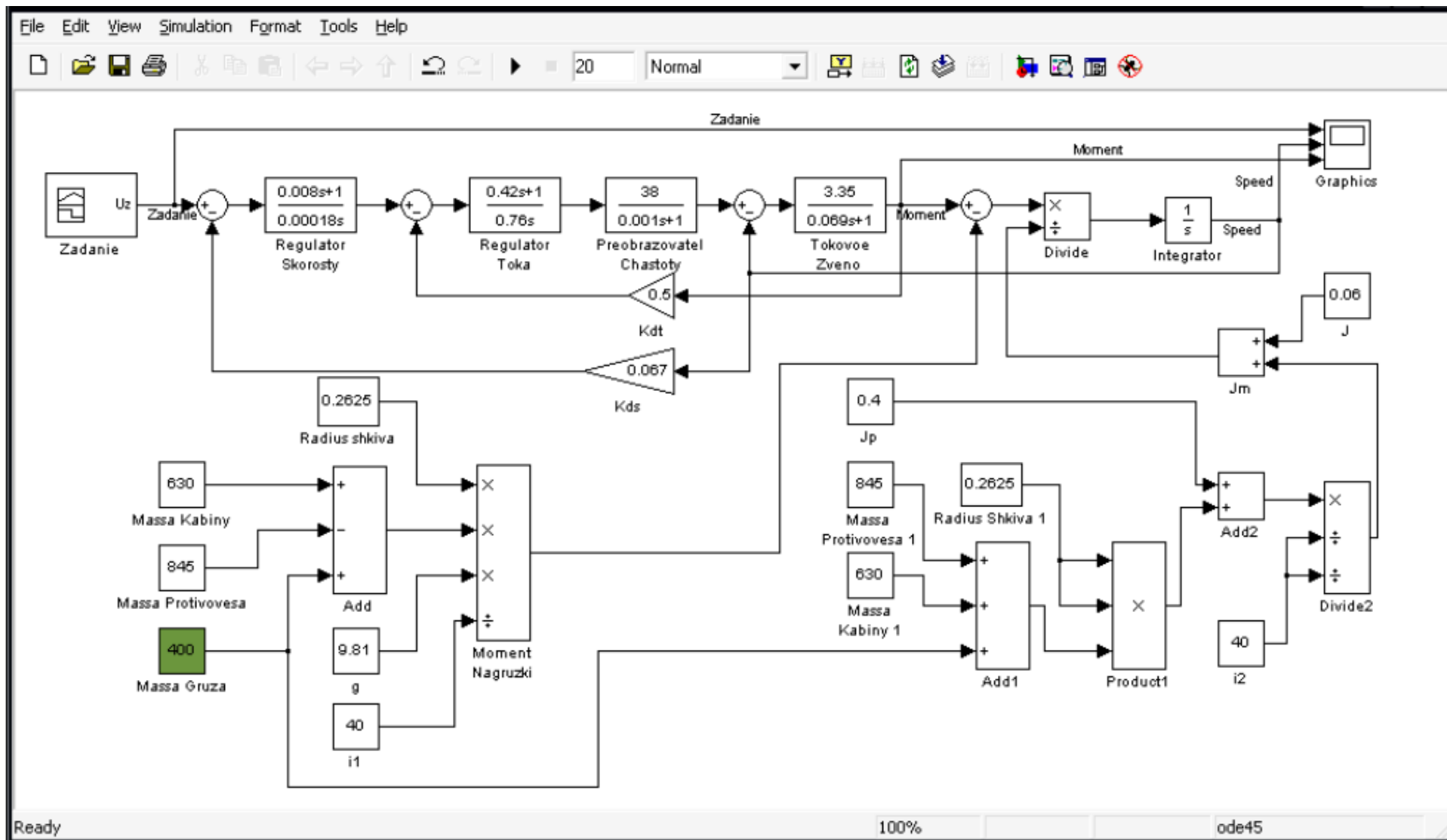


Рисунок 19 – Модель регулируемого электропривода лифта

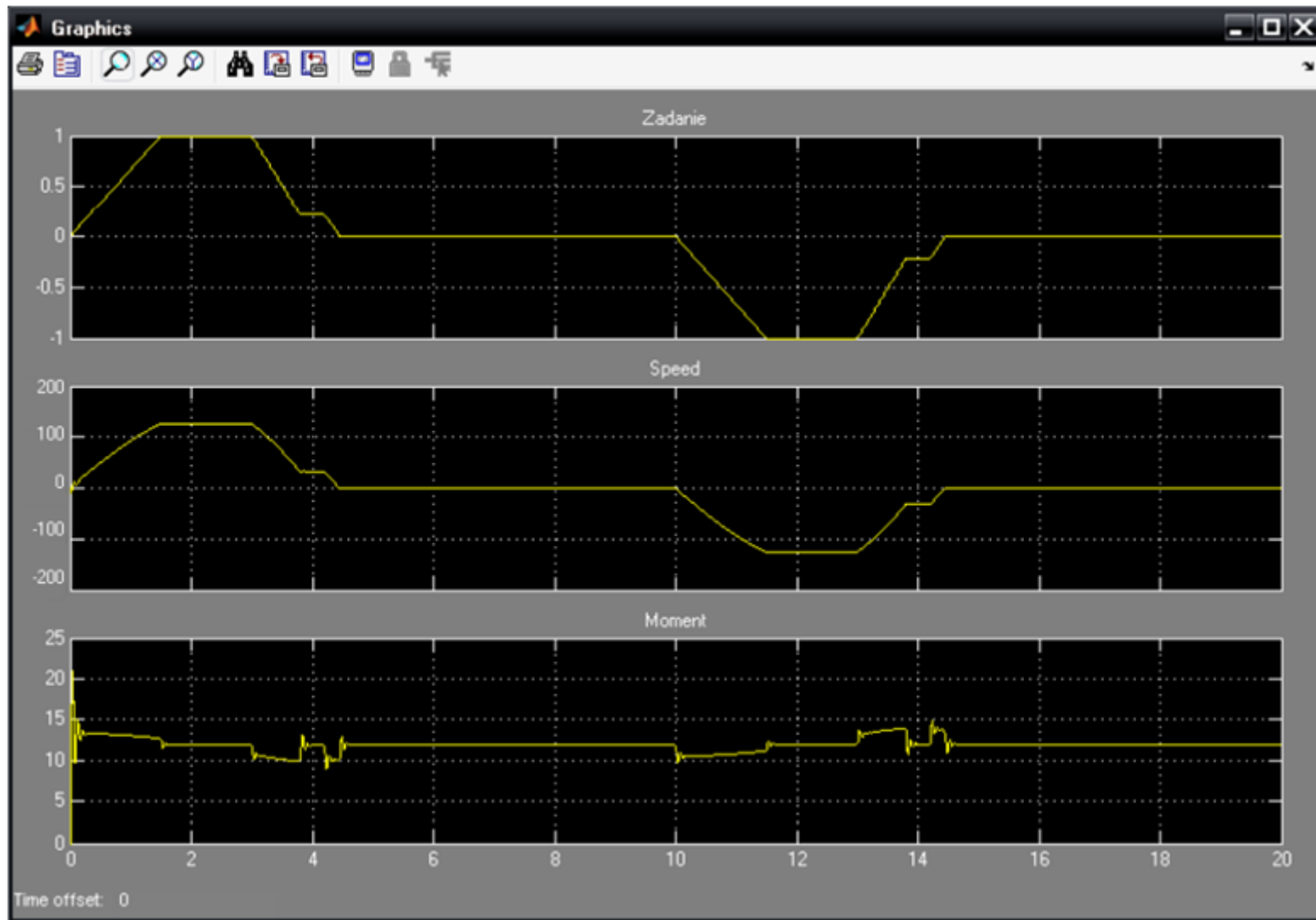


Рисунок 20 – Графики переходных процессов лифта с ПЧ-АД

4.3 Сравнение результатов моделирования

На рисунке 21 приведены графики переходных процессов изменения угловой скорости двигателей. На рисунке 22 приведены графики переходных процессов изменения электромагнитного момента двигателей. На графиках представлен процесс движения лифта вверх.

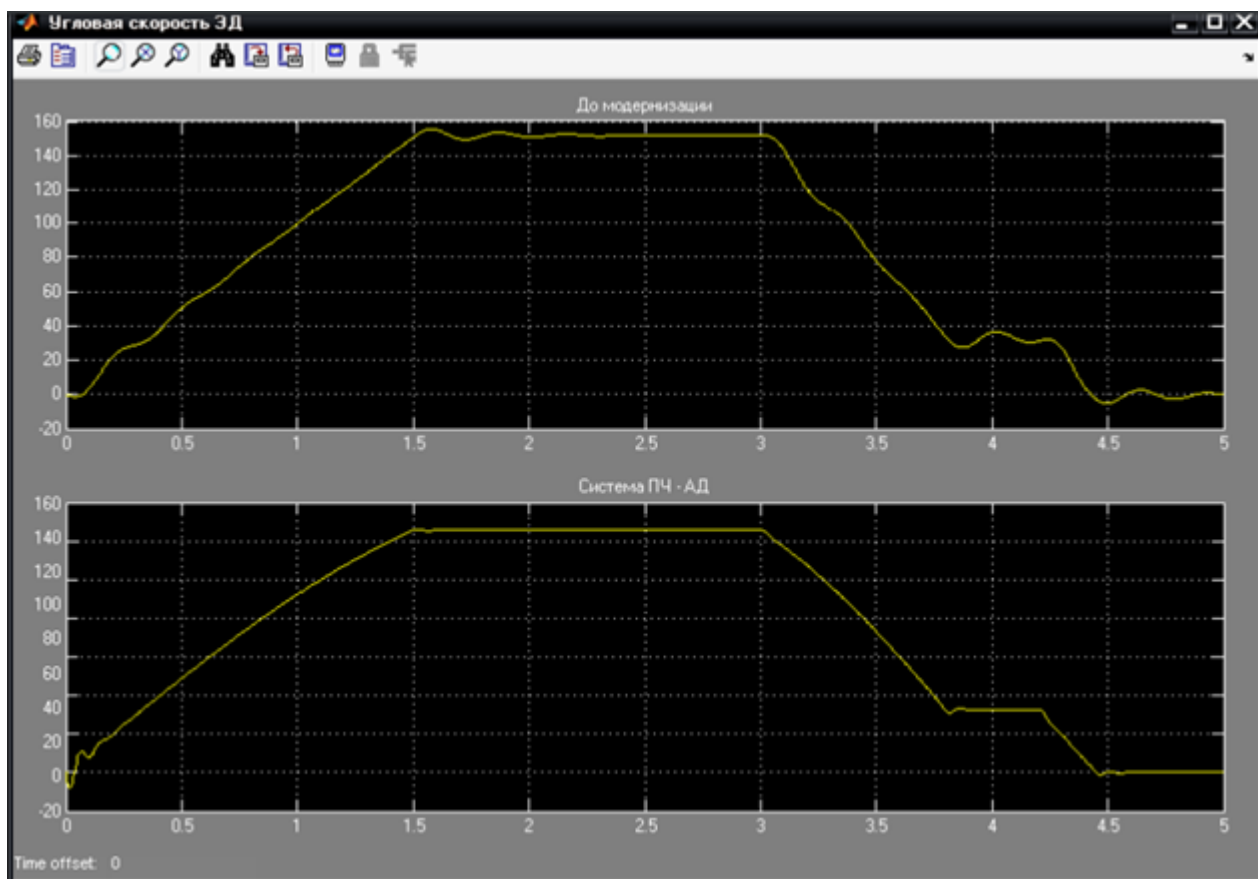


Рисунок 21 – Сравнительные графики изменения угловой скорости ЭД

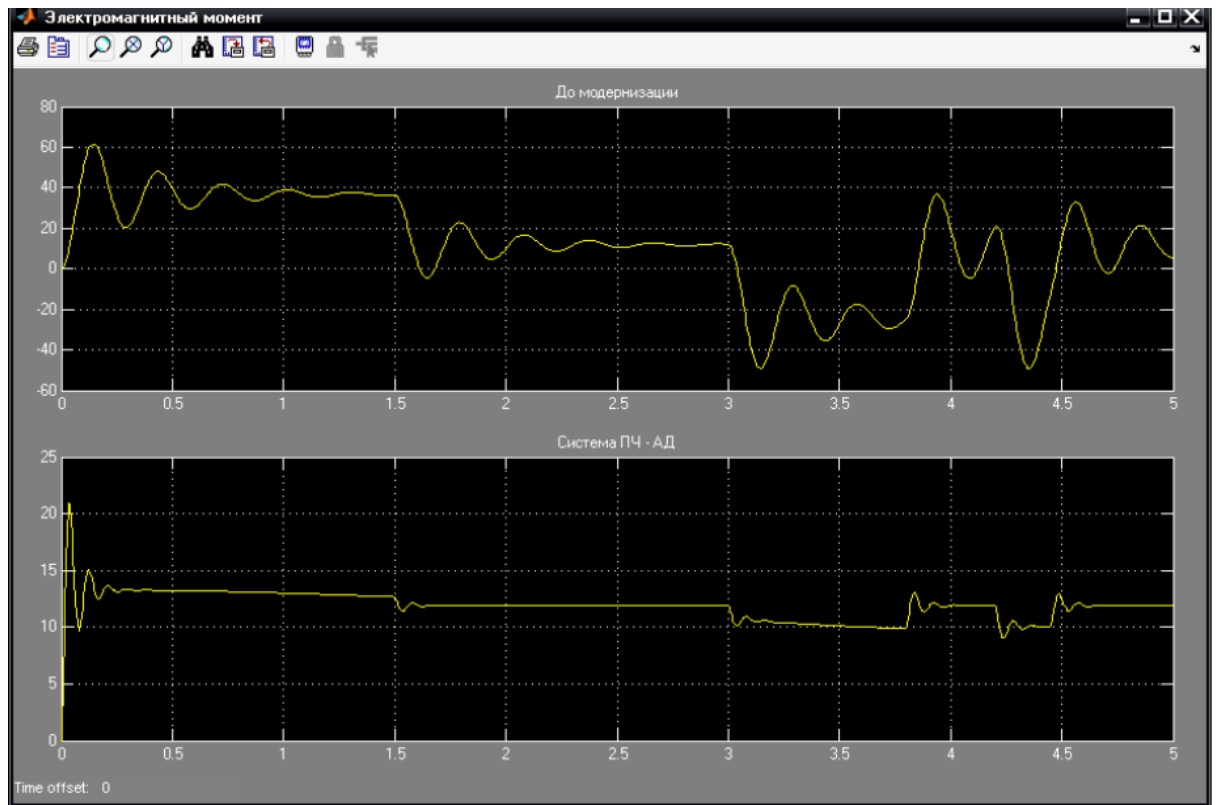


Рисунок 22 – Сравнительные графики изменения электромагнитного момента
ЭД

5 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Введение

Целью настоящего раздела является разработка проектных решений исключающих несчастные случаи и профессиональные заболевания в производстве, снижение вредных воздействий на окружающую среду, поиск путей экономного расхода электроэнергии, обеспечение безопасности в чрезвычайных ситуациях.

5.1 Анализ опасных и вредных факторов

При эксплуатации лифтов необходимо учитывать наличие и возможность воздействия следующих вредных факторов [14]:

- пониженной температуры воздуха в производственных помещениях и сооружениях;
- повышенной влажности воздуха;
- повышенного уровня шума и вибраций (в машинном помещении и сооружениях, где установлено технологическое оборудование);
- недостаточной освещенности рабочей зоны;
- повышенной запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны и производственных помещений;

Не допускается применение в организациях вредных веществ, материалов, продукции, товаров, а также оказание услуг, для которых не разработаны методики и средства метрологического контроля, токсикологическая (санитарно-гигиеническая, медико-биологическая) оценка которых не проводилась.

5.2 Анализ опасных факторов

Опасными производственными факторами при эксплуатации лифтов являются [15]:

- движущиеся элементы оборудования (двери шахты и кабины лифта, тросы, канатоведущие шкивы, лебедки и другие механизмы);
- возникновение пожара;
- поражение электрическим током;

5.3 Производственная санитария

Микроклимат

Нормы производственного микроклимата установлены в СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» и ССБТ ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [16].

В этих нормах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха в зависимости от способности организма человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производимой работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

В рабочей зоне производственного помещения согласно ГОСТ 12.1.005-88 [16] могут быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия.

Оптимальные условия микроклимата

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают

предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно - эмоциональным напряжением (в кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.).

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 1, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2° С и выходить за пределы величин, указанных в таблице 1 для отдельных категорий работ.

Работа лифтера относится к категории IIa работы с интенсивностью энерготрат 151 - 200 ккал/ч (175 - 232 Вт), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	III (более 290)	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

Шум и вибрация

Требования к шумовым характеристикам машин.

В стандартах и (или) технических условиях на машины должны быть установлены предельные значения шумовых характеристик этих машин [17].

Значения предельно допустимых шумовых характеристик машин следует устанавливать исходя из требований обеспечения на рабочих местах допустимых уровней шума в соответствии с основным назначением машины и требованиями разд. 2 настоящего стандарта. Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик стационарных машин — по ГОСТ 12.1.023 [17].

В настоящее время доказано, что шум – это общебиологический раздражитель, то есть он оказывает воздействие не только на орган слуха, но и на весь организм в целом. В первую очередь влияние шума сказывается на структурах головного мозга, что вызывает неблагоприятные изменения в

функциях различных органов и систем. У работников, работающих на шумном производствах, в первые годы проявляются неспецифические симптомы, характеризующие реакцию центральной нервной системы на действие шума: они жалуются на головную боль, повышенную утомляемость, шум в ушах и т.д. Субъективное ощущение снижения слуха обычно возникает значительно позже.

Для защиты от шумового воздействия принимают комплексные технические меры по снижению шума на производстве: установка звукоизолирующих кожухов станков, звукопоглощение, индивидуальные средства защиты (беруши, наушники).

Требования к вибрационным характеристикам машин

Основными характеристиками вибрации являются: частота колебаний (число колебаний в секунду), колебательная скорость, или виброскорость (за пороговое ее значение принята $=5 \cdot 10^{-6}$ см/с), колебательное ускорение, или виброускорение (производная величина), и спектр частот вибраций [18].

Работающие с вибрирующим ручным инструментом подвергаются не только вибрации, но и высокочастотному шуму.

При гигиенической оценке влияния вибрации на организм работающих учитывают средние квадратичные значения виброускорений (м/с^2) или средние квадратичные значения виброскорости (м/с), а иногда их логарифмические уровни (дБ) в октавных полосах частот. Нормы вибрации, установленные ГОСТ 12.1.012—78 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности» [18], приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Допустимые значения вибрации на рабочем месте

Вид вибрации	Средние квадратичные значения виброскорости, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$, не более (числитель), и ее логарифмические уровни, дБ (знаменатель), в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц.											
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000	2080
Общая вибрация на постоянных рабочих местах в производственных помещениях	–	1,2/ 108	0,45/ 99	0,22/ 93	0,2/ 92	0,2/ 92	0,2/ 92	–	–	–	–	
Локальная вибрация	–	–	–	5,0/ 20	5,0/ 120	3,5/ 117	2,5/ 114	1,8/ 111	1,3/ 108	0,9/ 105	0,65/ 102	0,45/ 99

Влияние вибрации на человека зависит от частоты колебаний. Превышение допустимых норм и постоянное воздействие колебаний высокой частоты (свыше 35 Гц) могут привести к возникновению у работающих вибрационной болезни.

Для вибрационной болезни характерны неприятные ощущения в области кистей рук (ночные боли, потеря чувствительности, ощущение ползания мурашек). Отмечается пощипывание пальцев при соприкосновении их с холодной водой. В последующем развивается мышечная слабость, боли распространяются по всей руке. Для тяжелой стадии вибрационной болезни характерны изменения в костях, суставах, тканях, нарушение деятельности нервной системы (появляются головные боли, головокружение, раздражительность, ухудшается внимание память, сон). Кроме того, отмечается повышение кровяного давления, нарушение деятельности желудочно-кишечного тракта.

К основным методам борьбы с вибрацией можно отнести:

- звукопоглощение и виброизоляция;

- уменьшение шума и вибрации в источнике их возникновения: совершенствование конструкции (расчёт фундамента, системы амортизаторов или виброизоляторов);
- рациональное размещение работающего оборудования и цехов;
- установка глушителей шума и вибрации, экранов, виброизоляторов;
- вынесение шумящих агрегатов и устройств от мест работы и проживания людей, зонирование.

Освещение

Шахта лифта должна быть оборудована стационарным электрическим освещением, обеспечивающим освещенность не менее 50 лк при закрытых дверях шахты [15].

Крайние аппараты освещения устанавливается на расстоянии не более чем 0,5 м от самой верхней и самой нижней точек шахты.

Остекленную, огражденную сеткой или частично огражденную шахту допускается не оборудовать стационарной электрической осветительной аппаратурой, если наружное освещение обеспечивает требуемую освещенность внутри шахты.

Этажные площадки должны быть оборудованы стационарным электрическим освещением, обеспечивающим освещенность не менее 50 лк на уровне пола.

Проход к помещению, в котором размещено оборудование лифта, должен быть оборудован стационарным электрическим освещением, обеспечивающим освещенность не менее 50 лк на уровне пола.

Машинное помещение должно быть оборудовано стационарным электрическим освещением, обеспечивающим освещенность не менее 200 лк на уровне пола.

Блочное помещение должно быть оборудовано стационарной осветительной аппаратурой, обеспечивающей освещенность блока (блоков) не менее 100 лк.

Зоны размещения оборудования и его технического обслуживания должны быть оборудованы стационарной осветительной аппаратурой, обеспечивающей освещенность оборудования не менее 200 лк.

Шкаф по п.4.4.11, в котором размещено оборудование лифта, должен иметь стационарную осветительную аппаратуру, обеспечивающую освещенность оборудования не менее 200 лк.

Устройства управления по п.4.4.6 должны освещаться стационарной осветительной аппаратурой, обеспечивающей освещенность панели не менее 100 лк.

Кабина должна быть оборудована стационарным электрическим освещением, обеспечивающим уровень освещенности не менее 50 лк на аппаратах управления и на уровне пола.

Рабочее освещение кабины должно осуществляться не менее чем двумя параллельно включенными лампами.

Должен быть предусмотрен аварийный источник питания освещения кабины с автоматической подзарядкой, способный запитывать как минимум одну лампу мощностью 1 Вт в течение одного часа в случае прекращения питания рабочего освещения. При отказе питания рабочего освещения аварийное освещение кабины должно включаться автоматически.

Устройства стационарного электрического освещения кабины должны устанавливаться таким образом, чтобы исключить их повреждение при погрузке или разгрузке кабины.

5.4 Защита окружающей среды

Работа в помещении сопряжена с образованием и выделением газообразных, жидких и твердых отходов.

Газообразные отходы, загрязняющие воздух помещения: естественные выделения - углекислый газ, пары воды, летучие органические соединения - ЛОС (альдегиды, кетоны), азотистые соединения и др. органов

дыхания человека; бытовая пыль; ЛОС, выделяющиеся в процессе эксплуатации отделочных материалов, лакокрасочных покрытий мебели и др. Перед выбросом воздух помещений подвергается обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, что предотвращает атмосферу от загрязнения.

Жидкие отходы – бытовые отходы, образующиеся в процессах влажной уборки помещений, при пользовании водопроводом, туалетом и т.п., сбрасываются в городскую канализацию и далее поступают в системы централизованной очистки на городских очистных сооружениях.

При обращении с твердыми отходами: бытовой мусор (отходы бумаги, отработанные специальные ткани для протирки офисного оборудования и экранов мониторов, пищевые отходы); отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства – надлежит руководствоваться Постановлением Администрации г. Томска от 11.11.2009 г. №1110 (с изменениями от 24.12.2014) [19]: бытовой мусор после предварительной сортировки складировать в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку); утратившее потребительские свойства офисное оборудование передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах.

Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681 [20]. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Ртуть люминесцентных ламп способна к активной воздушной и водной миграции. Интоксикация возможна только в случае разгерметизации колбы, поэтому основным требованием экологической безопасности является сохранность

целостности отработанных ртутьсодержащих ламп. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки. В случае боя ртутьсодержащих ламп осколки собирают щеткой или скребком в герметичный металлический контейнер с плотно закрывающейся крышкой, заполненный раствором марганцевокислого калия. Поверхности, загрязненные боем лампы, необходимо обработать раствором марганцевокислого калия и смыть водой. Контейнер и его внутренняя поверхность должны быть изготовлены из неадсорбирующего ртуть материала (винипласта).

К сфере защиты ОС и рационального использования природных ресурсов относится и экономия ресурсов, в частности, энергетических. Реальным вкладом здесь может стать экономия электрической и тепловой энергии на территории предприятия. Во-первых, это улучшает экономические показатели деятельности предприятия (уменьшение расходов на электротепловую энергию). Во-вторых, экономия энергии означает уменьшение газа, мазута, угля, сжигаемого в топках котлов ТЭС и электроустановок (котельных) промпредприятий города Томска и области и одновременное уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Несмотря на кажущуюся малость вклада в энергосбережение и в защиту атмосферного воздуха от загрязнения массовое движение в этом направлении, в том числе, в быту, принесет значимый эффект.

5.5 Предотвращение чрезвычайных ситуаций и устранение их последствий

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации при обслуживании лифта: возникновение пожара (загорания) и электропоражение.

Пожар

Основными причинами пожара могут быть: перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования.

Обеспечение пожарной безопасности лифтовых установок [21]:

Стены, потолок и пол кабины, а также двери кабины выполняются из негорючих или трудногорючих материалов по ГОСТ 12.1.044 или материалов группы горючести не ниже Г 1 по ГОСТ 30244.

При наличии облицовочного слоя на стенах, потолке и дверях кабины показатели его пожарной опасности принимаются не ниже:

- группа горючести Г2 по ГОСТ 30244
- группа воспламеняемости В2 по ГОСТ 30402
- группа дымообразующей способности Д2 по ГОСТ 12.1.044
- группа токсичности продуктов горения Т2 по ГОСТ 12.1.044
- Пожарно-технические характеристики материалов покрытия пола

кабины допускаются не ниже:

- группа распространения пламени по поверхности РП2 по ГОСТ Р 51032
- группа дымообразующей способности Д2 по ГОСТ 12.1.044
- группа токсичности при горении Т2 по ГОСТ 12.1.044

В зданиях, оборудованных системами контроля и управления доступом населения и посетителей, показатели пожарной опасности облицовочного слоя толщиной 1,0 мм и менее не нормируются.

Плафоны устройств стационарного электрического освещения кабины лифта выполняются из материалов групп воспламеняемости не ниже В2 по ГОСТ 30402,

Ограждающие конструкции и заполнения дверных проемов шахт и лифтовых холлов должны отвечать требованиям СНиП 21-01, СНиП 2.08.01, СНиП 2.08.02, НПБ 250 и других документов Системы нормативных

документов в строительстве на проектирование зданий и сооружений различного назначения по СНиП 10-01 [21].

Согласно [15] пожарная профилактика обеспечивается: системой предотвращения пожара, системой противопожарной защиты; организационно-техническими мероприятиями. К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения возможных источников загорания (защитного зануления), применение искробезопасного оборудования, устройства молниезащиты здания, выполнения правил (инструкций) по пожарной безопасности.

К мерам противопожарной защиты относятся: применение пожарных извещателей, средств коллективной и индивидуальной защиты от факторов пожара, системы автоматической пожарной сигнализации, порошковых или углекислотных огнетушителей, два ящика с песком 0,5 м³. [15]

Организационно-технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности, разработка схемы действия администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей, организация внештатной пожарной дружины.

При обнаружении загорания работающий немедленно сообщает по телефону 01 в пожарную охрану, сообщает руководителю, приступают к эвакуации людей и материальных ценностей. Тушение пожара организуется первичными средствами с момента обнаружения пожара. Пострадавшим при пожаре обеспечивается скорая медицинская помощь.

Первичные средства пожаротушения:

- ручные и передвижные огнетушители;
- вода;
- песок;
- войлок, асбестовое полотно.

При определении видов и количества первичных средств пожаротушения следует учитывать физико - химические и пожароопасные

свойства горючих веществ, их отношение к огнетушащим веществам, а также площадь производственных помещений, открытых площадок и установок [22].

Огнетушители

Выбор типа и расчет необходимого количества огнетушителей производится в зависимости от огнетушащей способности огнетушителей, предельной площади, а также класса пожара горючих веществ и материалов в общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух ручных огнетушителей. Помещения категории Д могут не оснащаться огнетушителями, если их площадь не превышает 100 кв. м.

Расстояние от возможного очага пожара до места размещения огнетушителя не должно превышать:

- 20 м для общественных зданий и сооружений;
- 30 м для помещений категории А, Б и В;
- 40 м для помещений категорий В и Г;
- 70 м для помещений категории Д.

Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений не высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Стационарными установками пожаротушения оснащаются здания, сооружения, отдельное технологическое оборудование. Стационарные установки должны иметь автоматическое местное или дистанционное включение и одновременно выполняют функции автоматической пожарной сигнализации.

Вода

Вода пригодна для тушения большинства легковоспламеняющихся и горючих веществ.

Воду нельзя применять для тушения ряда органических жидкостей и химических соединений, а также для подавления очага пожара на электроустановках, находящихся под напряжением.

В соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.009-83 бочки для хранения воды должны иметь объем не менее 0,2 куб. м и комплектоваться ведрами. Ящики для песка должны иметь объем 0.5, 1.0 и 3.0 куб. м и комплектоваться совковой лопатой.

Песок

Емкости для песка, входящие в конструкцию пожарного стенда, должны быть вместимостью не менее 0,1 куб. м. Конструкция ящика должна обеспечивать удобство извлечения песка и исключать попадание осадков.

Асбестовое полотно

Асбестовые полотна, грубошерстные ткани и войлок размером не менее 1 x 1 м предназначены для тушения небольших очагов пожаров при воспламенении веществ, горение которых не может происходить без доступа воздуха. В местах применения и хранения ЛВЖ и ГЖ размеры полотен могут быть увеличены.

Асбестовое полотно, войлок рекомендуется хранить в металлических футлярах с крышками, периодически (не реже одного раза в три месяца) просушивать и очищать от пыли.

Для размещения первичных средств пожаротушения в производственных и складских помещениях, а также на территории объектов должны оборудоваться щиты (пункты).

5.6 План эвакуации

Создание планов эвакуации регламентируется ГОСТ Р 12.2.143-2009 (с изменениями №1 от 2012 года) [23].

Планы эвакуации представляют собой схемы, на которые нанесены контуры помещений, коридоров, лестничных маршей в зданиях и

сооружениях, где могут находиться и работать люди. На этих схемах условными обозначениями (элементами) указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, места расположения противопожарного оборудования, аварийных телефонов связи, средств первой медицинской помощи и дополнительных средств спасения (например, противогазы и т. д.). На планах эвакуации расшифровываются все условные обозначения, примененные на них, а также установленные правила поведения людей, порядок и последовательность их действий в условиях чрезвычайной (аварийной) ситуации.

5.7 Электропоражение

Современная система электробезопасности обеспечивает защиту от поражения в двух наиболее вероятных и опасных случаях:

- при прямом прикосновении к токоведущим частям электрооборудования;
- при косвенном прикосновении.

Под косвенным прикосновением понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме (исправном состоянии) электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям, согласно [25] п.412. служат изоляция токоведущих частей, применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения применяются: УЗО и защитное зануление [27] п.413.

Даже если при электропоражении работающий внешне сохранил формат нормального самочувствия, он должен быть осмотрен врачом с заключением о состоянии здоровья, т.е. пострадавшему должна быть обеспечена скорая медицинская помощь. Предварительно пострадавший должен быть освобожден от действия электрического тока. Если при этом отключить напряжение быстро невозможно, освобождение от электричества пострадавшего необходимо производить, изолировав себя диэлектрическими перчатками или галошами. При необходимости перерезать провода (каждый в отдельности) инструментом с изолированными ручками. Если есть необходимость (при потере сознания, остановке сердца и т.п.) оказания первой помощи, то до прибытия медработника необходимо начать делать: наружный массаж сердца, искусственное дыхание.

Для предотвращения от поражения электрическим током при прикосновении к корпусам электроустановок, находящихся под напряжением при пробое изоляции или в других случаях, необходимо рассчитать и установить защитное заземление.

Данные для расчёта заземления:

1. Заземление необходимо выполнить для установки, работающей под напряжением 380 В.

2. Для заземления используем трубы диаметром 4 мм и длиной 2,5 м и сталь полосовую 18х4 мм.

3. Заземлители расположены в ряд.

4. Характер грунта в месте установки заземления — глина. Заземлители установлены на глубину (от верхнего конца трубы) 17 см, а расстояние между трубами принимаем равной трём длинам заземлителей, т.е. $a=2$ м.

Верхние концы соединены с помощью полосовой стали. Определим, что для данного случая по нормам допускается сопротивление не более 4 Ом. Удельное сопротивление глины составляет $\rho_T = 0,6 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

Учитывая применение грунта зимой и просыхания его летом, определяем расчётные значения $\rho_{\text{э}}$ и $\rho_{\text{п}}$ при использовании трубчатых заземлителей соединительной полосы и соединительной полосы:

$$\rho_{\text{э}} = \rho_{\text{T}} \cdot \kappa_{\text{э}} = 0,6 \cdot 10^4 \cdot 1,9 = 1,14 \cdot 10^4 \text{ (Ом} \cdot \text{см)},$$

где $\kappa_{\text{э}} = 1,9$ - коэффициент для вертикальных электродов;

$$\rho_{\text{п}} = \rho_{\text{T}} \cdot \kappa_{\text{п}} = 0,6 \cdot 10^4 \cdot 5 = 3 \cdot 10^4 \text{ (Ом} \cdot \text{см)},$$

где $\kappa_{\text{п}} = 5$ - коэффициент для горизонтальных электродов.

Определим величину сопротивлений одной забитой в землю трубы по выражению:

$$R_{\text{э}} = \frac{\rho_{\text{э}}}{2 \cdot \pi \cdot l_m} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_m}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot h_m + l_m}{4 \cdot h_m \cdot l_m} \right), \quad (5.1)$$

где h_m - глубина заземления, $h_m = 750$ см;

l_m - длина заземления, $l_m = 250$ см;

d - диаметр заземления, $d = 0,4$ см.

$$R_{\text{э}} = \frac{1,14 \cdot 10^4}{6,28 \cdot 250} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 250}{0,4} + 0,5 \cdot \ln \frac{750 + 250}{750 \cdot 250} \right) = 54,4 \text{ Ом.}$$

Определим число заземлителей:

$$n = \frac{R_{\text{э}}}{z} = \frac{54,4}{6} = 9 \text{ шт} \quad (5.2)$$

Учитывая, что трубы соединены заземлительной полосой, которая выполняет роль заземлителя, уменьшаем число труб до 6 штук. Определим длину соединительной полосы:

$$l_m = 1,05 \cdot a \cdot (n-1) = 1,05 \cdot 2 \cdot (6-1) = 10,5 \text{ м}, \quad (5.3)$$

где n - число заземлителей;

a - расстояние между заземлителями.

Размер резервуара 5x5 м, длина соединительной полосы вписывается в его размер.

Результирующее сопротивление (полосы и трубы) с учётом коэффициента использования труб $J_{\text{э}} = 0,85$ и полосы $J_{\text{п}} = 0,86$ определяется по формуле:

$$R_C = \frac{R_{\text{Э}} \cdot R_{\text{П}}}{R_{\text{Э}} \cdot J_{\text{П}} + R_{\text{П}} \cdot J_{\text{Э}} \cdot n} = \frac{54,4 \cdot 7,26}{54,4 \cdot 0,86 + 7,26 \cdot 0,85 \cdot 9} = 3,85 \text{ Ом.} \quad (5.4)$$

Данная величина удовлетворяет требованиям защитного заземления. Контроль заземления производится при приёме в эксплуатацию, а также периодически, в сроки, установленные правилами, при переконпоновке оборудования и ремонте заземлителей.

Схема расположения устройства защитного заземления по отношению к резервуару показана на рисунке 22.

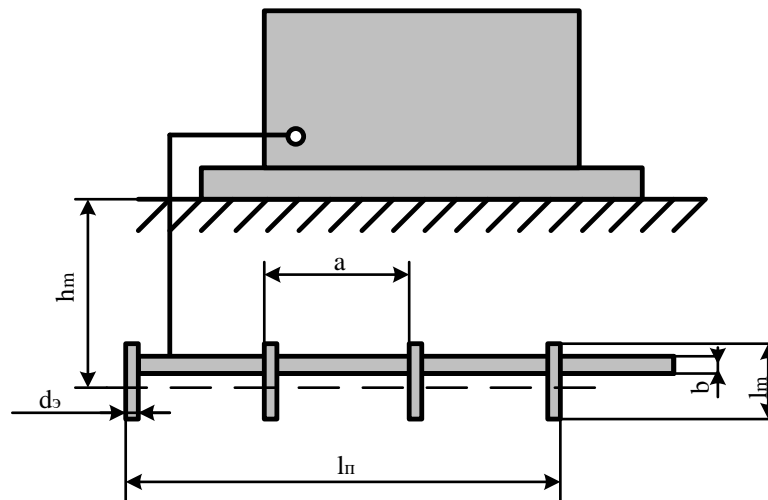


Рисунок 22 – Схема защитного заземления

В данном случае выполняем выносное заземление. Заземлители располагаются на некотором удалении от резервуара. Поэтому заземление корпуса находится вне поля растекания и человек, касаясь корпуса, оказывается под полным напряжением относительно земли. Выносное заземление защищает за счёт малого сопротивления заземлителей.

5.8 Социальные гарантии для работника

Социальные гарантии - это социально-экономические нормативы, гарантирующие населению признанный обществом уровень потребления, то есть обеспечивающие минимальный стандарт уровня жизни в соответствии с возможностями экономики [24].

Система социальных гарантий должна удовлетворять следующим требованиям:

- необходимый и достаточный объем;
- обеспеченность финансовыми и материальными ресурсами;
- адресность;
- учет территориальных особенностей;
- механизм доведения до получателя.

Социальные гарантии могут быть общенациональными, региональными, отраслевыми, а источниками их финансирования — федеральный бюджет, бюджетная система субъекта Российской Федерации и внебюджетные фонды. Социальные гарантии обеспечиваются гражданам страны в соответствии с Конституцией.

В отношении трудоспособного населения социальные гарантии должны обеспечивать условия трудовой и деловой активности, защиту прав и свобод наемного работника, нанимателя.

Для основной части населения наемный труд является главным источником средств существования, поэтому система социальной защиты трудоспособного населения должна обеспечивать гарантии в сфере занятости и оплаты труда. Для этого государством устанавливается минимальная оплата труда. В большинстве стран устанавливается минимальная часовая зарплата.

Социальные гарантии в отношении нетрудоспособного населения должны создавать условия для его потребления, учитывая особенности каждой группы.

Поступления из системы социальной защиты делят на три группы:

- денежные выплаты (пенсии, пособия);
 - льготы, проявляющиеся в праве на снижение налогов, получение трансфертов в натуральной форме;
 - социальные услуги, потребляемые бесплатно или по ценам, не имеющим экономического значения.
- Социальные гарантии выполняют различные функции:
- алиментарно-компенсационную, которая обеспечивает поддержание потребления на определенном уровне;
 - защитную, которая обеспечивает сохранение условий труда и проживания;
 - стимулирующую, которая стимулирует получателя на рост трудовой и деловой активности.

6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Лифтовое хозяйство – это отрасль с повышенной энергоемкостью, поскольку ежегодный расход электроэнергии при эксплуатации лифтового оборудования составляет около одного миллиарда киловатт-часов. В связи с этим, внедрение новейших энергосберегающих технологий при модернизации лифтового оборудования становится крайне актуальной задачей[15].

Целью данного раздела является обоснование целесообразного использования технического проекта, выполняемого в рамках магистерской диссертации, при этом рассматриваются планово-временные и материальные показатели процесса проектирования.

6.1 Планирование научно-исследовательской работы

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники, преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и произведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№ раб.	Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя	Продолжительность, дней
1	Разработка и выдача технического задания	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, инженер	2
2	Выбор направления технического проектирования лифта	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11
3	Расчеты и проектирование системы электроснабжения пассажирского лифта	Проектирование системы электроснабжения лифтовой лебедки и шахты	Инженер	12
4		Проектирование системы электроснабжения кабины лифта	Инженер	12
5		Проведение графических построений и обоснований	Инженер	12
6	Обобщение и оценка результатов	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, инженер	2
7	Оформление отчета по техническому проектированию	Составление пояснительной записки	Инженер	12
8		Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Научный руководитель, инженер	2
ИТОГО			Научный руководитель	6
			Инженер	65

Продолжительность выполнения проекта составит 65 рабочих день.

Из них:

- 6 дней – продолжительность выполнения работ руководителем;
- 65 день – продолжительность выполнения работ инженером.

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения технических работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [25].

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки магистерской диссертации. На основе таблицы 13 строим диаграмму Ганта (таблица 10).

Таблица 10 – Диаграмма Ганта

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _{к_п} , кол.дн	Продолжительность выполнения работ															
				Фев.			Март			Апр.			Май			Июнь			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2			
1	Составление ТЗ	Руководитель	2	■															
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11		■	■	■												
3	Проектирование системы электроснабжения лифтовой лебедки и шахты	Инженер	12			■	■	■	■										
4	Проектирование системы электроснабжения кабины лифта	Инженер	12					■	■	■									
5	Проведение графических построений и обоснований	Инженер	12							■	■	■							
6	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер, Руководитель	2									■	■						
7	Составление пояснительной записки	Инженер	12										■	■	■	■			
8	Проверка ВКР	Руководитель	2															■	■

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает 6,5 декад, начиная со второй декады февраля, заканчивая третьей декадой мая. Учитывая вероятностный характер оценки трудоемкости, реальная продолжительность работ может быть как меньше (при благоприятном стечении обстоятельств), так и несколько превысить указанную продолжительность (при неблагоприятном стечении обстоятельств).

6.2 Смета затрат на проектирование

Смета затрат на проект ($K_{ТП}$) включает в себя материальные затраты, амортизацию, затраты на заработную плату, на социальные нужды, прочие и накладные затраты.

$$K_{ТП} = K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{с.о} + K_{пр} + K_{накл}, \quad (6.1)$$

где $K_{мат}$ – материальные затраты;

$K_{ам}$ – амортизация компьютерной техники;

$K_{з/пл}$ – затраты на заработную плату;

$K_{с.о.}$ – затраты на социальные нужды;

$K_{пр}$ – прочие затраты;

$K_{накл}$ – накладные затраты.

Материальные затраты

В данной работе материальные затраты принимаем в размере 1000 рублей на канцелярские товары.

Затраты на амортизацию

Так как для работы над магистерской диссертацией используется компьютерная техника, посчитаем ее амортизацию.

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.кт}}{T_{кал}} \cdot Ц_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}}, \quad (6.2)$$

где $T_{исп.кт}$ – время использования компьютерной техники (90 дней);

$T_{\text{кал}}$ – календарное время (365 дней);

$C_{\text{кт}}$ – цена компьютерной техники (25000 руб);

$T_{\text{сл}}$ – срок службы компьютерной техники (5 лет).

$$K_{\text{ам}} = \frac{90}{365} \cdot 25000 \cdot \frac{1}{5} = 1233 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату

Вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий выполняемой работы, а также компенсационные и стимулирующие выплаты, затраты на заработную плату (для инженера и НР).

$$K_{\text{з}} / \text{пл} = ЗП_{\text{инж}} + ЗП_{\text{нр}} \quad (6.3)$$

$$ЗП_{\text{мес}} = ЗП_{\text{о}} \cdot K1 \cdot K2, \quad (6.4)$$

где $K1$ – коэффициент, учитывающий отпуск ($1,1 = 10\%$);

$K2$ – районный коэффициент ($1,3 = 30\%$);

$ЗП_{\text{о}}$ – месячный отклад (для профессора 30000 р., для инженера 17000р.).

Для научного руководителя:

$$ЗП_{\text{мес}} = 30000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 42900 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$ЗП_{\text{мес}} = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{ор}} = \frac{ЗП_{\text{мес}}}{21} \cdot n, \quad (6.5)$$

где 21 – число рабочих дней в месяц;

n – фактическое число дней в проекте.

Для научного руководителя:

$$ЗП_{\text{ор}} = \frac{42900}{21} \cdot 6 = 12257 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$ЗПор = \frac{24310}{21} \cdot 65 = 75245 \text{ руб.}$$

$$Кз / нл = 12257 + 75245 = 87502 \text{ руб.}$$

Затраты на социальные нужды

Затраты организации по обязательным и добровольным взносам в органы государственного страхования, пенсионного фонда, фонда медицинского страхования от затрат на оплату труда работников, занятых в производстве продукции, работ, услуг в непромышленной сфере в соответствии с порядком, установленным законодательством.

Затраты на социальные нужды берем в размере 30% от $Кз/нл$.

$$Кс.о. = \frac{Кз / нл \cdot 30\%}{100\%} \quad (6.6)$$

$$Кс.о. = \frac{87502 \cdot 0,3}{1} = 26251 \text{ руб.}$$

Прочие затраты

Прочие затраты принимаются в размере 10% от ($Кмат + Кам + Кз/нл + Кс.о$)

$$Кпр = \frac{(Кмат + Кам + Кз / нл + Кс.о.) \cdot 10\%}{100\%} \quad (6.7)$$

$$Кпр = \frac{(1000 + 1233 + 87502 + 26251) \cdot 0,1}{1} = 11599 \text{ руб.}$$

Накладные затраты

Затраты, не связанные прямо с производством отдельного изделия или вида работы и относимые на весь выпуск продукции. К ним относятся: расходы на содержание, эксплуатацию и текущий ремонт зданий, сооружений и оборудования; отчисления на социальное страхование и другие обязательные платежи; содержание и заработную плату административно-управленческого персонала; расходы, связанные с потерями от брака и простоев и др.

Накладные расходы принимаются в размере 200% от $Kз/пл$.

$$K_{накл} = \frac{Kз / пл \cdot 200\%}{100\%} \quad (6.8)$$

$$K_{накл} = \frac{87502 \cdot 2}{1} = 175004 \text{ руб.}$$

Полученные результаты сведены в таблицу 11.

Таблица 11 – Смета затрат на проект

№	Элементы затрат	Стоимость, руб.
1	Материальные затраты	1000
2	Амортизация компьютерной техники	1233
3	Затраты на заработную плату	87502
4	Затраты на социальные нужды	26251
5	Прочие затраты	11599
6	Накладные расходы	175004
	Итого:	302589

Смета затрат на проект:

$$K_{III} = 1000 + 1233 + 87502 + 26251 + 11599 + 175004 = 302589 \text{ руб.}$$

6.3 Экономическая эффективность использования АД - ПЧ

В данном техническом проекте поставлена цель изучить и сравнить характер работы электропривода лифта с односкоростным асинхронным двигателем (АД) в связке с преобразователем частоты (ПЧ) и двухскоростного асинхронного двигателя без преобразователя частоты. На основании полученных данных доказать целесообразность использования преобразователя частоты в электроприводе пассажирского лифта.

В ходе работы над проектом был выполнен сравнительный анализ работы АД с преобразователем частоты и без него.

Выводы:

Применение частотно-регулируемого привода в лифтовом хозяйстве обеспечивает:

- повышение комфортных показателей при движении кабины лифта и долговечность механического оборудования за счет получения плавных переходных процессов;
- снижение эксплуатационных расходов на капитальный ремонт оборудования за счет значительного снижения динамических нагрузок в элементах кинематической цепи;
- снижение потребления электроэнергии благодаря значительному (в 5-6 раз) уменьшению вращающихся маховых масс лебедки, что исключает непроизводительные потери в переходных пуско-тормозных режимах, увеличивает срок службы редуктора главного привода, канатоведущего шкива, тормозных колодок, электродвигателя, тяговых канатов, элементов подвески противовеса за счет снижения динамических нагрузок в элементах кинематической цепи привода лифта, обусловленных плавностью переходных процессов.

Экономическая эффективность использования преобразователей частоты в лифтовом хозяйстве только за счет экономии электроэнергии приведена в таблице 12.

Таблица 12 – Экономическая эффективность использования АД - ПЧ

Параметр		Сутки	Год
Потребляемая электроэнергия, кВт/ч	Двухскоростной АД	11,9	4344
	АД - ПЧ	5,1	1862
Экономия электроэнергии, кВт/ч		<u>6,8</u>	<u>2482</u>

Таким образом, среднегодовая экономия электроэнергии на каждом лифте с частотно-регулируемым электроприводом составляет около 2500 кВт/ч.

Однотарифный тариф на электрическую энергию для населения, проживающего на территории Томской области с 1 июля 2016 года – 3,1руб/кВтч [26].

Таким образом экономия электрической энергии за год составляет:

$$\mathcal{E} = 2482 \cdot 3,1 = 7694,2 \text{ руб.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение частотно-регулируемого электропривода подъемного устройства (лебедки) лифта значительно повышает комфортность при движении кабины, обеспечивает бесшумность и высокую точность остановки, увеличивает долговечность механического оборудования, а также позволяет снизить расход электроэнергии на 40-60%.

Лифтовое хозяйство – это отрасль с повышенной энергоемкостью, поскольку ежегодный расход электроэнергии при эксплуатации лифтового оборудования составляет около одного миллиарда киловатт-часов. В связи с этим, внедрение новейших энергосберегающих технологий при модернизации лифтового оборудования становится крайне актуальной задачей.

Систематический анализ информации строительных, монтажных и проектных организаций

позволяет сделать вывод, что в качестве базисной программы по энергосбережению на лифтах необходимо рассматривать внедрение частотно-регулируемых электроприводов, главный элемент которых – частотный преобразователь. Плавная регулировка скорости вращения за счет применения частотного преобразователя позволяет: в большинстве случаев отказаться от использования редукторов, вариаторов, дросселей и другой регулирующей аппаратуры. Это значительно упрощает механическую систему, повышает ее надежность и снижает эксплуатационные расходы, обеспечивает работу механизмов большую часть времени на пониженных частотах вращения с уменьшением циклических динамических и вибрационных нагрузок на подшипники, уплотнения, крепления, фундаменты механизмов и электродвигателей и соответствующим увеличением их ресурса и межремонтного пробега. снизить нагрузку на двигатель и механизмы, увеличить срок их службы за счет плавного пуска двигателя, без пусковых токов и ударов.

Применение частотно-регулируемого привода в лифтовом хозяйстве обеспечивает:

- повышение комфортных показателей при движении кабины лифта и долговечность механического оборудования за счет получения плавных переходных процессов;
- снижение эксплуатационных расходов на капитальный ремонт оборудования за счет значительного снижения динамических нагрузок в элементах кинематической цепи;
- снижение потребления электроэнергии благодаря значительному (в 5-6 раз) уменьшению вращающихся маховых масс лебедки, что исключает непроизводительные потери в переходных пуско-тормозных режимах, увеличивает срок службы редуктора главного привода, канатоведущего шкива, тормозных колодок, электродвигателя, тяговых канатов, элементов подвески противовеса за счет снижения динамических нагрузок в элементах кинематической цепи привода лифта, обусловленных плавностью переходных процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. URL: <http://kmz-lift.ru/> (дата обращения: 20.05.2017)
2. Зимин Е.Н., Чувашов И.И. Электрооборудование промышленных предприятий (учебное пособие для ВУЗов в 2-частях). / Стройиздат, 1977 – 431с.
3. Вишеневский С.И. Характеристики двигателя в электроприводе (6-ое издание). / Энергия, 1977 – 431с.
4. Гольберг О.Д. Электромеханика. / Академия, 2007 – 503с.
5. Капунцов Ю.Д., Елисеев В.А. Электрооборудование и электропривод промышленных установок. / Высшая школа, 1979 – 259с.
6. URL: <http://www.elektro-portal.com/> (дата обращения: 20.05.2017)
7. URL: <http://www.deltronics.ru/> (дата обращения: 20.05.2017)
8. Чернышев А. Ю., Чернышев И. А. Расчет характеристики электроприводов переменного тока. Часть 1. Асинхронный двигатель. Учебное пособие / Томский политехнический университет. – Томск: Издательство ТПУ, 2005.–136 с.
9. Онищенко Г.Б. Электрический привод. / Москва, 2007 – 208с.
10. Электротехнический справочник: Использование электрической энергии / Под общ.ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. А.И. Попов). – 8-е изд., – / Издательство МЭИ, 2002. – 696 с.
11. Электротехнический справочник: В 4 т. Т.4.Использование электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. И.Н. Попов) – 8-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 696 с.
12. URL: <http://catalog.gaw.ru/> (дата обращения: 20.05.2017)
13. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч.8. Асинхронный частотно – регулируемый электропривод: учебное пособие / Л.С. Удут, О.П. Мальцева, Н.В. Кояин;

Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-то Томского политехнического университета, 2010. – 488 с.

14. ГОСТ 12.1.004-91, СС5Т “Пожарная безопасность. Общие требования”.

15. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов (утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 16 мая 2003 г. N 31). Настоящим Правилам присвоен шифр ПБ 10-558-03

16. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

17. ГОСТ 12.1.003-83 “Шум. Общие требования безопасности.”

а. осветительных устройств.”

18. ГОСТ 12.1.012-90 “Вибрационная безопасность. Общие требования.”

19. СП 9.13130.2009 “Техника Пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации.”

20. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681 “Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств.”

21. ГОСТ 30402-96 «Материалы строительные. Методы испытаний на воспламеняемость»

22. URL: <http://www.dvkuot.ru/> (дата обращения: 20.05.2017)

23. ГОСТ Р 12.2.143-2009 “Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Требования и методы контроля.”

24. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 20.05.2017)

25. URL: <http://www.grandars.ru/> (дата обращения: 20.05.2017)

26. URL: <http://www.energo-consultant.ru/> (дата обращения: 20.05.2017)

Приложение А

Раздел (7)

Elevator

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ5А	Головков К.Г.		

Консультант кафедры ЭПЭО:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Дементьев Ю.Н.	К.т.н.		

Консультант – лингвист кафедры ИЯ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пташкин А.С.	К.ф.н.		

INTRODUCTION

Modern multi-storey buildings to facilitate and accelerate the movement of people and goods to various levels of height are equipped with means of vertical transport. Their main advantage is a small area occupied by its equipment in the building. Of all the types of lifts used in residential, administrative and industrial buildings, the most common elevators. An elevator is called a stationary intermittent lift with vertical movement of the cabin or platform along the rigid guides in the shaft fenced from all sides [1].

As the number of storeys increases, the requirements to the quality of manufacturing, installation and operation increase, which become crucial for the normal functioning of buildings.

Elevators supply coal to the bunkers of boiler houses, cast iron to the casting shops' carriages, transport rolls of paper in printing houses, products, goods, lift cars in multi-storey garages, transport passengers and cargo on ships of the river and marine fleet, and raise tourists to towers. Lifts are widely used in modern liners. Only in Moscow, elevators carry over 20 million people per day, which exceeds the number of people transported by all types of public transport combined. Further development of elevator construction will make it possible to use elevators in various fields of the national economy even more.

The first mention of the elevator is in the records of the ancient Roman architect Vitruvius, who in turn referred to Archimedes, who built the lifting device, probably back in 236 BC. Later mention of elevators with a cabin suspended on a rope and driven by hand or by force of animals, date back to the mid-6th century (the Sinai Monastery lift in Egypt), the first quarter of the 13th century (in France) and the 17th century. (Lift of Windsor Castle in England and "Weyler's Flying Chair" in one of the Parisian palaces).

In the 18th century, passenger elevators began to be used in Russia (elevators of the palace buildings of Tsarskoye Selo, Kuskovo estate near Moscow, climbing table and armchair in the Petrodvorets Hermitage).

In 1795 I.P. Kulibin developed the design of a screw passenger elevator (lifting and lowering chairs) for the Winter Palace.

In 1816, the elevator was installed in the main house near Arkhangelskoye near Moscow.

In the middle of the 19th century, elevators appeared in the US (lift G. Ustermana).

In 1853, E.Otis lifts with catchers appeared in the USA. The first "catching" device worked only with a free fall, that is, a break in the ropes. This device, used in all modern elevators in a more perfect form, significantly reduced fears for the fall of the cabin with people, even when the rope broke, which contributed to the wider distribution of elevators. During this period, elevators, as a rule, were driven by a steam engine, and the lifting ropes were wound and wound off the drum.

In 1867, hydraulic elevators appeared, which had a number of advantages compared to cable lifts. These elevators managed to reach a high speed of the car to 3.5 m / s, but due to significant initial cost and operating costs, they had to abandon them.

In 1878, a speed limiter was invented that allows the catches to be switched on when the nominal speed is exceeded.

In 1880 in Germany, the first electric Siemens lift appeared with a rack-and-pinion lifting mechanism. By the beginning of the 20th century, electric elevators had become widespread, gradually replacing elevators with other types of drives.

At the end of the 19th century, winches with traction sheaves appeared, they were winches with a double pulley girth.

In the twenties of the 20th century, winches with a single girth of a traction sheave appeared, which are widely used in our time.

In our country, elevator production began to develop only after the revolution of 1917, when alongside general cargo and passenger elevators, special types of elevators began to be manufactured. After the Great Patriotic War the mass

production of standard designs of elevators of general purpose and high-speed was mastered in our country.

In 1955 - 1956, VNIPTMASH together with the Soyuzlift trust created a standard range of passenger elevator designs for residential buildings and public buildings with a carrying capacity from 320 to 1000 kg, as well as a series of freight elevators with a carrying capacity from 100 to 5000 kg and a hospital lift with a carrying capacity of 500 kg. The greatest development of domestic elevator industry was in 1963, when the Central Design Bureau (CPCB) for elevators was organized. In 1966 - 1967, the TsPKB lift developed a new parametric range of passenger and freight elevators, represented by 36 models and 62 versions.

The appearance of multi-storey buildings in recent decades has significantly increased the country's elevator park with the growth of large cities.

Their design is improved with the increase in the number of produced elevators. In recent years, elevators have appeared, the principle of which is based on microcircuits and microelectronics. Despite the considerable variety of types and designs of modern elevators, they all consist of basic elements that are fundamentally of the same value.

Today, the elevator is an important and often necessary part of multi-storey structures, which allows you to move loads at the required height with minimum effort and time. However, the mismatch of equipment with modern standards, intensive operation with serious errors in the maintenance of the elevator lead to a rapid wear of the mechanism, low comfort of transportation, frequent breakdowns, excessive consumption of electricity. All this makes us seek ways to solve the problem through the use of energy-saving technologies, more sophisticated and modern mechanisms.

Description of the components of the elevator

The scheme of a typical passenger elevator is shown in Figure A.1 [5].

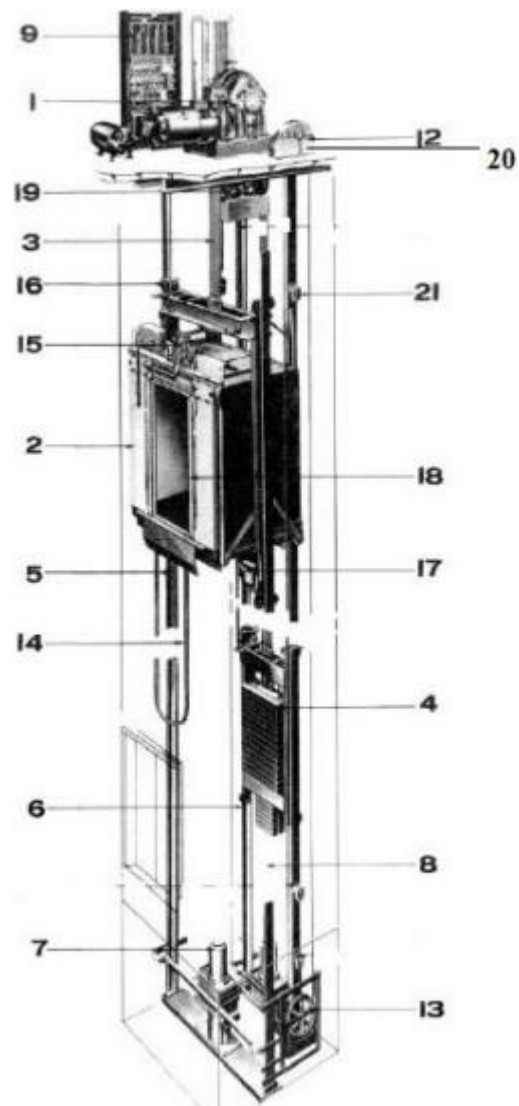


Figure A.1 – Typical passenger lift: 1 - winch, 2 - cabin, 3 - suspension cables, 4 - counterweight, 5 - cab guides, 6 - counterweight guides, 7 - buffer cabin, 8 - counterweight buffer, 9 - control cabinet, 12 Speed limiter, 13 - Speed limiter tensioner, 14 - Suspension cable, 15 - Door drive, 16 - Shoes, 17 - Cabin catcher, 18 - Door safety device, 19 - Outlet unit, 20 - Safety limit switch.

The winch is installed in the machine room of the elevator and is designed to drive the car and the counterweight. The main components of the winch are: Reducer; brake, frame, engine, traction sheave.



Figure A.2 – Lift winch

All elements of the winch are mounted on a frame, which rests on the floor of the machine room through shock absorbers.

The reducer worm cylindrical is designed to reduce the speed of rotation with a simultaneous increase in torque on the output shaft.

The oil level is controlled by a butterfly valve. The oil is drained through the opening at the bottom of the casing, closed with a stopper.

A shoe brake, normally closed type is designed to stop and hold the elevator car stationary when the winch motor is not running. The brake consists of an electromagnet, levers with friction pads attached to them. The required braking torque is produced by springs. A retractable handle serves for manual release.

Two-speed asynchronous motor with squirrel-cage rotor. In the stator winding, temperature protection sensors are mounted.

The traction sheave converts the rotational motion into translational motion of the traction ropes due to the frictional force arising between the rope and the pulley creeks under the influence of the gravity of the cabin and the counterweight.

The elevator car is suspended on the traction ropes in the shaft and is designed to carry passengers.

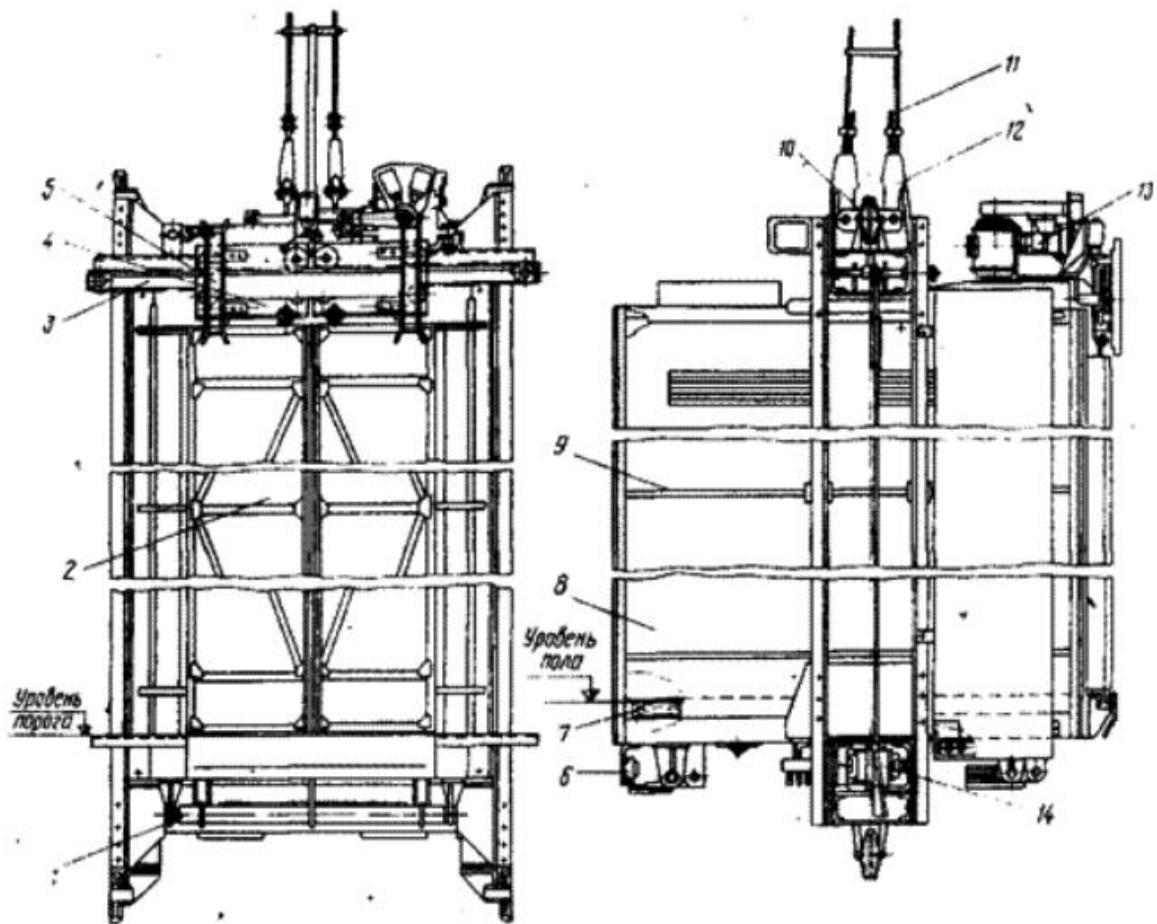


Figure A.3 – The elevator car

The elevator car consists of:

1. Lever system; 2. Double leaf door; 3. Fixed beam; 4. Carriage; 5. Layering; 6. Underground contact device; 7. Floor; 8. Fencing; 9. Frame; 10. Shoe; 11. Lifting ropes; 12. Suspension; 13. The mechanism of opening of doors; 14. Catcher.

The ceiling is the upper part of the cabin. On the ceiling are placed lamps and a box with terminal blocks for connecting wires, as well as a button for releasing mine doors, when pressed, the cabin can move in the revision mode.

Natural ventilation is provided through the ventilation holes in the cabin.

Suspension is designed to fix the ropes to the cabin. Each rope is passed through a wedge cage, after the wedge is rounded, the rope is fastened with its clamping part to the clamp.

The cage is connected by an axis to the upper balancer, which is connected via a pull rod to the lower balance bar, the weight of the cabin through the upper

beam, the shock absorber, the thrust secured to the lower balance bar, the rods, the upper balancers and the clips transmit it to the ropes.

A frame and a switch for monitoring the slack of the ropes are installed To control the tension of the ropes on the beam. In case of loosening or breaking of one, two or three ropes, the balancer presses the frame, which acts on the switch, the motor shuts down, which causes the car to stop.

The clamping ring, descending, pulls the frame, which acts on the switch, through the rod with a pin with simultaneous breaking or loosening of all traction ropes.

The catchers are designed to stop and hold the cab on the rails as the car moves up and down when the speed limiter is activated.

Savers - wedge, spring-loaded, smooth braking. The catchers are designed to work together with the speed limiter and are one of the crucial nodes that ensure the safe use of the elevator.

Catchers consist of four identical on the construction mechanisms of jamming and the mechanism of inclusion of catchers.

The jamming mechanism consists of a brake shoe moving vertically relative to the shoe, while approaching the guide, the main elements of the brake shoe are the spring and wedge installed in the body.

The switching mechanism consists of two levers of wedges fixed to the shafts, the shafts are connected together by a pulling rod on which a return spring is placed, adjusting nuts, the lever connects the speed limiter to the mechanism for activating the safety devices.

When the speed limiter is activated, the movement of the rope fixed to the lever of the safety device is stopped. With further movement of the car down the lever turns the shaft, and through the rod, the shaft rotates, the rotation of the shafts is accompanied by the rotation of the levers that activate the jamming mechanism.

When the brake shoe moves upwards, after touching it with the working surface of the guide head, the spring deforms, which provides the necessary braking

force when tightening the wedge, the movement of the brake shoe is limited by an adjusting pin, so that the clamping force of the guide head and accordingly the braking force do not change during braking; It stops the power of the moving cab, the rod on the rod presses the switch roller, the contacts of which open and give a signal to Turn off the winch motor.

To remove the cabin from the catchers it is necessary to raise the cabin, the brake shoes under the influence of their own weight and the springs are lowered and the mechanisms of the catchers return to their original position

The automatic cab door guarantees the safe use of the cab. The position of the doors (separated / closed) is controlled by an electrical switch.

The driver of the cabin doors, through which the doors are opened, consists of a worm gearbox, on the slow-moving shaft of which a lever is mounted. The drive on rubber shock absorbers is installed on the beam of the cab door.

When the electric motor is turned on, the rotation of its rotor through a V-belt transmission is transmitted to the worm shaft of the reducer and through the worm gear to the slow-moving shaft. The lever arm, which has a roller, during motion describes a semi-circle and, resting the roller at the stop, fixed motionlessly on the carriage door of the cabin, causes the carriage to move along the ruler along with the leaf.

This movement through the rope is transmitted to the second leaf, which moves in the opposite direction. The doors of the cabin and mine open simultaneously.

The angle of rotation of the lever depends on the installation of the cams, which must be set so that when the doors are open, the lever stops in a horizontal position of ± 5 mm, and when closed, it is maximally raised to stop the pin against a notch on the stop. Landing of the lever on the stops in the normal operating mode of the drive is not allowed. The jaws are rigidly fixed to the hub of the lever and, rotating together with the lever, act (alternately) on the switches at the right moment and impulses for switching off the electric motor.

The drive has a special device that switches the electric motor to the reverse, if the passenger or some object is caught in the doorway when the door is closed.

The device works as follows: When the door drive is turned on, the lever restrains the course of the doors, which are closed in the cabin doors by the spring force, and in the doors of the shaft, due to the mass of the doors of the shaft. If an obstacle arises in the path of the wings, they stop, but the lever continues to move. In this case, between the bevel of the stop and the pin, a gap is selected and the pin then starts to slide along the bevel of the stop, sinks into the sleeve of the lever arm and presses on the lever arm. The spring is compressed, a gap is selected between the second arm of the lever and the frame that acts on the microswitch.

When the frame is deflected under the action of the lever, it is released. A microswitch pin that gives the impulse to switch the door drive motor to reverse. The door opens again. When the doors of the cabin are closed in the maximum elevated position of the lever, the pin acts as a locking device that does not allow the doors of the cab door to be opened. In addition, a detachable stop is installed, which is an additional safety feature that excludes the possibility of opening the doors from the cab. When evacuating a passenger from the cabin, the spring is depressed, the stop is turned.

The mine's doors are designed to exclude access to the mine. Mine door - sliding, automatic, driven by the cab door consists of:

- Beams;
- Cross-members;
- Racks;
- Threshold.

To the top of the racks, a beam and a cross-piece are attached, to the bottom - a threshold. On the beam there are rulers on which the carriages are mounted with the flaps fixed to them with the help of pins. Each carriage moves along a ruler on rollers. Bearings exclude the possibility of lifting and shifting carriages from the

rulers. The slope of the rulers ensures that the doors are closed under the influence of their own weight.

In the closed position, each carriage is locked with a lock. The support for the latch roller is a plate fixed on the base of the control unit, which contains the elements of electrical control of the door operation - two microswitches, two rockers and a bar. The lock locks the carriage only when the doors are closed.

The shown position of the mechanisms of the mine door corresponds to the position of closed and locked doors. When the cab is located in the stopping area, the lock rollers are located between the cheeks and the door carcasses. With the start of the drive, the doors of the mine door are opened. Further rotation of the drive lever, the cab door and the shaft are synchronized.

When the lock is unlocked, the arm of the rocker on which it leans against the latch tooth is shifted downwards and thereby releases the pushrod of the microswitch, whose contacts break the control circuit, excluding starting the car when the lock is unlocked. With the beginning of the carriage movement, the bracket releases the rocker, which descends and releases the pusher of the second microswitch. Thus, the opening of both valves is simultaneously controlled. The door is closed and the locks are locked in the reverse order described.

The cab and counterweight buffers are located in the pit, which is below the level of the lower stop mark. Buffers are designed to mitigate the impact of the cab or counterweight in the event of their re-entry or fall. Buffers made in the form of springs are mounted directly on the cab guides, and hydraulic ones are installed in the middle of the lower beam of the cabin.

At a cabin speed of 1.4 m / s-1.6 m / s instead of spring-loaded hydraulic buffer cabinets and counterweights are installed.

General principle of the elevator

The elevator consists of the components located in the mine and machine room. The machine room and elevator shaft form the building's building structures (brickwork, concrete blocks, etc.).

The main components of the elevator are: winch, cabin, counterweight cab guides and counterweights, mine doors, speed limiter, knots and parts of the pit, electrical equipment and wiring.

Transportation of passengers and cargoes is carried out in the cabin, which moves along vertical guides.

The cab and the counterweight are moved by a winch installed in the machine room, using traction ropes. There is also a speed limiter, a control device, an input device.

There is a tensioner of the speed limiter rope, connected via a rope 6 to the speed limiter, as well as the buffer devices of the cab and counterweight in the lower part of the pit (pit).

To enter and exit the cabin, the shaft has a number of openings in the shaft closed by the doors. The doors are opened and closed using the drive installed on the cab. The doors of the mine open only when the cabin is on this floor. In the absence of a cabin on the floor, the opening of the mine door from the outside is possible only with a special key.

The components of the elevator in the building part of the building are placed in a certain dependence on each other, ensuring their coordinated interaction.

When the caller button is pressed into the elevator control electrical equipment, an electrical impulse (call) is given. If the cab is at the stop from which the call is received, the doors of the cabin and the shaft are opened at this stop, if the cab is not present, then a command is given to move it. The voltage of the winch motor and the brake solenoid coil are applied to the winding of the winch, the brake pads are released and the rotor of the electric motor starts to rotate, providing, by means of a worm gear, the rotation of the traction sheave which, due to frictional forces, drives the cab and counterweight.

When the cabin approaches the floor, the elevator control system switches the winch electric motor to work at a lower rotor speed. The speed of the car is reduced and at the moment when the threshold of the cabin floor is aligned with the threshold

level of the mine door, the cab stops, the door drive starts, the doors of the cabin and the shaft open.

When the button of the order of the button post located in the cabin is pressed, the doors of the cabin and the shaft are closed, and the cabin is sent to the floor, whose order button is pressed.

Upon arrival to the required floor and exit of passengers, the doors are closed and the cabin stands at the stop until the button of any caller is pressed again.

General principle of the elevator

The elevator consists of the components located in the mine and machine room. The machine room and elevator shaft form the building's building structures (brickwork, concrete blocks, etc.) [1].

The main components of the elevator are: winch, cabin, counterweight cab guides and counterweights, mine doors, speed limiter, knots and parts of the pit, electrical equipment and wiring.

Transportation of passengers and cargoes is carried out in the cabin, which moves along vertical guides.

The cab and the counterweight are moved by a winch installed in the machine room, using traction ropes. There is also a speed limiter, a control device, an input device.

In the lower part of the pit (pit), there is a tensioner of the speed limiter rope, connected via a rope 6 to the speed limiter, as well as the buffer devices of the cab and counterweight.

To enter and exit the cabin, the shaft has a number of openings in the shaft closed by the doors. The doors are opened and closed using the drive installed on the cab. The doors of the mine open only when the cabin is on this floor. In the absence of a cabin on the floor, the opening of the mine door from the outside is possible only with a special key.

The components of the elevator in the building part of the building are placed in a certain dependence on each other, ensuring their coordinated interaction.

When the caller button is pressed into the elevator control electrical equipment, an electrical impulse (call) is given. If the cab is at the stop from which the call is received, the doors of the cabin and the shaft are opened at this stop, if the cab is not present, then a command is given to move it. The voltage of the winch motor and the brake solenoid coil are applied to the winding of the winch, the brake pads are released and the rotor of the electric motor starts to rotate, providing, by means of a worm gear, the rotation of the traction sheave which, due to frictional forces, drives the cab and counterweight.

When the cabin approaches the floor, the elevator control system switches the winch electric motor to work at a lower rotor speed. The speed of the car is reduced and at the moment when the threshold of the cabin floor is aligned with the threshold level of the mine door, the cab stops, the door drive starts, the doors of the cabin and the shaft open.

When the button of the order of the button post located in the cabin is pressed, the doors of the cabin and the shaft are closed, and the cabin is sent to the floor, whose order button is pressed.

Upon arrival to the required floor and exit of passengers, the doors are closed and the cabin stands at the stop until the button of any caller is pressed again.

Two-speed drive

These systems use two-speed pole-switched asynchronous motors, specially designed for the elevator drive. Although two-speed systems are not a variable speed drive, they can be called adjustable, since they operate at two speeds. These systems were widely used in Europe in the 1970s and 1980s. In Russia, most of the elevators work on such drives and at the present time. They operate from direct starting, and therefore there is a need to use flywheels to reduce jerks and give the engine smoothness.

The main element of the two-speed systems is a motor with two windings embedded in the stator, interacting with one rotor. The ratio of speeds in such systems is usually 3: 1, 4: 1 or 6: 1. Thus, the minimum speed will be 33%, 25% or 16.6% of the speed limit. The motors have the following ratios of the number of poles: 6:18 (1000/333 rpm), 6:24 (1000/250 rpm), 4:16 (1500/375 rpm) or 4:24 (1500/250 Rpm).

Disadvantages of such systems:

- High starting current;
- Low accuracy due to load dependency;
- Excessive power consumption due to direct starting and the use of additional flywheels.

Application of the frequency converter

Operating modes of the frequency converter

Two fundamentally different operating modes of the frequency converter can be distinguished: operation in the mode of maintaining the output frequency and in the mode of stabilizing the external parameter [3].

"Frequency" is the mode for maintaining the set frequency. The frequency can be set from the control panel, the "master" input (analog input) or a combination of digital input signals. The inverter continuously monitors the frequency reference and changes its output frequency accordingly.

The latest models of converters of many manufacturers along with the frequency realize also vector control of the engine. This is a method for controlling an asynchronous motor, which is superior to the accuracy of regulation of conventional frequency control. It is used where it is required to maintain a torque on the motor shaft at low rotational speeds or to provide a stable speed for load jumps.

"Parameter" - operation of the drive in the mode of stabilization of the external parameter. The external parameter stabilization system is built on the basis of the PID controller, whose inputs are supplied with a parameter setting signal

(setpoint) and a signal from the adjustable parameter sensor. The PID controller generates a control signal for the frequency converter, which, due to a change in the engine speed, maintains a controlled value equal to the set value (Figure 4). As an external parameter, the fluid flow, pressure, temperature, etc. can be used. The information from the sensor comes from an external analog input. The setpoint value can be set from the control panel, from an external analog input or a combination of digital input signals.

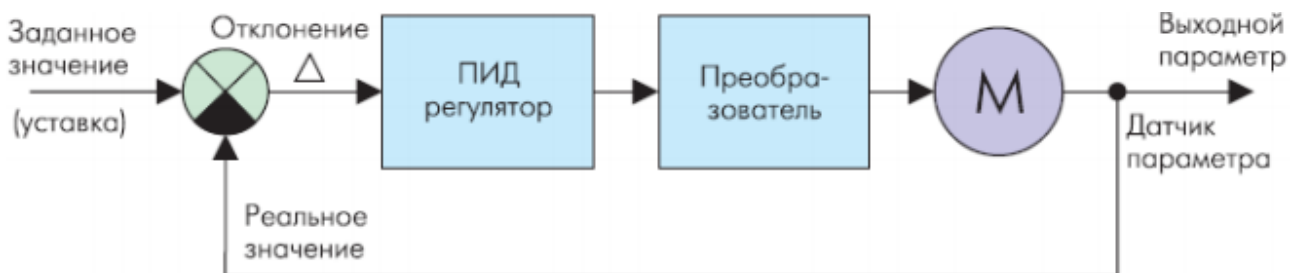


Figure A.4 – PID controller

Description of the work of the elevator using the IF

The use of a frequency converter, connected to the high-speed winding of the motor, ensures the movement of the elevator car at a high and low speed, as well as with the speed of revision. The movement is carried out with smooth starts and braking with limited jerks, accelerations and a high level of ride comfort in the elevator car [2].

The cycle of operation of the main elevator drive in the normal mode is as follows. In the initial state, the elevator car is stationary. If it is necessary to move from the control unit to the inverter, a direction direction signal is input, and by closing the starter contacts, the motor winding is connected to the inverter. From the contacts of the built-in relay in the inverter to the control unit comes the signal that the drive is ready for operation. The motor is supplied with the voltage necessary to create the holding torque. After an increase in the current in the motor windings up to the value providing the holding time, a corresponding signal is sent to the control device through the closed contacts of another relay integrated in the inverter. After this, a mechanical brake is released by commands from the control device, and the

signal for setting the working (high) speed level is input to the inverter. After receiving this signal, the inverter generates a voltage on the motor winding in such a way that it ensures a smooth start-up of the elevator car with the required accelerations and jerks up to the operating speed. After a run on the deceleration sensor from the control device on the inverter comes a low speed reference signal. The drive generates a voltage providing smooth braking to the speed of reaching (small). The elevator continues to drive at a reduced speed until it hits the exact stop sensor, and then generates a voltage at the command from the drive control unit to ensure final braking and hold. After the motor is stopped from the inverter, a signal is sent to the control unit to stop the movement, after which a mechanical brake is applied, the motor is disconnected from the inverter, and all command signals from the inverter are removed. The cycle of the main drive is finished.

The low-speed winding of the applied two-speed motor is used for installation and repair work, as well as for failure of the drive. At the same time, it can be powered by additional switching devices.

The advantages of using an inverter for an elevator drive

Benefits:

- Increased speed control range, which improves stopping accuracy;
- Higher accuracy of maintaining the speed of the elevator, regardless of the loading of the cab, providing increased productivity and reduced travel time;
- Limited starting currents of the engine, which reduces power consumption, reduces heat and increases the service life of the insulation.

Justification of the benefit of switching to the IF-AD system

The elevator is a branch with increased energy intensity, since the annual electricity consumption in the operation of elevator equipment is about one billion kilowatt-hours. In this regard, the introduction of new energy-saving technologies in the modernization of lift equipment is becoming an extremely urgent task. The

systematic analysis of information from construction, installation and design organizations allows us to conclude that the introduction of frequency-controlled electric drives, the main element of which is a frequency converter, should be considered as the basic program for energy saving on elevators [3].

The use of the frequency-controlled electric drive of the hoisting device (winch) of the elevator significantly enhances the comfort when driving the cab, ensures quietness and high stop accuracy, increases the durability of mechanical equipment, and also reduces the power consumption by 40-60%. Increases comfortable performance while driving the elevator car and the durability of mechanical equipment due to smooth transition processes. Reduces the operating costs for the overhaul of equipment due to a significant reduction in dynamic loads in the elements of the kinematic chain. Reduction of electricity consumption is achieved due to a significant, by 5-6 times, reduction of rotating winch mass, which eliminates unproductive losses in transient starting and braking modes, smooth transient processes allow to reduce dynamic loads in the elements of the kinematic chain of the elevator drive, which leads to an increase in service life Main drive gear reducer, traction sheave, brake pads, electric motor, traction cables, counterweight suspension elements.

CONCLUSION

The use of the frequency-controlled electric drive of the hoisting device (winch) of the elevator significantly enhances the comfort when driving the cab, ensures quietness and high stop accuracy, increases the durability of mechanical equipment, and also reduces the power consumption by 40-60%.

Lift economy is a branch with increased energy intensity, since the annual electricity consumption during the operation of elevator equipment is about one billion kilowatt-hours. In this regard, the introduction of new energy-saving technologies in the modernization of lift equipment is becoming an extremely urgent task.

Systematic analysis of information of construction, installation and project organizations allows us to conclude that the introduction of frequency-controlled electric drives, the main element of which is a frequency converter, should be considered as the basic program for energy saving on elevators. Smooth adjustment of the speed of rotation due to the use of a frequency converter allows: in most cases to refuse the use of reducers, variators, inductors and other control equipment. This greatly simplifies the mechanical system, improves its reliability and reduces operating costs, ensures the operation of the mechanisms most of the time at reduced speeds with reduced cyclic dynamic and vibrational loads on bearings, seals, fastenings, foundations of mechanisms and electric motors and a corresponding increase in their life and overhaul. Reduce the load on the engine and mechanisms, increase their service life due to a smooth start-up of the engine, without starting currents and impacts.

The use of a frequency-controlled drive in the elevator farm provides: - increase of comfort parameters at movement of an elevator car and durability of the mechanical equipment due to reception of smooth transients; - reduction of operating costs for equipment overhaul due to a significant reduction in dynamic loads in the elements of the kinematic chain; - reduction of electricity consumption due to a significant (by a factor of 5-6) reduction of rotating winch mass, which eliminates

unproductive losses in transient starting and braking modes, increases the service life of the main drive gear reducer, traction sheave, brake pads, electric motor, traction ropes, suspension elements Counterweight by reducing dynamic loads in the elements of the kinematic chain of the elevator drive due to the smoothness of the transients.

REFERENCES

1. Kmz lift [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://kmz-lift.ru/> (дата обращения: 20.05.2017)
2. Zimin E.N., Chuvashov I.I: Electrical equipment of industrial enterprises (textbook for high schools in 2 parts). – Moscow: Stroyizdat, 1977. – 431p.
3. Vishenevsky S.I: Characteristics of the motor in the electric drive (6th edition). – Moscow: Energy, 1977. – 431 p.
4. Golberg O.D: Electromechanics. – St. Petersburg: Academy, 2007. – 503p.
5. Rules for the construction and safe operation of elevators (approved by the Resolution of the Gosgortekhnadzor of the Russian Federation of May 16, 2003). The present Rules are assigned the code PB 10-558-03.