

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Энергетический факультет
Кафедра «Автоматизированный электропривод»
Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

**ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ
РАБОТА ПРОВЕРЕНА**

Рецензент, к.т.н., доцент

_____/ А.Е. Бычков /
« ____ » _____ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
автоматизированного электропривода,
д.т.н., профессор

_____/ М.А. Григорьев /
« ____ » _____ 2020 г.

Автоматизированный электропривод шахтного подъемника

(наименование темы работы)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ПО ПРОГРАММЕ БАКАЛАВРИАТА
«ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ»
ЮУрГУ–13.03.02.2020.071 ВКР**

Руководитель, к.т.н., доцент

_____/ А.Е. Бычков /
« ____ » _____ 2020 г.

Автор работы,
бакалавр группы П–477

_____/ А.С. Самойлов /
« ____ » _____ 2020 г.

Нормоконтролер, к.т.н., доцент

_____/ Т.А. Функ /
« ____ » _____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Самойлов А.С. Автоматизированный электропривод шахтного подъемника. – Челябинск: ЮУрГУ, Э; 2020, 92 с., 29 ил., 20 табл., библиографический список – 21 наим., 1 лист чертежа ф. А3

Целью выпускной квалификационной работы является модернизация шахтного подъемника, который расположен на предприятии АО «ЮГК» Шахта «Восточная». Нынешняя система подъема руды введена в эксплуатацию в конце прошлого столетия и работает в ручном режиме до сих пор. Подъемная установка на текущий момент выдает не более 140 тысяч тонн руды в год, из-за чего возникают простои в режиме работы. Поэтому принято решение произвести замену рабочего органа и основных элементов установки с применением системы автоматического управления.

В выпускной квалификационной работе посчитаны временные интервалы движения сосудов, построены нагрузочные диаграммы скорости и моментов, далее они приведены к валу двигателя. Произведен расчет и подбор электродвигателя, редуктора, преобразователя частоты. Показаны статические характеристики электропривода. Создана система автоматического управления, представлена ее структура, написан список сигналов автоматизации, разработан алгоритм работы. Произведен подбор контроллера, датчиков, сенсорных экранов и блока питания. Приведены интерфейсы пульта оператора и в заключении разработаны функциональная и принципиальная схемы.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Самойлов А.С.</i>			<i>Автоматизированный электропривод шахтного подъемника</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Бычков А.Е.</i>					4	92
<i>Реценз</i>						<i>ЮУрГУ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Функ Т.А.</i>				<i>Кафедра «АЭП»</i>		
<i>Утверд.</i>		<i>Григорьев М.А.</i>						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	8
1.1 Назначение.....	8
1.2 Классификация шахтных подъемных установок.....	10
1.3 Основные схемы подъемных установок.....	12
1.4 Существующее положение	16
1.5 Характеристика производственного объекта.....	16
1.6 Подъемная установка шахты «Восточная»	17
1.7 Производительность существующего подъема	24
1.8 Технологические решения	27
2 ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ.....	29
2.1 Модернизация комплекса подъема с заменой клетки на скипо-клеть	29
2.2 Расчет подъемной установки для варианта технического переворужения с заменой клетки на скипо-клеть	35
2.2.1 Расчет нагрузочных диаграмм скорости рабочего органа	36
2.2.2 Расчет нагрузочных диаграмм моментов рабочего органа	39
2.3 Расчет мощности электродвигателя.....	46
2.4 Расчет параметров редуктора	50
2.5 Выбор преобразователя частоты	51
2.6 Приведение статических моментов и моментов инерции к валу двигателя	52
2.7 Расчет статических характеристик электропривода	57
2.8 Модернизация тормозной системы.....	59
3 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	64
3.1 Описание процесса работы шахтного подъемника	64
3.2 Список сигналов системы автоматизации.....	65
3.3 Разработка алгоритма автоматизации управления элементами объекта	74

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

3.4 Состав и структура системы автоматизированного управления подъемной машиной	76
3.5 Пульт управления шахтной подъемной машиной.....	77
3.6 Автоматизированная система шахтной стволовой сигнализации	80
3.7 Разработка функциональной схемы автоматизации	82
3.8 Выбор элементной базы автоматики	84
3.9 Разработка принципиальной схемы	87
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	89
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	90

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

ВВЕДЕНИЕ

Шахта «Восточная», являющаяся одной из вскрывающих выработок Кочкарского месторождения, принадлежит акционерному обществу «Южуралзолото Группа Компаний» (АО "ЮГК") - одному из крупнейших золотодобывающих предприятий России по объёму производства и запасам.

ОАО "Восточная" располагается в Челябинской области, город Пласт, шахта "Восточная".

Золотосодержащая руда добывается буровзрывным способом (шпуровая отбойка), загружается в железнодорожный транспорт и посредством клетового подъема выдается на-гора, где перегружается на промежуточный поверхностный склад.

Из поверхностного склада руда автотранспортом перевозится на золотоизвлекающую фабрику, где производится обогащение и извлечение драгоценных металлов.

В рамках дипломной работы рассматриваются вопросы модернизации устаревшего оборудования шахтной подъемной установки, автоматизации с целью увеличения объемов выдачи и технического переоснащения для оптимизации процесса выдачи руды.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.157.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

1.1 Назначение

Шахтные подъемные установки используются для выдачи полезных ископаемых, полученных путем проходки горных выработок породы, на поверхность, а также для спуска и подъема людей, транспортирования оборудования и материалов.

Основные элементы подъемной установки (рис. 1.1): подъемная машина, подъемные сосуды (клетки, скипы, бадьи), стальные канаты, загрузочные и разгрузочные устройства (при скиповом подъеме), приемные площадки (при клетевом подъеме), копер с направляющими шкивами и проводники.

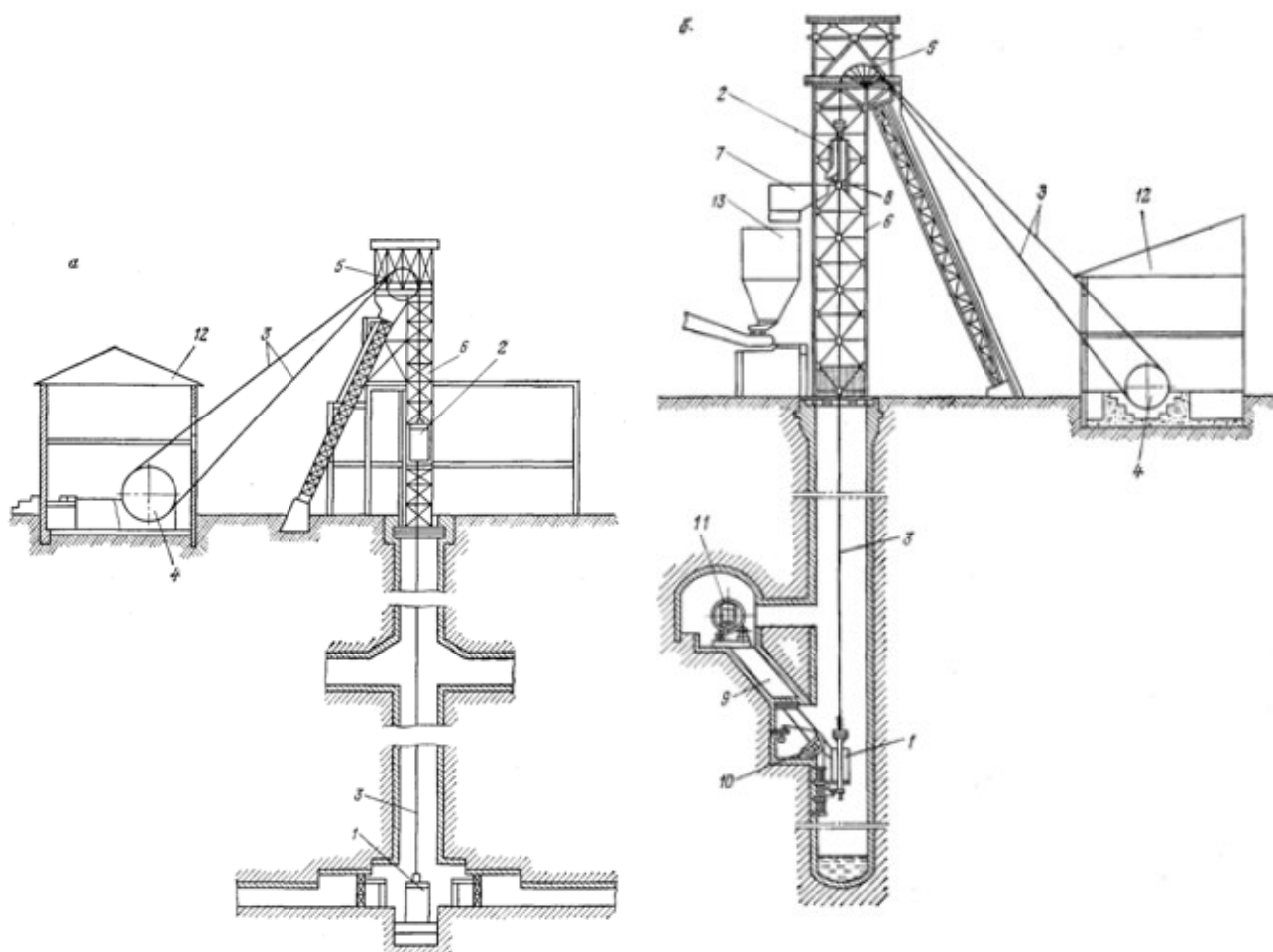


Рисунок 1.1 Подъемные установки вертикальных стволов

(а – клетевая; б – скиповая)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

8

Подъемные сосуды 1 и 2 соответственно под загрузкой и разгрузкой; 3 – канаты; 4 – подъемная машина; 5 – направляющие шкивы; 6 – копер; 7 – приемный бункер; 8 – разгрузочные кривые; 9 – загрузочный бункер; 10 – затвор дозирочного устройства; 11 – опрокидыватель вагонеток; 12 – здание подъемной машины; 13 – бункер.

Из-за того, что канаты навиваются и свиваются с органов навивки, подъемные сосуды перемещаются в стволе. Они движутся по проводникам, которые представляют собой направляющие, уложенные по всей длине.

При работе шахтной подъемной установки с наличием клетки, груз спускается и поднимается при помощи вагонеток. Они же в свою очередь заталкиваются механическими толкателями в клеть на нижней приемной площадке околоствольного двора. Находясь в клетке, вагонетки поднимаются на верхнюю приемную площадку надшахтного здания, которая должна находиться выше устья ствола, и выталкиваются из порожними вагонетками, которые необходимо спустить в шахту для выдачи следующего груза.

В случае, когда рассматривается разгрузка опрокидных клетей, данный процесс осуществляется не выталкивания вагонеток, а путем опрокидывания всей платформы клетки, на которой находится груз. Загрузка же на верхней приемной площадке производится без изменений и осуществляется так же, как и не опрокидных.

Без использования посадочных устройств уровни рельсов в клетке и рельсов откаточных путей на приемной площадке в околоствольном дворе не будут совпадать, поэтому они просто необходимы. Существует два вида посадочных устройств: посадочные кулачки и качающиеся площадки. При подъеме груза скипами, груженная вагонетка входит в опрокидыватель 11 околоствольного двора, опрокидывается и разгружается в бункер 9, из которого полезное ископаемое или порода через загрузочное устройство поступает в скип 1.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

Для дозировки груза, который загружается в скип, загрузочные устройства снабжаются необходимым для этого оборудованием. Дозировка обычно осуществляется по объему или массе груза. Помимо этого загрузочные устройства необходимы для осуществления герметизации ствола, так как существует возможность попадания в него пыли и подсоса воздуха через грузовой ствол.

Скип 2, груженный рудой, после поднятия на поверхность разгружается в бункер 7, который называется приемным. При этом одновременно происходят загрузка одного и разгрузка другого сосудов.

Скиповой тип подъема в сравнении с клетьевым способом затрачивает меньше времени в результате того, что требуется меньшее количество пауз. Это обеспечивает в свою очередь большую производительность системы в целом, а также позволяет уменьшить количество обслуживающего персонала на приемных площадках.

При этом необходимо сказать, что подъемы скипового и клетьевого типа обычно применяются для перемещения грузов по вертикальным стволам, однако они так же могут использоваться и для наклонных стволов с углом более 25° . В том случае, когда угол наклона ствола менее 25° , добытую руду доставляют в вагонетках, из которых полезное ископаемое не высыпается. При угле наклона до 18° применяют конвейерный транспорт.

1.2 Классификация шахтных подъемных установок

Существуют следующие признаки классификации шахтных подъемных установок.

По назначению:

- а) грузовые – для выдачи полезного ископаемого и породы;
- б) грузолюдские – для спуска-подъема материалов, оборудования и людей, а в отдельных случаях и породы;

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

По типу подъемных сосудов:

- а) скиповые;
- б) клетевые;
- б) скипо-клетевые;
- в) бадьевые;
- г) наклонные подъемы, оборудованные вагонетками.

По углу наклона ствола:

- а) вертикальные;
- б) наклонные.

По степени уравновешенности подъемной системы:

- а) неуровновешенные (с цилиндрическими барабанами без уравновешивающего каната);
- б) статически-уравновешенные (с уравновешивающим канатом при органах навивки постоянного радиуса; с органами навивки переменного радиуса).

По конструкции органов навивки подъемного каната статически-уравновешенные делят на установки:

- а) с органами навивки постоянного радиуса (с цилиндрическими барабанами или шкивами трения);
- б) с органами навивки переменного радиуса (с разрезными бицилиндроконическими барабанами или бобинами).

По высоте подъема:

- а) малой глубины – до 300 м;
- б) средней глубины – от 300 до 800 м;
- в) глубокие – от 800 до 1600 м;
- г) сверхглубокие – свыше 1600 м.

По числу подъемных канатов:

- а) одноканатные;
- б) многоканатные.

По количеству подъемных сосудов:

- а) однососудные;
- б) двухсосудные.

По типу применяемого подъемного двигателя:

- а) с двигателями переменного тока;
- б) с двигателями постоянного тока.

1.3 Основные схемы подъемных установок

Рассмотрим одноконцевую подъемную установку, у которой один конец каната прикрепляется к подъемному сосуду (клете или скипу), а другой к органу навивки, то есть к барабану подъемной машины. В процессе навивки каната на барабан производится подъем сосуда (клете или скипа). Из-за данных особенностей такая подъемная установка является неуравновешенной. При этом она имеет малую производительность и другие существенные недостатки.

В настоящее время на горных предприятиях используются подъемные установки с однобарабанным и двухбарабанным органом навивки. Данная система включает в себя два каната, к концам которых прикреплены сосуды (сосуд и противовес).

В процессе вращения барабана подъемной установки один канат навивается, а другой канат свивается с барабана. Таким образом, один сосуд поднимается по стволу, а другой опускается. В конце цикла, когда один сосуд будет поднят и разгружен, а второй опущен и загружен, подъемная машина приводится в реверс, и сосуды начинают двигаться в противоположном направлении.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						12
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

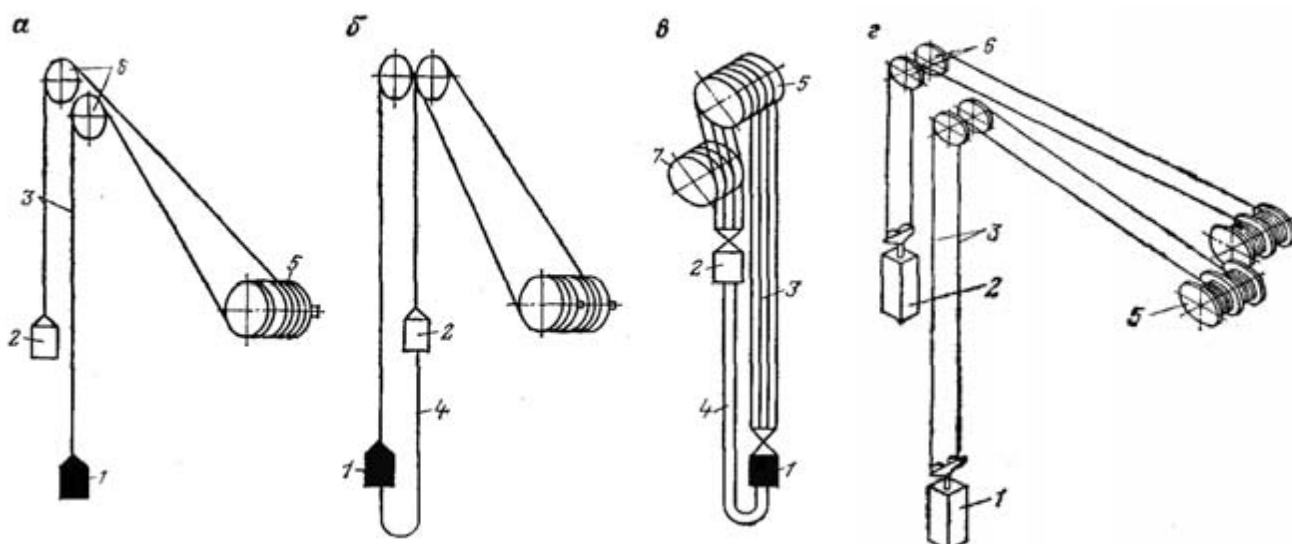


Рис. 1.2 Основные схемы подъемных установок:

- 1, 2 – подъемные сосуды; 3 – головные канаты; 4 – хвостовой канат;
 5 – канатоведущий орган; 6 – направляющие шкивы; 7 – отклоняющий шкив

Из-за наличия двух грузов, прикрепляемых к канатам, которые в свою очередь навиваются на один или два барабана, приводимых к движению одним валом, уменьшается нагрузка на систему в целом за счет уравнивания пустых скипов или клетей. Чтобы уравновесить поднимаемые массы канатов, в шахтных подъемных установках довольно часто используется уравнивающий канат 4, подвешиваемый концами к днищам сосудов 1 и 2 (сосуда и противовеса). Уравнивающий канат называется хвостовым, а канаты, к которым подвешиваются сосуды (сосуд и противовес) называются головными. Хвостовые канаты не несут нагрузку, их применение оправдано при глубине подъема 600 метров и более.

Подъемные машины установок снабжаются барабанными органами наливки постоянного и переменного радиусов. Органы наливки постоянного радиуса – цилиндрические барабаны, переменного радиуса – конические, цилиндрические, бицилиндроконические барабаны и другие.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

13

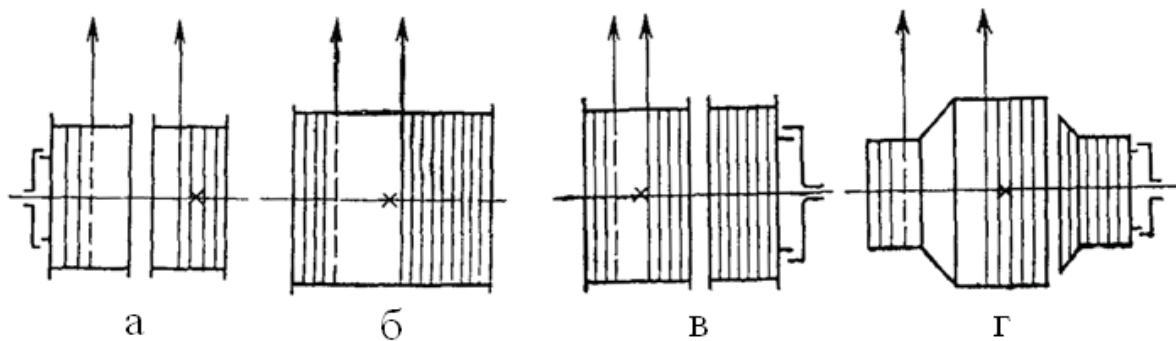


Рис. 1.3 Органы навивки канатов:

а – двухбарабанный; б – однобарабанный;

в – разрезной барабанный; г – бицилиндроконический

При навивании на барабан канат двигается по его ширине, и поэтому, чтобы удерживать одно и то же направление каната в стволе (к центру подъемного сосуда), используют шкивы на копрах.

Наилучшая работа копровых шкивов будет наблюдаться при конкретном максимальном угле отклонения каната от плоскости шкива. Для этого возникает необходимость удаления шахтной подъемной машины на определенное расстояние от копра, которое будет достаточным для обеспечения требуемого максимального угла отклонения. Подъемные установки, выполненные по рассматриваемой схеме, называются одноканатными и широко применяются на горных предприятиях при подъеме грузов по вертикальным стволам и без уравнивающего каната – по наклонным стволам.

В случае, когда нет возможности в удалении шахтной подъемной машины от копра, используется шкив трения. Его применение позволяет устанавливать орган навивки непосредственно над стволом. Канатоведущим органом является шкив трения, который огибается канатами или многоканатными установками. Необходимо сказать, что не происходит смещения канатов по ширине шкива. К каждому из концов каната прикрепляются клеть и противовес. Для уравнивания масс канатов используют хвостовые канаты. В момент вращения шкива клеть и противовес приводятся во вращение в противоположных направлениях.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

14

Шахтные подъемные системы при использовании шкива трения бывают многоканатными и одноканатными.

Шахтные системы с использованием одного огибающего каната получили малое применение из-за того, что по правилам безопасности для таких установок разрешается применять диаметр канатоведущего шкива не менее 120 диаметров каната. Это связано с тем, что нагрузка прилагается только к одному канату. Ввиду данных ограничений подъемная установка имеет большие массогабаритные размеры.

Так же существует шахтная подъемная установка по схеме Блейера. Она включает в себя два органа навивки, два барабана для каждого соответственно и два каната, с помощью которых посредством огибающих шкивов приводятся в движение сосуды. К двум секциям одного или разных барабанов прикрепляют два конца каждого каната. Они навиваются или свиваются в одно время. В результате этого масса груза сосудов распределяется на две ветви каната поровну. Однако данная система является неуравновешенной, что отрицательно сказывается на нагрузке, приложенной к редуктору и электроприводу. Такая установка применяется для глубоких шахт, рудников и наклонных подъемов.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

1.4 Существующее положение

Шахта «Восточная» запроектирована и построена в семидесятые годы двадцатого столетия. Назначение ствола – вспомогательный. По стволу производится подача чистого воздуха в шахту, спуск-подъем рабочей смены, материалов. Так же по стволу производится выдача руды, добытой на восточном фланге Кочкарского месторождения.

1.5 Характеристика производственного объекта

Недропользователем Кочкарского месторождения является акционерное общество «Южуралзолото Группа Компаний» (АО "ЮГК"). Производственная деятельность предприятия осуществляется в границах горного и земельного отводов. Предприятие имеет необходимые лицензии для осуществления профильной деятельности (на производство маркшейдерских работ, на эксплуатацию пожароопасных производственных объектов, на право работы с токсичными веществами, применение и хранение взрывчатых материалов промышленного назначения).

Все работы ведутся в соответствии с требованиями федерального и регионального законодательства Российской Федерации по охране и рациональному использованию недр и природных ресурсов и экологической безопасности, а также в области промышленной безопасности опасных производственных объектов.

Продукцией шахты «Восточная» является золотосодержащая руда. Данная продукция не включена в список объектов, подлежащих обязательной сертификации, согласно «Номенклатуре продукции, в отношении которой законодательными актами Российской Федерации предусмотрена обязательная сертификация», и объектов, соответствие которых может быть подтверждено декларацией о соответствии.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

Режим работы шахты «Восточная»:

- число рабочих дней в году – 305 дней;
- количество смен в сутки – 2 см.;
- продолжительность смены – 12 ч.

1.6 Подъемная установка шахты «Восточная»

Комплекс подъема шахты «Восточная» представляет собой вертикальный ствол, на устье которого установлен укосный копер с надшахтным зданием. На верхней площадке копра располагаются копровые шкивы. Рядом со стволом располагается здание подъемной машины.

Ствол шахты – круглого сечения диаметром 4,5 метра, крепление – бетонная крепь, армировка - металлическая, расстрелы из прокатного двутавра №36. Расположение проводников сосудов – боковое двустороннее, проводники – рельсовые (Р43), крепление проводников – скобами с ложными расстрелами. Кроме клетового подъема в стволе располагается ходовое отделение, ставы шахтного водоотлива, ставы пожарно-оросительного трубопровода и сжатого воздуха, а также проложены силовые и сигнальные кабели. Ствол пройден до отметки -862 м от устья (абсолютная отметка устья +309,800 м). В настоящее время ведутся работы на горизонтах -612 м, -662 м, -712 м, -762 м.

Сечение ствола приведено на рисунке 1.4.

Схема поверхностного комплекса подъема шахты «Восточная» приведена на рисунке 1.5.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

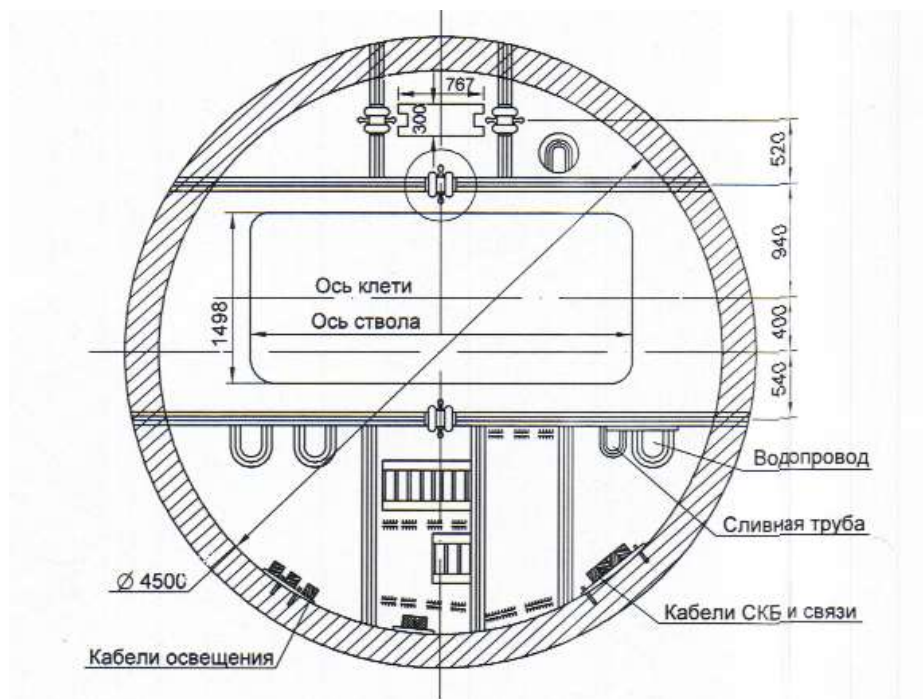


Рисунок 1.4 - Сечение ствола шахты «Восточная»

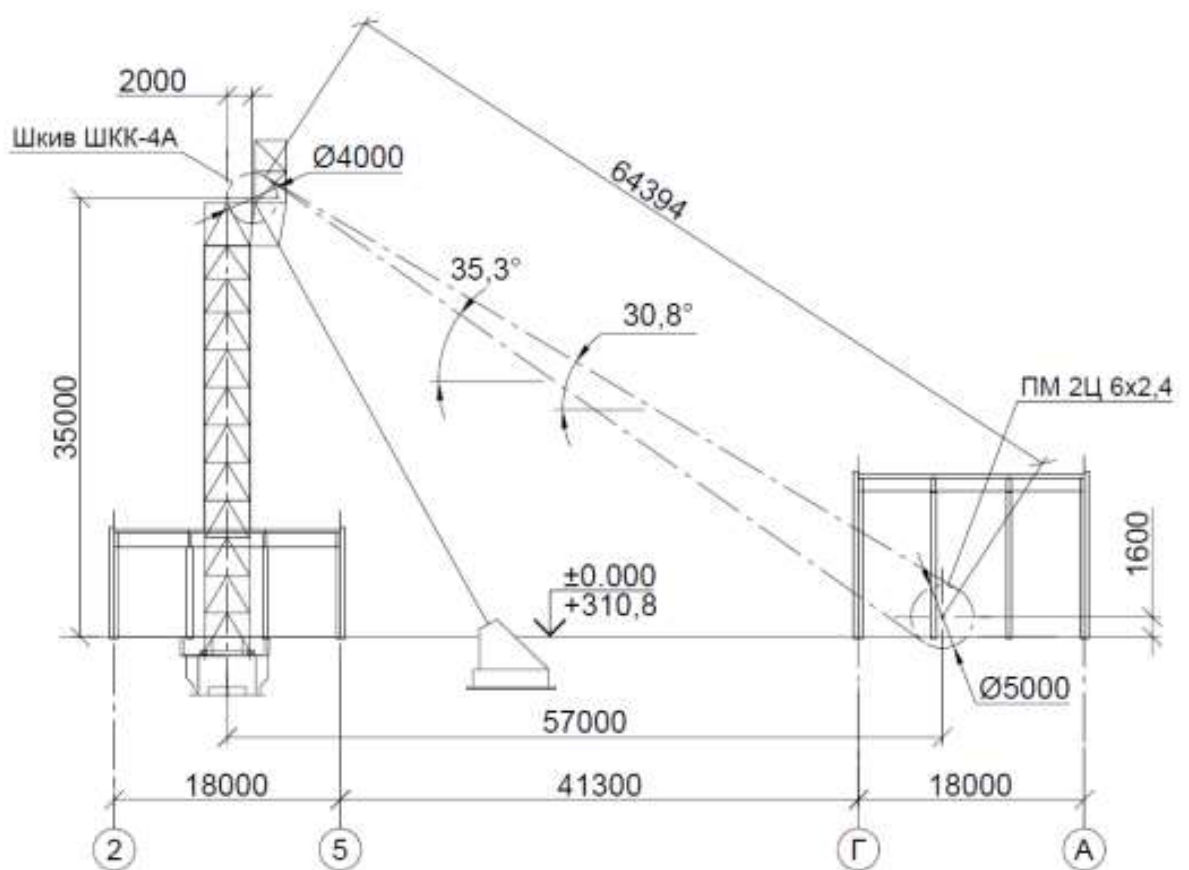


Рисунок 1.5 Схема поверхностного комплекса подъема шахты «Восточная»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Существующая система подъема – клеть-противовес. Основной подъемный сосуд – клеть 1УКН 3,1-2 на одну вагонетку типа ВГ-2,2. Противовес - типа П-432-000 из двух секций.

Основные технические характеристики подъемных сосудов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Основные технические характеристики подъемных сосудов ствола шахты «Восточная».

№ п.	Показатель	Ед. изм.	Значение
Клеть			
1	Тип	-	1УКН 3,1-2
2	Количество этажей	шт.	1
3	Тип вагонетки	-	ВГ-2,2
4	Колея вагонетки	мм	750
5	Размеры клетки в плане (в свету)	мм	3100x1370
6	Подвесное устройство	-	ПУМ4
7	Парашют	-	12МТП1-2-01
8	Грузоподъемность	кг	7000
9	Концевая нагрузка	кг	9160

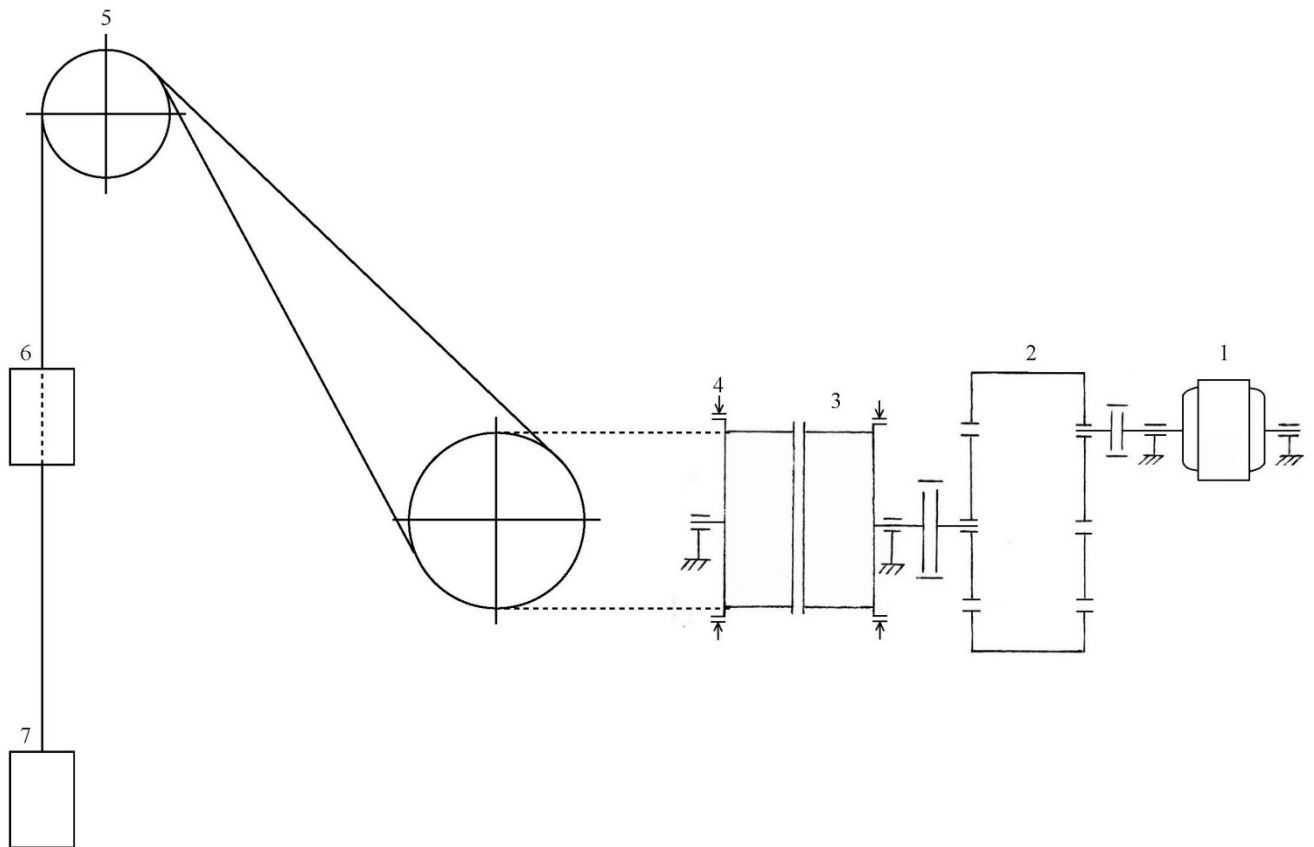


Рисунок 1.6 – Кинематическая схема подъемной установки (система уравновешена):

1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – барабан; 4 – тормоз; 5 – шкив копровый;
6 – скипо-клеть; 7 – противовес.

В надшахтном здании для установки клетки в положение для загрузки/разгрузки предусмотрены кулаки посадочные типа 2ПК-11,2.

Схема вагонообмена в надшахтном здании – круговая:

- вагонетка выталкивается из клетки порожней (загружаемой) вагонеткой посредством толкателя на перестановочную платформу грузной ветви;
- грузная вагонетка перемещается перестановочной платформой к линии разгрузки, далее толкателем верхнего действия к опрокидывателю и разгружается;
- после разгрузки толкатель перемещает порожнюю вагонетку на перестановочную тележку порожней ветви;
- порожняя вагонетка перемещается перестановочной платформой к линии загрузки в клеть, где стоит в ожидании прихода клетки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

20

Существующая схема организации вагонообмена в надшахтном здании шахты «Восточная» приведена на рисунке 1.7.

Выталкивание и заталкивание вагонетки в клеть предусмотрен толкатель самоходный типа ТС 5,5. Разгрузка вагонетки производится опрокидывателем боковым типа БОК-2МГ. Перемещение вагонетки в пределах опрокидывателя производится толкателем верхнего действия нестандартной конструкции. Перестановочные платформы, предклетевые двери и прочее вспомогательное оборудование механизации вагонообмена в надшахтном здании так же являются нестандартизированным оборудованием.

Характеристики механического оборудования подъема, располагаемого на копре и вспомогательных канатов приведены в таблице 1.2.

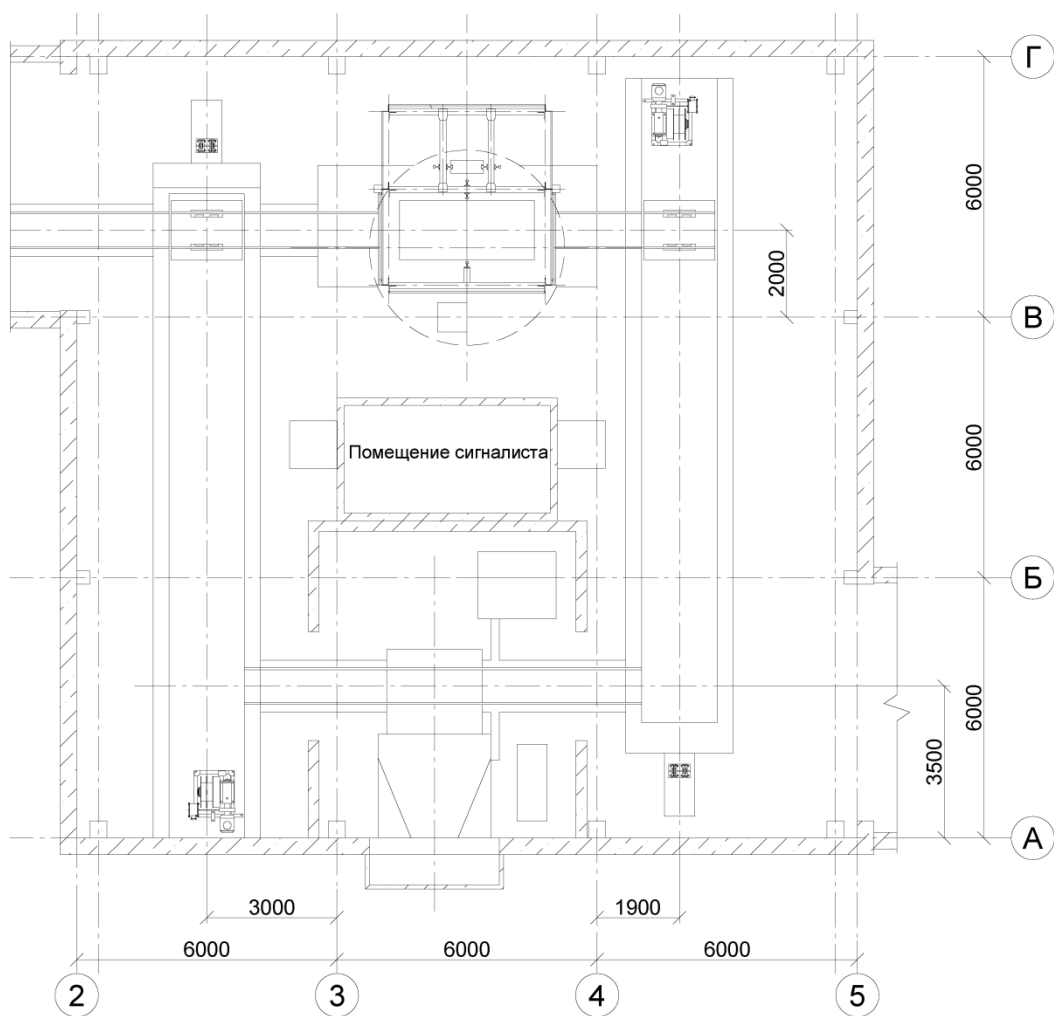


Рисунок 1.7 – Существующая схема организации вагонообмена в надшахтном здании

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

Таблица 1.2 - Характеристики механического оборудования подъема, располагаемого на копре и вспомогательных канатов.

№ п.	Показатель	Ед. изм.	Значение
Шкив копровый			
1	Тип	-	ШКК-4А
2	Диаметр	мм	4000
3	Диаметр подъемного каната	мм	47,5
4	Наибольшее разрывное усилие в канате	кН	1520
5	Масса	кг	4900
6	Маховый момент	кН·м ²	342
7	Тип	-	ТАИ-I
8	Расстояние между тормозными канатами	мм	1540
9	Расчетная сила торможения на один амортизатор	кН	155
10	Диаметр	мм	31,0
11	Разрывное усилие	кН	57250
12	Диаметр	мм	43,5

Существующее отапливаемое здание подъемной машины одноэтажное с подвалом, размеры в плане 18 х 24 м.

На отметке 0,000 м на монолитных железобетонных фундаментах установлена шахтная подъемная машина типа 2Ц 6х2,4. Машина барабанного типа с редуктором типа ЦО-22 и одним электродвигателем АКН-16-42-20М. Тормоза машины – пневматические. Смазка редуктора – принудительная циркуляционная.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ	Лист
						22

Основные характеристики подъемной машины шахты «Восточная» и подъемных канатов приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Основные характеристики подъемной машины шахты «Восточная» и подъемных канатов

№ п.	Показатель	Ед. изм.	Значение
Подъемная машина			
1	Тип	-	2Ц 6х2,4*
2	Диаметр барабана	мм	6000
3	Ширина навивочной части барабана	мм	2400
4	Наибольшая разность статических натяжений канатов	кН	240
5	Наибольшее статическое натяжение каната	кН	320
6	Масса	т	154,7
7	Маховый момент	кН·м ²	22000
Редуктор			
8	Тип	-	2ЦО-22*
9	Передаточное число	-	10,5
10	Наибольший крутящий момент на тихоходном валу	кН·м	570
11	Масса	т	64
12	Маховый момент	кН·м ²	2500
Электродвигатель			
13	Тип	-	АКН-16-42-20М
14	Мощность	кВт	800
15	Номинальная частота	мин ⁻¹	290
16	Напряжение	В	6000
17	Коэффициент перегрузки	-	2,4
18	Маховый момент	кН·м ²	35

Продолжение таблицы 1.3

Канат подъемный			
19	Тип	-	ГОСТ 3070-55*
20	Диаметр	мм	43,5*
21	Масса погонного метра	кг	6,64*
22	Разрывное усилие	кН	1120000*

* - данные приняты по документации «Гипрометаллургмонтаж» и Треста «Уралзолото», 1970 г.

Комплекс подъема шахты «Восточная» проработал более 40 лет, оборудование имеет значительный износ и подлежит замене на новое, более современное, с аналогичными параметрами и техническими характеристиками.

1.7 Производительность существующего подъема

Согласно хронометражным наблюдениям работы подъема, произведенным в первую (дневную) смену, распределение рабочего времени по видам работ имеет вид представленный на таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Распределение рабочего времени подъема по видам работ в течение смены

№ п.	Наименование операции	Время, мин.
1	Спуск-подъем рабочей смены	54
2	Спуск-подъем ИТР	15
3	Спуск оборудования и материалов	58
4	Осмотр, ремонт армировки по стволу	60
5	Ремонт сигнализации по стволу	54
6	Перевозка ВМ	12
7	Перегоны клетки между горизонтами	44
8	Выдача руды	423

Таким образом, операции по выдаче руды из 12-ти часов смены производятся только в течение семи часов. При этом, согласно хронометражу, существующий подъем способен выдать за это время в среднем 57 вагонов с рудой, что соответствует циклу подъемной операции – 446,65 секунд.

Производительность подъема при данном режиме работы составляет:

$$Q = q \cdot n_{п} \cdot n_{см} n_{р.дн.} = 3,96 \cdot 57 \cdot 2 \cdot 305 = 137689 \text{ т/год,}$$

где:

q , т – грузоподъемность (вместимость) вагонетки;

$n_{п}$ – количество подъемов в смену;

$n_{см}$ – количество смен в сутках;

$n_{р.дн.}$ – количество рабочих дней в году.

Согласно хронометражу, время подъема вагонетки с рудой является величиной непостоянной и составляет от 2-х до 5-ти минут в связи с работой подъема в ручном режиме.

Скорость подъема при данном режиме работы равна от 6,3 до 2,5 м/с, в среднем 4,4 м/с, что значительно меньше возможной для данного оборудования скорости 8 м/с.

Основные результаты проверочного расчета существующего подъема приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 - Основные результаты проверочного расчета существующего подъема шахты «Восточная».

№ п.	Показатель	Ед. изм.	Значение
Исходные данные			
1	Высота подъема	м	700
2	Максимальная скорость подъема	м/с	8
3	Масса руды в вагонетке	кг	3960
4	Пауза на загрузку/разгрузку вагона на горизонте и в надшахтном здании	с	30

Продолжение таблицы 1.5

5	Режим работы подъема на выдачу руды	-	305 дн. x 2 см. x 7 ч.
Результаты			
8	Время цикла подъема	с	273,97
9	Количество подъемов в час	-	13,14
10	Производительность подъема	т/год	224441,52

Таким образом, можно сделать вывод, что в настоящее время существующий комплекс подъема работает не более чем на 65% от своих возможностей по производительности.

Данное отставание подъема связано главным образом с его работой в ручном режиме, когда максимальная скорость подъема, переходные режимы контролируются исключительно оператором и время цикла зависит от его квалификации и прочих человеческих факторов.

Замена существующих систем электропривода и управления на современные позволит снизить время, затрачиваемое на выполнение вспомогательных операций, тем самым увеличить время работы подъема на выдачу руды в течение смены и поднять производительность существующего подъема до 250 тысяч тонн в год.

В пункте 2.2.1 произведен проверочный расчет подъема шахты с навеской скипо-клетей, в результате которого стало ясно, что объем добычи можно увеличить до 525 тысяч тонн в год. На 30.05.2020 средняя стоимость одного грамма чистого золота 4 тысячи рублей. Благодаря собственной обогатительной фабрике, на предприятии АО «ЮГК» чистая прибыль равна 20 % от рыночной стоимости золота. С доли возросших объемов добычи за год работы будет получено 280 млн. рублей чистой прибыли. Весь процесс модернизации подъемной установки обойдется в 100 млн. рублей. Таким образом можно посчитать, что данное улучшение подъема руды окупит себя примерно за 4-5 месяцев, что является очень хорошим результатом.

1.8 Технологические решения

Предлагается рассмотреть вариант технической модернизации комплекса подъема ствола шахты «Восточная» с изменением назначения подъема на «скиповой» с навеской скипо-клетки.

Предусматривается рассмотрение указанного варианта с точки зрения технологии производства и проверки основного оборудования на соответствие изменившимся нагрузкам и решениям.

Требует произвести:

- замену существующей клетки с неподвижным кузовом на скипо-клетку для оптимизации процесса выдачи руды на-гора при одновременной отработке нескольких горизонтов;

- замену механического оборудования подъема, в т.ч. шкивов, канатов, противовеса на современные технологически-оптимизированные образцы промышленности;

- замену устаревшего электропривода подъемной машины, включая электродвигатель, на современный привод напряжением 690 В с частотным регулированием;

- замену системы управления и автоматизации подъемной установки (САУ ПМ) с применением современного комплектного устройства управления, технологической автоматики и защиты, пульта управления и датчиков, составляющих единый программно-технический комплекс, обеспечивающий взаимодействие, управление, визуализацию работы и диагностику систем, составляющих подъемную установку;

Подготовительные работы при данном варианте технического перевооружения так же можно выполнять при работающем подъеме с изменением схемы вагонообмена в надшахтном здании на использование только порожней ветви. Для чего на порожнюю ветвь потребуется перенести перестановочную платформу с грузовой ветви.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

Остановка подъема потребуются единовременная и краткосрочная для перенавески канатов и сосудов.

Для оптимизации процесса подъема руды на поверхность существующая клеть с неподвижным кузовом на одну вагонетку ВГ-2.2 подлежит замене на скипо-клеть.

					<i>ЮЧрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

2 ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ

2.1 Модернизация комплекса подъема с заменой клетки на скипо-клеть

Вариант технического перевооружения выдачного комплекса с заменой одноэтажной клетки подъема на скипо-клеть предусматривает увеличение производительности выдачного комплекса за счет изменения системы подъема для выдачи нагора руды. В качестве подъемного сосуда предусматривается применение скипо-клетки, состоящей из общей силовой рамы, в габарите которой навешивается отклоняющаяся емкость с донной разгрузкой для руды равная емкости двух вагонеток типа ВГ-2,2.

Применение скипо-клетки предусматривает использование подъема для спуска-подъема людей, грузов и материалов в клетку и руды в скипе.

Скипо-клетка представляет собой комбинированный подъемный сосуд, состоящий из клетки – в верхней части и скипа в нижней.

Клетевая часть сосуда сохраняет все функции и характеристики существующей клетки (в т.ч. по размерам, грузоподъемности и назначению) и представляет собой жесткую сварную конструкцию из металлопроката, имеющую необходимое оборудование и элементы для перевозки вагонеток, грузов и людей.

Скиповая часть сосуда крепится к верхнему несущему поясу клетевой части жесткой сварной рамой. В раме скиповой части на оси навешан отклоняющийся кузов с выдвижным донным клапаном и фиксирующим устройством. Загрузка и разгрузка кузова производится с противоположных сторон (с коротких сторон кузова клетки). Габариты кузова (загрузочный лоток и донный затвор в открытом положении) приняты по наружному габариту кузова клетевой части. Кузов скиповой части футеруется износостойкой сталью типа HARDOX 500. Затвор футеруется специальными футеровочными брусками с износостойкой резиной.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

Загрузка/разгрузка (в режиме подъема руды или спуска/подъема груза) клетевой части сосуда производится при посадке сосуда на кулаки.

Загрузка/разгрузка скиповой части сосуда производится на весу посредством дозатора в стволе и станции разгрузки в надшахтном здании.

Основные технические характеристики скипо-клетки приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Основные технические характеристики скипо-клетки

№ п.п.	Наименование	Ед. изм.	Значение
1	Тип	-	скипо-клетка
2	Клетевая часть сосуда		
2.1	Тип клетки	-	двусторонняя с глухим кузовом
2.2	Грузоподъемность по грузу	кг	7000
2.3	Вместимость клетки	чел	16
2.4	Тип вагонетки	-	ВГ-2,2
2.5	Колея пола клетки	мм	750
3	Скиповая часть сосуда		
3.1	Тип скипа	-	с отклоняющимся кузовом
3.2	Полезная вместимость	м ³	4,5
3.3	Грузоподъемность	кг	8000
3.4	Тип затвора	-	донный клапан
4	Тип проводников	-	рельсовые, Р-43
5	Количество проводников	-	2
6	Тип направляющих	-	башмаки скольжения
7	Тип парашюта	-	ПТКА 20
8	Тип подвесного устройства	-	УП 20
9	Собственная масса сосуда	кг	7800
10	Концевая нагрузка, не более	кН	181,3

Для уравновешивания скипо-клетки и обеспечения безопасной эксплуатации подъемной установки на второй канат навешивается новый противовес, массой 14500 кг, определенной в соответствии пункта 413 правил безопасности.

Технические характеристики противовеса приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Технические характеристики противовеса.

№ п.п.	Наименование	Ед. изм.	Значение
1	Тип	-	рамный с набором грузов
2	Тип проводников	-	рельсовые, Р-43
3	Количество проводников	-	2
4	Тип направляющих	-	башмаки скольжения
5	Тип подвесного устройства	-	УП 20
6	Масса с подвесным устройством	кг	14500

Общий вид скипо-клетки приведен на рисунке 2.1.

Загрузка скипо-клетки на горизонте осуществляется емкостным дозатором, загружаемым из промежуточного бункера посредством конвейера и лоткового питателя. Перегрузка руды из вагонеток в промежуточный бункер осуществляется посредством кругового опрокидывателя.

Разгрузка скипа в надшахтном здании осуществляется в промежуточный бункер, из которого посредством лоткового питателя и конвейера перегружается в автосамосвал и далее по существующей схеме транспорта.

Разгрузка скипа осуществляется механизмом разгрузки. Механизм разгрузки состоит из разгрузочной кривой, входящей в зацепление с роликами отклоняющегося кузова скипа, которая отклоняет кузов в сторону бункера с одновременным открытием затвора. Приводом механизма разгрузки является кривошипный рычажный механизм с коническо-цилиндрическим редуктором и электродвигателем с электромагнитным тормозом. Устанавливается механизм разгрузки непосредственно над бункером. Разгрузка скипа происходит после полной остановки сосуда.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31

Общий вид механизма разгрузки скипа в надшахтном здании приведен на рисунке 2.2.

Для доставки в шахту людей, грузов и материалов и в качестве резерва для выдачи руды в вагонетках сохраняется существующая порожняя ветвь вагонообмена и боковой опрокидыватель в надшахтном здании.

Общий вид оборудования копра и надшахтного здания для варианта навески скипо-клетей изображен на рисунке 2.3.

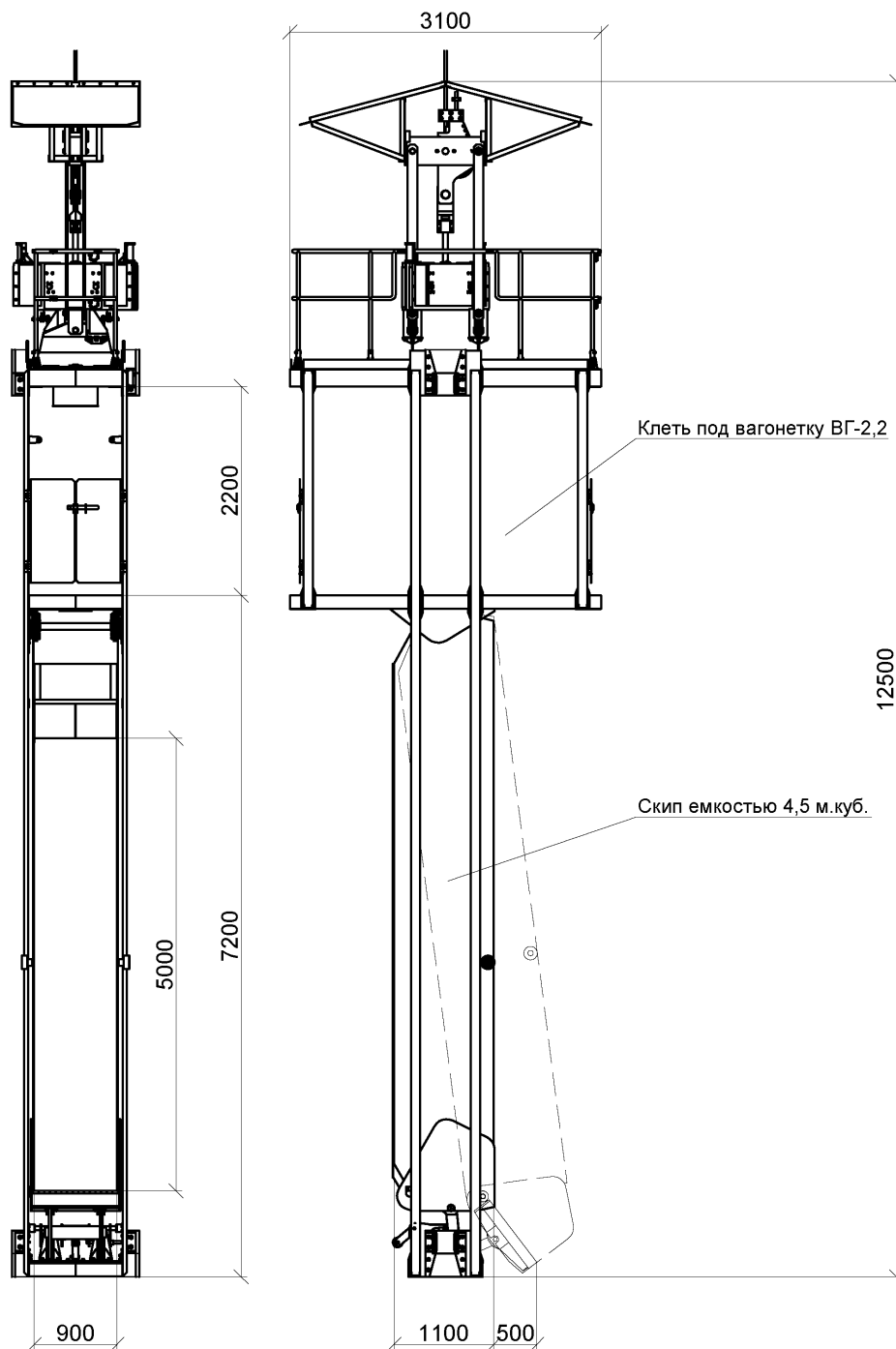


Рисунок 2.1 – Общий вид скипо-клетей

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

Скип емкостью 4,5 м.куб.

Разгрузочные кривые

Кривошипный рычажный механизм

Редуктор коническо-цилиндрический

Электродвигатель

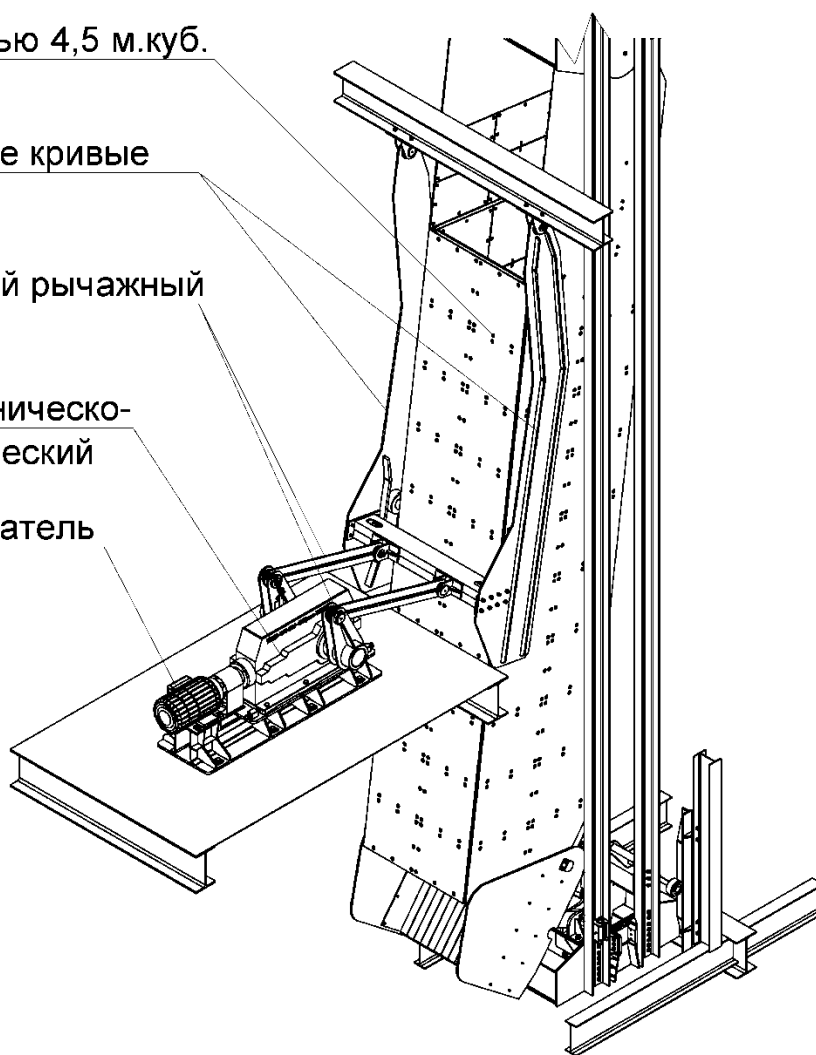


Рисунок 2.2 – Общий вид механизма разгрузки скипа в надшахтном здании

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

33

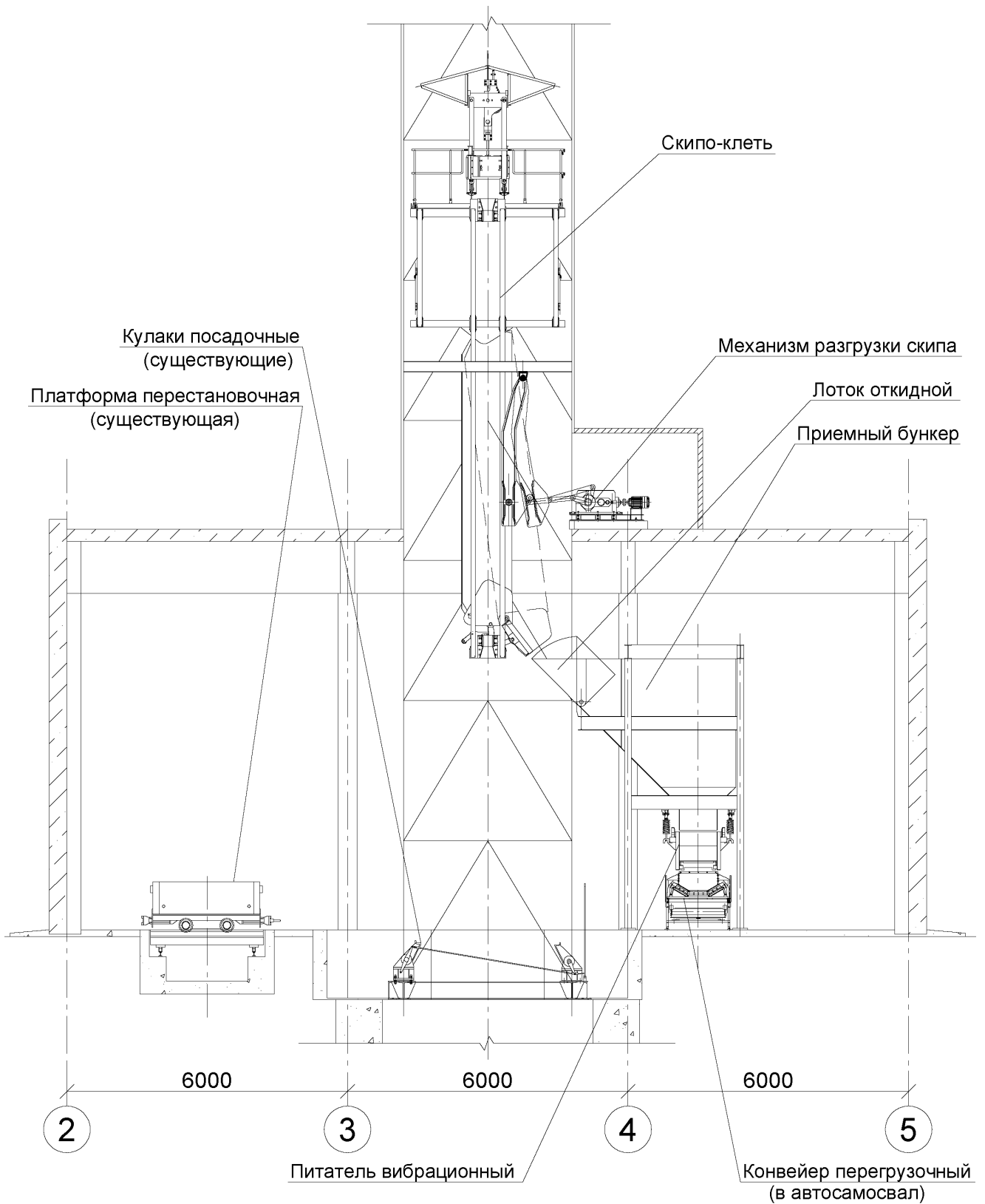


Рисунок 2.3 – Общий вид оборудования копра и надшахтного здания

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

2.2 Расчет подъемной установки для варианта технического перевооружения с заменой клетки на скипо-клеть

Таблица 2.3 Исходные данные для расчета

№ п.	Наименование параметра	ед. изм	величина
Данные схемы подъема			
1	Высота подъема	м	700
2	Допустимое ускорение 1	м/с ²	0,3
3	Допустимое ускорение 2	м/с ²	0,75
4	Установившаяся скорость 1	м/с	0,5
5	Установившаяся скорость 2	м/с	8
6	Время остановки для разгрузки скипа	с	10
7	Коэффициент трения скольжения		0,08
8	Крутильная жесткость	МНм/рад	50
9	Отвес каната шкив-сосуд	м	30
10	Суммарная длина каната от сосуда до машины	м	64
Данные по ПМ			
11	Тип		2Ц 6х2,4
12	Диаметр барабана	м	6
13	Масса	кг	154700
Данные по копровому шкиву			
14	Тип		ШКК-4,0 (два)
15	Диаметр	м	4
16	Момент инерции	кгм ²	34200
Данные по сосуду			
17	Тип		скипо-клеть
18	Масса	кг	10500
19	Груз	кг	8000
Данные по противовесу			
20	Масса	кг	14500
Данные по головным канатам			
21	Тип		ГОСТ 3070-55
22	Диаметр	м	43,5
23	Погонный вес	кг/м	6,64
24	Суммарное разрывное усилие всех проволок каната	кН	1120
25	Количество		1

Продолжение таблицы 2.3

Данные по редуктору			
26	Тип		2ЦО-22
27	Передаточное число		10,5
28	КПД		0,95
29	Маховый момент по тихоходному валу	кгм ²	250000
Данные по электродвигателю			
30	Тип		АКН-16-42-20м
31	Мощность	кВт	800
32	Момент инерции ротора	кгм ²	3500
33	Коэф. Перегрузки		2,4
34	Номинальная частота	об/мин	290

2.2.1 Расчет нагрузочных диаграмм скорости рабочего органа

– время трогания, стопорения

$$t_{\text{тр}} = t_{\text{с}} = \frac{v_{y1}}{a_{\text{доп1}}},$$

$$t_{\text{тр}} = t_{\text{с}} = \frac{0,5}{0,3} = 1,67 \text{ с.}$$

– путь, проходимый за время трогания и стопорения рабочей машиной

$$L_{\text{тр}} = L_{\text{с}} = \frac{v_{y1}^2}{2 \cdot a_{\text{доп1}}};$$

$$L_{\text{тр}} = L_{\text{с}} = \frac{0,5^2}{2 \cdot 0,3} = 0,42 \text{ м.}$$

– путь, проходимый за время дотягивания после трогания

$$L_{\text{дот1}} = 1,5 - L_{\text{тр}};$$

$$L_{\text{дот1}} = 1,08 \text{ м.}$$

– время выхода дотягивания после трогания

$$t_{\text{дот1}} = \frac{L_{\text{дот1}}}{v_{y1}},$$

$$t_{\text{дот1}} = \frac{1,08}{0,5} = 2,17 \text{ с.}$$

– время основных ускорения и замедления

$$t_{\text{оу}} = t_{\text{оз}} = \frac{v_{y2} - v_{y1}}{a_{\text{доп2}}} = 10 \text{ с.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

36

– путь, проходимый за время основных ускорения и замедления

$$L_{oy} = L_{oz} = \frac{v_{y2}^2 - v_{y1}^2}{2 \cdot a_{доп2}};$$

$$L_{oy} = L_{oz} = \frac{8^2 - 0,5^2}{2 \cdot 0,75} = 42,5 \text{ м.}$$

– путь, проходимый за время дотягивания перед стопорением

$$L_{дот2} = 3 - L_{ст};$$

$$L_{дот2} = 2,58 \text{ м.}$$

– время дотягивания перед стопорением

$$t_{дот2} = \frac{L_{дот2}}{v_{y1}};$$

$$t_{дот2} = \frac{2,58}{0,5} = 5,17 \text{ с.}$$

– путь, проходимый за время установившегося режима движения

$$L_{уст} = L - (L_{oy} + L_{тр} + L_{дот1}) - (L_{oz} + L_{ст} + L_{дот2});$$

$$L_{уст} = 700 - (42,5 + 1,08 + 0,42) - (42,5 + 2,58 + 0,42) = 610,5 \text{ м.}$$

– время установившегося режима движения

$$t_{уст} = \frac{L - (L_{oy} + L_{тр} + L_{дот1}) - (L_{oz} + L_{ст} + L_{дот2})}{v_{y2}};$$

$$t_{уст} = \frac{700 - (42,5 + 0,42 + 1,08) - (42,5 + 0,42 + 2,58)}{8} = 76,31 \text{ с.}$$

Расчет временных интервалов для реверсивного движения идентичен.

Время остановки подъемной машины перед реверсированием $t_0 = 10 \text{ с.}$

Таблица 2.4 Кинематика подъема

Принимаемые параметры			
№ п.п.	Параметр	ед. изм.	величина
1	Количество периодов диаграммы		7
2	Ускорение трогания 1,8	м/с ²	0,3
3	Основное ускорение 3,10	м/с ²	0,75
4	Основное замедление 5,12	м/с ²	0,75
5	Замедление стопорения 7,14	м/с ²	0,3
6	Скорость дотягивания 2,9	м/с	0,5

Продолжение таблицы 2.4

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i> 37
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

7	Максимальная скорость подъема 4, 11	м/с	8
8	Скорость дотягивания 6, 13	м/с	0,5
9	Суммарный путь периодов 1 и 2 (8 и 9)	м	1,5
10	Суммарный путь периодов 6 и 7 (13 и 14)	м	3
11	Путь периода 2, 9	м	2,4
12	Путь периода 6, 13	м	3,9
13	Длительность паузы загрузки	с	10
14	Длительность паузы разгрузки	с	10
Расчетные параметры			
15	Время периода 1 (выход клетки с загрузки)	с	1,67
16	Время периода 2	с	2,17
17	Время периода 3	с	10,00
18	Время периода 4	с	76,31
19	Время периода 5	с	10,00
20	Время периода 6	с	5,17
21	Время периода 7	с	1,67
22	Время подъема груженой клетки	с	106,98
23	Путь периода 1	м	0,42
24	Путь периода 2	м	1,08
25	Путь периода 3	м	42,50
26	Путь периода 4	м	610,50
27	Путь периода 5	м	42,50
28	Путь периода 6	м	2,58
29	Путь периода 7	м	0,42
30	Время периода 8 (выход клетки с разгрузки)	с	1,67
31	Время периода 9	с	2,17
32	Время периода 10	с	10,00
33	Время периода 11	с	76,31
34	Время периода 12	с	10,00
35	Время периода 13	с	5,17
36	Время периода 14	с	1,67
37	Время спуска груженой клетки	с	106,98
38	Путь периода 8	м	0,42
39	Путь периода 9	м	1,08
40	Путь периода 10	м	42,50
41	Путь периода 11	м	610,50
42	Путь периода 12	м	42,50
43	Путь периода 13	м	2,58
44	Путь периода 14	м	0,42
45	Время цикла	с	233,97

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮЧРГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

38

Проверочный расчет подъемной установки со скипо-клетью емкостью 4,5 м.куб с условием его работы в автоматическом режиме с максимальной скоростью 8 м/с, семипериодной диаграммой и существующем графике работы.

Результаты проверочного расчета приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - Основные результаты проверочного расчета подъема шахты «Восточная» со скипо-клетью емкостью 4,5 м.куб.

№ п.	Показатель	Ед. изм.	Значение
Исходные данные			
1	Масса руды в скипе	кг	8000
2	Время цикла подъема	с	233,97
3	Режим работы подъема на выдачу руды	-	305 дн. х 2 см. х 7 ч.
Результаты			
4	Количество подъемов в час	-	15,38
5	Производительность подъема	т/год	525605

2.2.2 Расчет нагрузочных диаграмм моментов рабочего органа

Статические моменты

– момент сил трения в подшипниках барабана

$$M_{ТП1} = \frac{m_1 \times d_{Ш} \times \mu_{П} \times g}{2};$$

m_1 – масса деталей и узлов, опирающихся на подшипники, кг;

$d_{Ш}$ – диаметр шейки вала или оси, м;

$$d_{Ш} = 0,25 \times D;$$

$$d_{Ш} = 0,25 \times 6 = 1,5 \text{ м.}$$

$\mu_{П}$ – коэффициент трения скольжения в подшипниках;

$$\mu_{П} = 0,08;$$

g – ускорение силы тяжести;

$$g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

С грузом $m_{1г} = m_{\text{скипо-клет}} + m_{\text{груза}} + m_{\text{противовеса}} = 10500 + 8000 + 14500 = 33000 \text{ кг.}$

Без груза $m_{1п} = m_{\text{скипо-клет}} + m_{\text{противовеса}} = 10500 + 14500 = 25000 \text{ кг.}$

$$M_{\text{ТП1г}} = \frac{33000 \times 1,5 \times 0,02 \times 9,81}{2} = 19423,8 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{ТП1п}} = \frac{25000 \times 1,5 \times 0,02 \times 9,81}{2} = 14715 \text{ Нм.}$$

– момент сил трения в подшипниках копрового шкива

$$M_{\text{ТП2г}} = \frac{33000 \times 1,5 \times 0,02 \times 9,81}{2} = 12949,2 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{ТП2п}} = \frac{25000 \times 1,5 \times 0,02 \times 9,81}{2} = 9810 \text{ Нм.}$$

– момент силы тяжести

$$M_{\text{СТ}} = \frac{m \times g \times D}{2};$$

D – диаметр барабана, находящегося на выходном валу редуктора и преобразующего вращение в поступательное движение тела, м.

– момент силы тяжести груженной скипо-клет

$$M_{\text{СТг}} = \frac{m_{1гк} \times g \times D}{2};$$

$$M_{\text{СТг}} = \frac{18500 \times 9,81 \times 6}{2} = 544455 \text{ Нм.}$$

– момент силы тяжести порожней скипо-клет

$$M_{\text{СТп}} = \frac{m_{1пк} \times g \times D}{2};$$

$$M_{\text{СТп}} = \frac{10500 \times 9,81 \times 6}{2} = 309015 \text{ Нм.}$$

– момент силы тяжести противовеса

$$M_{\text{СТпрот}} = \frac{m_{1п} \times g \times D}{2};$$

$$M_{\text{СТпрот}} = \frac{14500 \times 9,81 \times 6}{2} = 426735 \text{ Нм.}$$

– суммарный статический момент при движении вниз без груза

$$M_{\text{рост1}} = M_{\text{ТП1п}} + M_{\text{ТП2п}} + M_{\text{СТпрот}} - M_{\text{СТп}} = 14715 + 9810 + 426735 - 309015 = 142245 \text{ Нм.}$$

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

– суммарный статический момент при движении вверх с грузом

$$M_{\text{рост2}} = M_{\text{ТП1Г}} + M_{\text{ТП2Г}} - M_{\text{СТпрот}} + M_{\text{СТГ}} = 19423,8 - 12949,2 - 426735 + 544455 = 150093 \text{ Нм.}$$

Динамические моменты обеспечивают возможность способность движущимися массами рабочего органа запасать и выделять кинетическую энергию.

Для определения динамических моментов рабочей машины рассчитываются моменты инерции рабочего органа.

$$J_{\text{РО}} = J_{\text{ПМ}} + 2 \times J_{\text{Ш}} + J_{\text{Р}} + m \times \frac{D^2}{4};$$

$J_{\text{ПМ}}$ – момент инерции подъемной машины, $\text{кг} \times \text{м}^2$;

$J_{\text{Ш}}$ – момент инерции копрового шкива, $\text{кг} \times \text{м}^2$;

$J_{\text{Р}}$ – момент инерции ротора, $\text{кг} \times \text{м}^2$;

m – масса поступательно движущихся частей, кг ;

D – диаметр барабана, находящегося на выходном валу редуктора и преобразующего вращение вала в поступательное движение рабочей машины, м .

– момент инерции при движении вниз без груза

$$J_{\text{РО1}} = J_{\text{ПМ}} + 2 \times J_{\text{Ш}} + J_{\text{Р}} + m_{1\text{п}} \times \frac{D^2}{4};$$

$$J_{\text{ПМ}} = m_{\text{ПМ}} \times \frac{R_{\text{ПМ}}^2}{2};$$

$$J_{\text{ПМ}} = 154700 \times \frac{3^2}{2} = 696150 \text{ кг} \times \text{м}^2.$$

$$J_{\text{РО1}} = 696150 + 2 \times 34200 + 3500 + 25000 \times \frac{6^2}{4} = 993050 \text{ кг} \times \text{м}^2.$$

– момент инерции при движении вверх с грузом

$$J_{\text{РО2}} = J_{\text{ПМ}} + J_{\text{Ш}} + J_{\text{Р}} + m_{1\text{Г}} \times \frac{D^2}{4};$$

$$J_{\text{РО2}} = 696150 + 2 \times 34200 + 3500 + 33000 \times \frac{6^2}{4} = 1065050 \text{ кг} \times \text{м}^2.$$

При заданной величине допустимого ускорения $a_{\text{доп}}$ для каждого режима подъемной машины определяются динамические моменты.

$$M_{\text{РОДИН}} = J_{\text{РО}} \times \frac{2 \times a_{\text{доп}}}{D};$$

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		41

– динамический момент трогания и замедления при движении вниз без груза

$$M_{\text{РОДИН1}} = J_{\text{РО1}} \times \frac{2 \times a_{\text{доп1}}}{D};$$

$$M_{\text{РОДИН1}} = 993050 \times \frac{2 \times 0,3}{6} = 99305 \text{ Нм.}$$

– динамический момент основных ускорения и замедления при движении вниз без груза

$$M_{\text{РОДИН2}} = J_{\text{РО1}} \times \frac{2 \times a_{\text{доп2}}}{D};$$

$$M_{\text{РОДИН2}} = 993050 \times \frac{2 \times 0,75}{6} = 248262,5 \text{ Нм.}$$

– динамический момент трогания и замедления при движении вверх с грузом

$$M_{\text{РОДИН3}} = J_{\text{РО2}} \times \frac{2 \times a_{\text{доп1}}}{D};$$

$$M_{\text{РОДИН3}} = 1065050 \times \frac{2 \times 0,3}{6} = 106505 \text{ Нм.}$$

– динамический момент основных ускорения и замедления вверх с грузом

$$M_{\text{РОДИН4}} = J_{\text{РО2}} \times \frac{2 \times a_{\text{доп2}}}{D};$$

$$M_{\text{РОДИН4}} = 1065050 \times \frac{2 \times 0,75}{6} = 266262,5 \text{ Нм.}$$

Полные моменты рабочего органа при разных режимах работы

– полный момент рабочего органа при трогании вниз без груза

$$M_{\text{РО1}} = M_{\text{РОСТ1}} + M_{\text{РОДИН1}};$$

$$M_{\text{РО1}} = 142245 + 99305 = 241550 \text{ Нм.}$$

– полный момент рабочего органа при дотягивании после трогания

$$M_{\text{РО2}} = M_{\text{РОСТ1}};$$

$$M_{\text{РО2}} = 142245 \text{ Нм.}$$

– полный момент рабочего органа при основном ускорении

$$M_{\text{РО3}} = M_{\text{РОСТ1}} + M_{\text{РОДИН2}};$$

$$M_{\text{РО3}} = 142245 + 248262,5 = 390507,5 \text{ Нм.}$$

– полный момент рабочего органа при установившемся режиме

$$M_{\text{РО4}} = M_{\text{РОСТ1}};$$

$$M_{\text{РО4}} = 142245 \text{ Нм.}$$

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

– полный момент рабочего органа при основном замедлении

$$M_{P05} = M_{P0CT1} - M_{P0ДИН2};$$

$$M_{P05} = 142245 - 248262,5 = -106017,5 \text{ Нм.}$$

– полный момент рабочего органа при дотягивании перед стопорением

$$M_{P06} = M_{P0CT1};$$

$$M_{P06} = 142245 \text{ Нм.}$$

– полный момент рабочего органа при стопорении

$$M_{P07} = M_{P0CT1} - M_{P0ДИН1};$$

$$M_{P07} = 142245 - 99305 = 42940 \text{ Нм.}$$

– полный момент рабочего органа при остановке для загрузки

$$M_{P08} = 0 \text{ Нм.}$$

– полный момент рабочего органа при трогании вверх с грузом

$$M_{P09} = M_{P0CT2} + M_{P0ДИН1};$$

$$M_{P09} = 150093 + 99305 = 249398 \text{ Нм.}$$

– полный момент рабочего органа при дотягивании после трогания

$$M_{P010} = M_{P0CT2};$$

$$M_{P010} = 150093 \text{ Нм.}$$

– полный момент рабочего органа при основном ускорении

$$M_{P011} = M_{P0CT2} + M_{P0ДИН2};$$

$$M_{P011} = 150093 + 248262,5 = 398355,5 \text{ Нм.}$$

– полный момент рабочего органа при установившемся режиме

$$M_{P012} = M_{P0CT2};$$

$$M_{P012} = 150093 \text{ Нм.}$$

– полный момент рабочего органа при основном замедлении

$$M_{P013} = M_{P0CT2} - M_{P0ДИН2};$$

$$M_{P013} = 150093 - 248262,5 = -98169,5 \text{ Нм.}$$

– полный момент рабочего органа при дотягивании перед стопорением

$$M_{P014} = M_{P0CT2};$$

$$M_{P014} = 150093 \text{ Нм.}$$

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

– полный момент рабочего органа при стопорении

$$M_{PO15} = M_{РОСТ2} - M_{РОДИН1};$$

$$M_{PO15} = 150093 - 99305 = 50788 \text{ Нм.}$$

– полный момент рабочего органа при остановке для разгрузки

$$M_{PO16} = 0 \text{ Нм.}$$

Знаки полного момента и его составляющих зависят от направления движения и режима работы (пуск, торможение). Результаты расчетов скоростей и моментов для каждого участка движения приводятся в таблицах 2.6 и 2.7.

Таблица 2.6 Данные рабочего органа по участкам движения при спуске

Участок движения		Спуск без груза						
Расчетные данные	Обозначение	Трогание	Дотягивание 1	Осн. ускорение	Уст. режим	Осн. замедление	Дотягивание 2	Стопореие
Скорость, м/с	v_y		-0,5		-8		-0,5	
Ускорение, м/с ²	$a_{доп}$	-0,3		-0,75		0,75		0,3
Время работы, с	t	1,67	2,17	10,00	76,31	10,00	5,17	1,67
Путь, м	L	-0,42	-1,08	-42,50	-610,50	-42,50	-2,58	-0,42
Моменты РО, Нм:								
– силы тяжести	$M_{СТ}$	117720						
– трения барабана	$M_{ТП1п}$	14715						
– трения шкива	$M_{ТП2п}$	9810						
– статич., Нм	$M_{РОСТ1}$	-142245						
Момент инерции, кгм ²	J_{PO1}	993050						
Динам., Нм	$M_{РОДИН}$	-99305		-248262		248262,5		99305
Сумм. момент, Нм	M_{PO}	-241550	-142245	-390507	-142245	106017,5	-142245	-42940

Таблица 2.7 Данные рабочего органа по участкам движения при подъеме

Участок движения		Подъем с грузом						
Расчетные данные	Обозначение	Трогание	Дотягивание 1	Осн. ускорение	Уст. режим	Осн. замедление	Дотягивание 2	Стопование
Скорость, м/с	v_y		0,5		8		0,5	
Ускорение, м/с ²	$a_{доп}$	0,3		0,75		-0,75		-0,3
Время работы, с	t	1,67	2,17	10,00	76,31	10,00	5,17	1,67
Путь, м	L	0,42	1,08	42,50	610,50	42,50	2,58	0,42
Моменты РО, Нм:								
– силы тяжести	$M_{ст}$	117720						
– трения барабана	$M_{ТП1г}$	19423,8						
– трения шкива	$M_{ТП2г}$	12949,2						
Статич. момент, Нм	$M_{рост2}$	150093						
Момент инерции, кгм ²	$J_{ро2}$	1065050						
Динамич. момент, Нм	$M_{родин}$	99305		248262		-248262		-99305
Суммарный момент, Нм	$M_{ро}$	249398	150093	398355,5	150093	-98169,5	150093	50788

По результатам расчетов с учетом времени пуска, торможения, установившегося движения на рисунке 2.4 совместно с диаграммами скорости показана нагрузочная диаграмма моментов рабочего органа для каждого режима работы подъемной машины $M_{ро}(t)$.

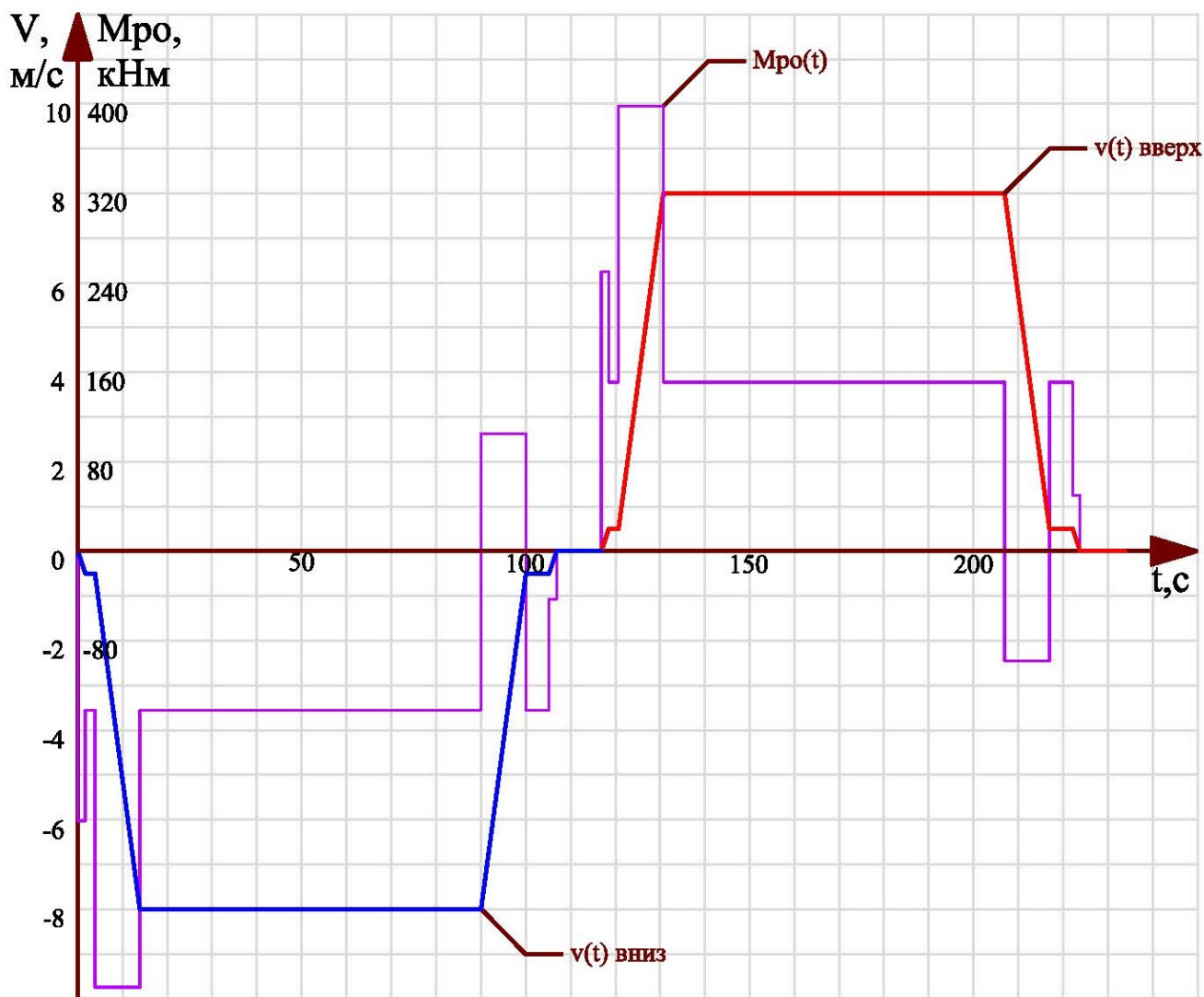


Рисунок 2.4 – Нагрузочные диаграммы скорости и моментов рабочего органа

2.3 Расчет мощности электродвигателя

На основании построенной нагрузочной диаграммы момента рабочей машины необходимо рассчитать среднеквадратичное значение момента, в котором учтены статические нагрузки и часть динамических нагрузок, где под участком понимается промежуток времени, в течение которого действующее значение момента P_0 не изменяется, при этом происходит только один из следующих процессов: разгон, торможение или работа с постоянной скоростью.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

46

$$M_{\text{СРКВ}} = \sqrt{\frac{M_{\text{PO1}}^2 \times t_{\text{TP}} + M_{\text{PO2}}^2 \times t_{\text{ДОТ1}} + M_{\text{PO3}}^2 \times t_{\text{ОУ}} + M_{\text{PO4}}^2 \times t_{\text{УСТ}} + M_{\text{PO5}}^2 \times t_{\text{ОЗ}} + M_{\text{PO6}}^2 \times t_{\text{ДОТ2}} + M_{\text{PO7}}^2 \times t_{\text{СТ}} + \dots}{2 \times (t_{\text{TP}} + t_{\text{ДОТ1}} + t_{\text{ОУ}} + t_{\text{УСТ}} + t_{\text{ОЗ}} + t_{\text{ДОТ2}} + t_{\text{СТ}})}},$$

$$\sqrt{\frac{\dots + M_{\text{PO9}}^2 \times t_{\text{TP}} + M_{\text{PO10}}^2 \times t_{\text{ДОТ1}} + M_{\text{PO11}}^2 \times t_{\text{ОУ}} + M_{\text{PO12}}^2 \times t_{\text{УСТ}} + M_{\text{PO13}}^2 \times t_{\text{ОЗ}} + M_{\text{PO14}}^2 \times t_{\text{ДОТ2}} + M_{\text{PO15}}^2 \times t_{\text{СТ}}}{2 \times (t_{\text{TP}} + t_{\text{ДОТ1}} + t_{\text{ОУ}} + t_{\text{УСТ}} + t_{\text{ОЗ}} + t_{\text{ДОТ2}} + t_{\text{СТ}})}},$$

$$M_{\text{СРКВ}} = \sqrt{\frac{241550^2 \times 1,67 + 142245^2 \times 2,17 + 390507,5^2 \times 10 + 142245^2 \times 76,31 + 106017,5^2 \times 10 + \dots}{2 \times (1,67 + 2,17 + 10 + 76,31 + 10 + 5,17 + 1,67)}},$$

$$\sqrt{\frac{\dots + 142245^2 \times 5,17 + 42940^2 \times 1,67 + 249398^2 \times 1,67 + 150093^2 \times 2,17 + 398355,5^2 \times 10 + \dots}{2 \times (1,67 + 2,17 + 10 + 76,31 + 10 + 5,17 + 1,67)}},$$

$$\sqrt{\frac{\dots + 150093^2 \times 76,31 + 98169,5^2 \times 10 + 150093^2 \times 5,17 + 50788^2 \times 1,67}{2 \times (1,67 + 2,17 + 10 + 76,31 + 10 + 5,17 + 1,67)}} = 182238,07 \text{ Нм.}$$

– продолжительность включения $PВ_{\text{ФАКТ}}$ по времени работы на всех участках движения

$$PВ_{\text{ФАКТ}} = \frac{t_{\text{К}} \times 100\%}{t_{\text{Ц}}};$$

$t_{\text{К}}$ – суммарное время работы на всех участках движения;

$$t_{\text{К}} = 2 \times (t_{\text{TP}} + t_{\text{ДОТ1}} + t_{\text{ОУ}} + t_{\text{УСТ}} + t_{\text{ОЗ}} + t_{\text{ДОТ2}} + t_{\text{СТ}});$$

$$t_{\text{К}} = 2 \times (1,67 + 2,17 + 10 + 76,31 + 10 + 5,17 + 1,67) = 213,96 \text{ с.}$$

$t_{\text{Ц}}$ – время всего цикла, включая остановки;

$$t_{\text{Ц}} = 233,96 \text{ с.}$$

$$PВ_{\text{ФАКТ}} = \frac{213,96}{233,96} \times 100\% = 91,44 \text{ \%}.$$

– расчетная мощность двигателя

$$P_{\text{ДВ}} = K_1 \times M_{\text{СРКВ}} \times \frac{2 \times v_{\text{У2}}}{D} \times \sqrt{\frac{PВ_{\text{ФАКТ}}}{PВ_{\text{КАТ}}}};$$

$v_{\text{У2}}$ – основная скорость движения, м/с;

D – диаметр шестерни выходного вала, м;

$$D = 6 \text{ м.}$$

$PВ_{\text{КАТ}}$ – ближайшее к $PВ_{\text{ФАКТ}}$ каталожное значение относительной продолжительности включения для электродвигателя;

k_1 – коэффициент, учитывающий динамические нагрузки, обусловленные вращающимися элементами электропривода, а также потери мощности в редукторе.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

$$k_1 = 1,5.$$

$$P_{ДВ} = 1,5 \times 182238,07 \times \frac{2 \times 8}{6} \times \sqrt{\frac{100}{100}} = 697036,89 \text{ Вт} = 697 \text{ кВт}.$$

Из условий работы системы в качестве подъемного принимается асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором производства Siemens.

Из каталога асинхронных двигателей фирмы Siemens выбираем двигатель SIMOTICS FD 1LQ1212-4BC71-4AA1.

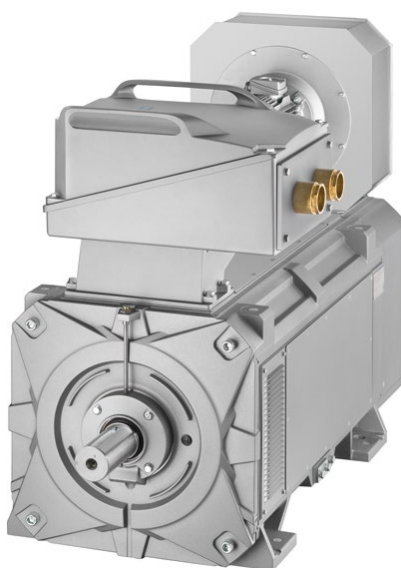


Рисунок 2.5 – Электродвигатель SIMOTICS FD 1LQ1212-4BC71-4AA1

Электродвигатель монтируется на существующий фундамент с установкой новой монтажной рамы. Дополнительной системы охлаждения электродвигатель не требует, имеет встроенную систему принудительного охлаждения.

Каталожные данные двигателя представлены в таблице 2.8.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

48

Таблица 2.8. – Номинальные данные двигателя 1LQ1212-4BC71-4AA1 при ПВ=100%

Обозначение	Наименование показателя	Размерность	Величина
P_H	Номинальная мощность на валу	кВт	725
n_H	Номинальная частота вращения	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	750
I_H	Номинальный ток статора	А	1200
$\cos\varphi$	Коэффициент мощности в номинальном режиме	—	0,85
η	КПД	%	96,3
M_H	Номинальный момент	Н · м	9231
N	Количество полюсов		6
M_O	Опрокидывающий момент	Н · м	27693
U_C	Напряжение сети	В	400

Torque-Speed-Curves

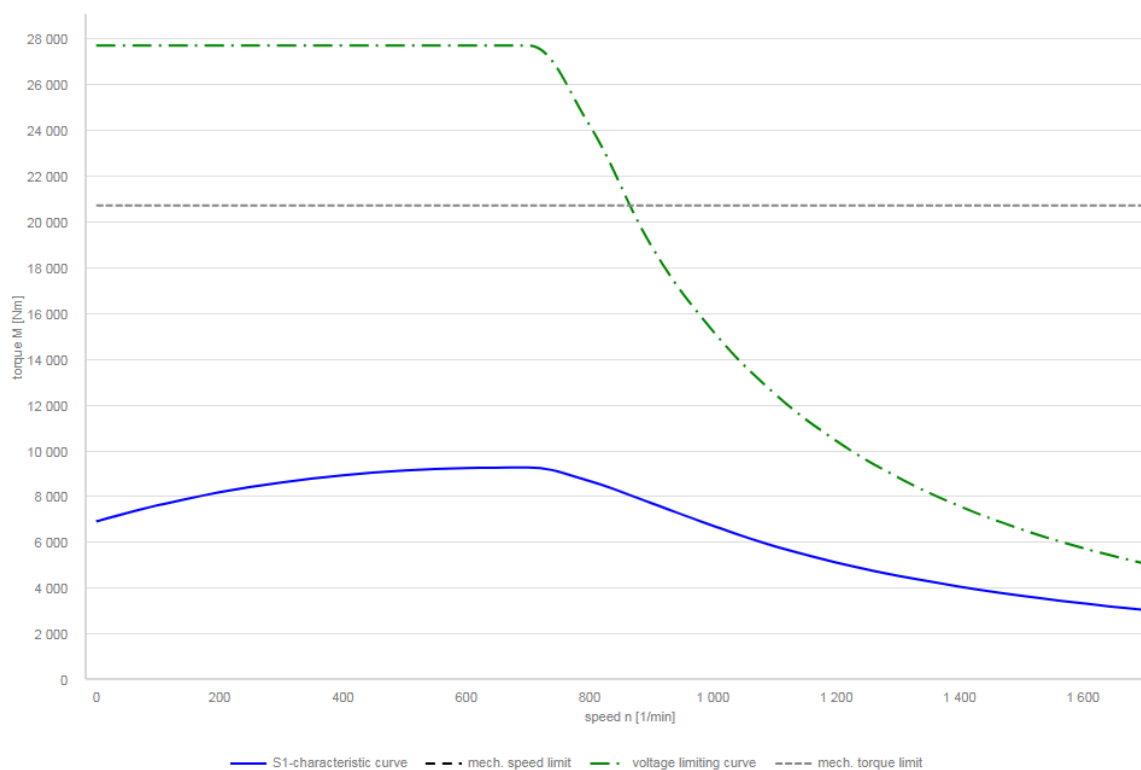


Рисунок 2.6 – Механическая характеристика двигателя

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

49

2.4 Расчет параметров редуктора

Передаточное число редуктора определяется по номинальной скорости вращения выбранного двигателя и основной скорости движения исполнительного органа по формуле :

$$j_p = \frac{2\pi \cdot n_n \cdot D}{60 \cdot 2 \cdot v_{yz}}$$
$$j_p = \frac{2\pi \cdot 750 \cdot 6}{60 \cdot 2 \cdot 8} = 29,452.$$

На данный момент используется редуктор 2ЦО-22 с передаточным числом 10,5, который не позволяет достигнуть скорости сосудов 8 м/с. Поэтому принято решение произвести заказ на заводе приводной техники в городе Санкт-Петербург. На сайте производителя размещен редуктор шахтной машины ЦД-20 с передаточным числом 20 и моментом критическим 380 кНм. После согласования пришли к возможности произвести заказ на редуктор с передаточным числом 30 и моментом 200 кНм, что полностью удовлетворяет условиям $30 \geq 29,452$ и $200 \text{ кНм} \geq 183 \text{ кНм}$.

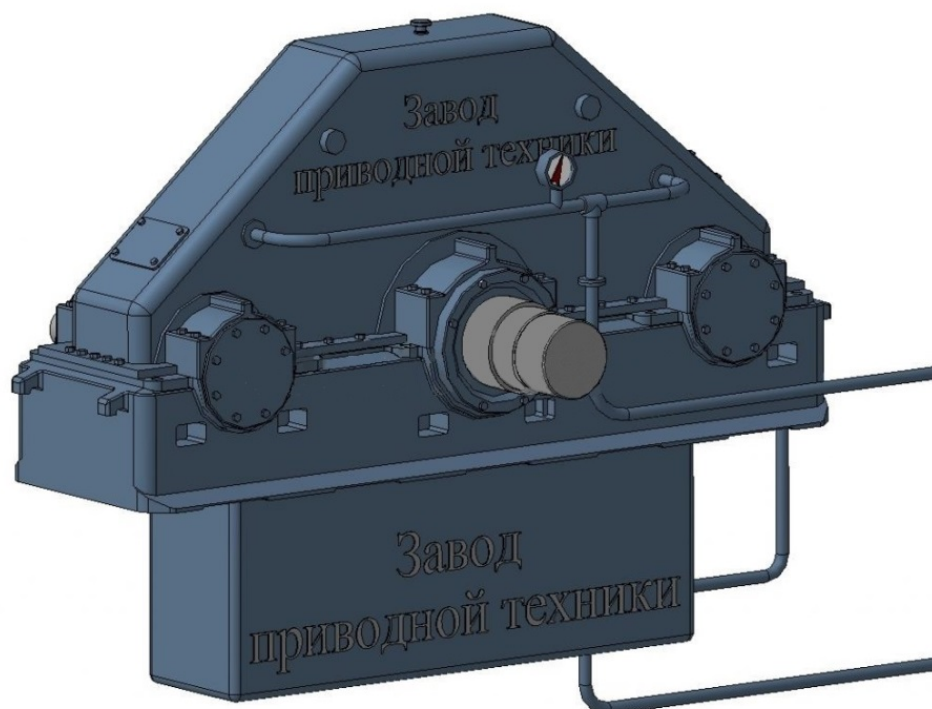


Рисунок 2.7 – Шахтный редуктор ЦД-20

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

50

2.5 Выбор преобразователя частоты

После выбора электродвигателя можно выбирать основные элементы электропривода. Для регулирования скорости двигателя выберем преобразователь частоты.

$$U_{\text{НПЧ}} \geq U_{\text{н}};$$

$$I_{\text{НПЧ}} \geq I_{\text{н}};$$

$$I_{\text{н}} = 12 \text{ A};$$

$$U_{\text{н}} = 400 \text{ В}.$$

На основе номинальных данных выбранного электродвигателя с помощью каталога Siemens выбрал преобразователь частоты SINAMICS S150 6SL3710-7LE41-4AA3-Z M54 фирмы Siemens.



Рисунок 2.8 – Преобразователь 6SL3710-7LE41-4AA3-Z M54

										Лист
										51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ					

Таблица 2.9 – Номинальные данные SINAMICS S150

Наименование показателя	Обозначение	Размерность	Величина
Номинальная мощность	P_H	кВт	800
Напряжение питания	U_H	В	400
Номинальный ток	I_H	А	1405
Частотный диапазон	f	Гц	0..300

2.6 Приведение статических моментов и моментов инерции к валу двигателя

После расчета статических моментов сопротивления и динамических моментов инерции рабочего механизма, выбора редуктора и предварительного выбора двигателя нужно привести вышеперечисленные моменты к валу двигателя.

Статические и динамические моменты на валу барабана приведены в таблицах 2.6.1 и 2.6.2.

Статические моменты рабочей машины, приведенные к валу двигателя без учета потерь в редукторе

$$M_{pc} = \frac{M_{рост}}{j_p};$$

$M_{рост}$ – статический момент рабочего органа, Нм;

j_p – передаточное число редуктора.

– при движении вниз без груза

$$M_{pc1} = \frac{M_{рост1}}{j_p};$$

$$M_{pc1} = \frac{142245}{29,45} = 4829,65 \text{ Нм.}$$

– при движении вверх с грузом

$$M_{pc2} = \frac{M_{рост2}}{j_p};$$

$$M_{pc2} = \frac{150093}{29,45} = 5096,12 \text{ Нм.}$$

Статические моменты на валу с учетом потерь в редукторе $\eta_p < 1$ рассчитывают в зависимости от режима работы электропривода.

– статический момент на валу в двигательном режиме

$$M_{всд} = \frac{M_{рс}}{\eta_p};$$

– при движении вниз без груза

$$M_{всд1} = \frac{M_{рс1}}{\eta_p};$$

$$M_{всд1} = \frac{4829,65}{0,72} = 6707,85 \text{ Нм.}$$

– при движении вверх с грузом

$$M_{всд2} = \frac{M_{рс2}}{\eta_p};$$

$$M_{всд2} = \frac{M_{рс2}}{\eta_p} = \frac{5096,12}{0,72} = 7077,94 \text{ Нм.}$$

– при работе электропривода в тормозных режимах

$$M_{вст} = M_{рс} \cdot \eta_p;$$

– без груза

$$M_{вст1} = M_{рс1} \times \eta_p;$$

$$M_{вст1} = 4829,65 \times 0,72 = 3477,35 \text{ Нм.}$$

– с грузом

$$M_{вст2} = M_{рс2} \times \eta_p;$$

$$M_{вст2} = 5096,12 \times 0,72 = 3669,2 \text{ Нм.}$$

При уточненных расчетах установившихся и переходных режимов работы электропривода необходимо также учитывать момент потерь холостого хода (момент постоянных потерь) двигателя ΔM_x .

$$\Delta M_x = \frac{3U_n I_n \cos \varphi - P_n}{3\omega_n};$$

$$\Delta M_x = \frac{3 \times 400 \times 1200 \times 0,85 - 725000}{3 \times 750} * 9,55 = 2117,98 \text{ Нм.}$$

– статический момент в двигательном режиме

$$M_c = M_{всд} + \Delta M_x;$$

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

$$M_{\text{дин2г}} = \frac{J_{\text{PO2}} \times 2 \times a_{\text{доп2}}}{D \times j_p},$$

$$M_{\text{дин2г}} = \frac{1065050 \times 2 \times 0,75}{6 \times 29,45} = 9040,43 \text{ Нм.}$$

Необходимо рассчитать пусковой и тормозной моменты при движении с допустимым ускорением.

$$M_{\text{п}} = M_{\text{дс}} + M_{\text{дин}};$$

– пусковой момент без груза

$$M_{\text{п1п}} = M_{\text{дс1}} + M_{\text{дин1п}};$$

$$M_{\text{п1п}} = 8825,83 + 3371,71 = 12197,54 \text{ Нм};$$

$$M_{\text{п2п}} = M_{\text{дс1}} + M_{\text{дин2п}};$$

$$M_{\text{п2п}} = 8825,83 + 8429,27 = 17255,1 \text{ Нм.}$$

– пусковой момент с грузом

$$M_{\text{п1г}} = M_{\text{дс2}} + M_{\text{дин1г}};$$

$$M_{\text{п1г}} = 9195,92 + 3616,17 = 12812,09 \text{ Нм};$$

$$M_{\text{п2г}} = M_{\text{дс2}} + M_{\text{дин2г}};$$

$$M_{\text{п2г}} = 9195,92 + 9040,43 = 18236,34 \text{ Нм.}$$

– тормозной момент без груза

$$M_{\text{т1п}} = M_{\text{тс1}} - M_{\text{дин1п}};$$

$$M_{\text{т1п}} = 1359,37 - 3371,71 = -2012,34 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{т2п}} = M_{\text{тс1}} - M_{\text{дин2п}};$$

$$M_{\text{т2п}} = 1359,37 - 8429,27 = -7069,9 \text{ Нм.}$$

– тормозной момент с грузом

$$M_{\text{т1г}} = M_{\text{тс2}} - M_{\text{дин1г}};$$

$$M_{\text{т1г}} = 1551,23 - 3616,17 = -2064,94 \text{ Нм};$$

$$M_{\text{т2г}} = M_{\text{тс2}} - M_{\text{дин2г}};$$

$$M_{\text{т2г}} = 1551,23 - 9040,43 = -7489,2 \text{ Нм.}$$

Для каждого из участков все значения приведены в таблицах 2.10 и 2.11.

Благодаря данным таблицам можно удобно рассмотреть взаимосвязь параметров.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Таблица 2.10 – Приведение моментов к валу двигателя для спуска без груза

Участок движения		Спуск без груза						
Расчетные данные	Обозначение	Трогание	Дотягивание 1	Осн. ускорение	Уст. режим	Осн. замедление	Дотягивание 2	Стопование
По данным таблицы 2.9								
Скорость, м/с	v_y	-	-0,5	-	-8	-	-0,5	-
Статический момент, Нм	$M_{рост1}$	-142245						
Момент инерции, кгм ²	$J_{р01}$	993050						
Приведение к валу двигателя ($j_p = 29,452, \eta_p = 0,72$)								
Скорость двигателя, рад/с	ω_c	-	-4,91	-	-78,53	-	-4,91	-
Момент статич., Нм:								
– без учета потерь	$M_{пр}$	-4829,65						
– с учетом потерь	$M_{вс}$	-6707,85				-3477,35	6707,85	-3477,35
– с учетом потерь хх	M_c	-8825,83				-1359,37	-8825,83	-1359,37
Динамический момент, Нм	$M_{дин}$	-3371,71	-	-8429,27	-	8429,27	-	3371,71
Допускаемый момент, Нм	$M_{доп}$	-12197,5	-8825,83	-17255,1	-8825,83	7069,9	-8825,83	2012,34

Таблица 2.11 – Приведение моментов к валу двигателя для подъема с грузом

Участок движения		Подъем с грузом						
Расчетные данные	Обозначение	Трогание	Дотягивание 1	Осн. ускорение	Уст. режим	Осн. замедление	Дотягивание 2	Стопование
По данным таблицы 2.9								
Скорость, м/с	v_y	-	0,5	-	8	-	0,5	-

Продолжение таблицы 2.11

Статический момент, Нм	$M_{\text{РОСТ2}}$	150093						
Момент инерции, кгм ²	$J_{\text{РО2}}$	1065050						
Приведение к валу двигателя ($j_p = 29,452, \eta_p = 0,72$)								
Скорость двигателя, рад/с	ω_c	-	4,91	-	78,53	-	4,91	-
Момент статич., Нм:								
– без учета потерь	$M_{\text{ПР}}$	5096,12						
– с учетом потерь	$M_{\text{ВС}}$	7077,94			3669,2		7077,94	3669,2
– с учетом потерь хх	M_c	9195,92			1551,23		9195,92	1551,23
Динамический момент, Нм	$M_{\text{ДИН}}$	3616,17	-	9040,43	-	-9040,43	-	-3616,17
Допуск. момент, Нм	$M_{\text{ДОП}}$	12812,09	9195,92	18236,34	9195,92	-7489,2	9195,92	-2064,94

2.7 Расчет статических характеристик электропривода

Целью расчета является обеспечение технологических задач, заложенных в требованиях к электроприводу. По результатам расчетов были установлены заданная скорость вращения ω_c и момент сопротивления M_c , приведенные к валу электропривода. В выбранной системе электропривода ПЧ–АД требуется определить частоты f_1 и f_2 , при которых механические характеристики будут проходить через точки установившихся режимов.

– номинальный момент на валу электродвигателя

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H};$$

$$M_H = \frac{725000 \times 9,55}{750} = 9231 \text{ Нм.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>					Лист
										57

– момент на валу в установившемся режиме

$$\bar{M}_{\text{зад}} = \frac{M_c}{M_H}$$

– момент на валу в установившемся режиме при движении вниз без груза

$$\bar{M}_{\text{зад}} = \frac{8825,83}{9231} = 0,956 \text{ о. е.}$$

– момент на валу в установившемся режиме при движении вверх с грузом

$$\bar{M}_{\text{зад}} = \frac{9195,92}{9231} = 0,996 \text{ о. е.}$$

– синхронная скорость электродвигателя

$$\omega_{0H} = \frac{60 \times f_{\text{СЕТИ}}}{P};$$

$f_{\text{СЕТИ}}$ – частота питающей сети;

$$f_{\text{СЕТИ}} = 50 \text{ Гц};$$

P – число пар магнитных полюсов;

$$P = 6;$$

$$\omega_{0H} = \frac{60 \times 50}{3} = 1000 \frac{\text{об}}{\text{мин}} = 104,71 \frac{\text{рад.}}{\text{с}};$$

$$\bar{\omega}_{\text{зад}} = \frac{\omega_c}{\omega_{0H}};$$

$$\bar{\omega}_{\text{зад}1} = \frac{4,91}{104,71} = 0,047 \text{ о. е.}$$

$$\bar{\omega}_{\text{зад}2} = \frac{78,53}{104,71} = 0,75 \text{ о. е.}$$

– относительная частота статора

$$\alpha = \frac{f}{f_H} = \bar{\omega}_{\text{зад}};$$

$$f = f_H \times \bar{\omega}_{\text{зад}};$$

$f_H = f_{\text{СЕТИ}} = 50 \text{ Гц}$ – номинальная частота напряжения на статоре.

– частота напряжения в заданной точке

$$f_1 = f_H \times \bar{\omega}_{\text{зад}1};$$

$$f_1 = 50 \times 0,047 = 2,35 \text{ Гц};$$

$$f_2 = f_H \times \bar{\omega}_{\text{зад}2};$$

$$f_2 = 50 \times 0,75 = 37,5 \text{ Гц.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

58

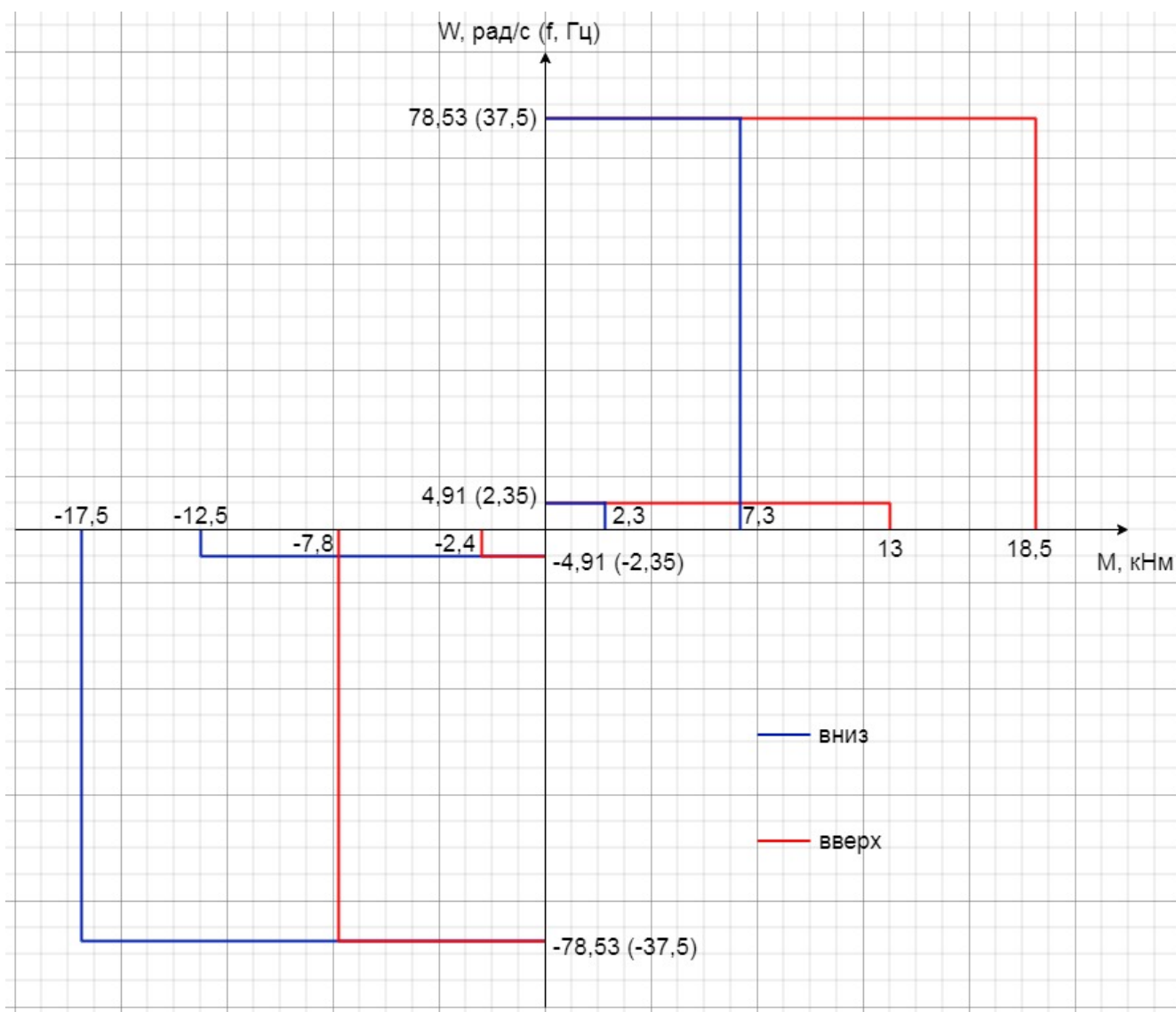


Рисунок 2.9 – Статические характеристики

2.8 Модернизация тормозной системы

Модернизация тормозной системы шахтной подъёмной установки наряду с модернизацией привода является ключевым условием повышения безопасности и производительности шахтного подъёма.

Проектом предусматривается замена существующей панели тормоза на комплектное устройство для модернизации тормоза шахтной подъёмной машины – СПРУТ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

59

Соответствие системы СПРУТ требованиям промышленной безопасности подтверждается разрешением на применение № РРС 00-049211, полученным на основании заключения экспертизы промышленной безопасности ОАО «НЦ ВостНИИ» № 1025-В от 15.08.2012 г.

Пневматическая схема устройства разработана по принципу безотказности предохранительного тормоза в случае возникновения аварийной ситуации или выхода из строя оборудования тормозной системы. При разработке СПРУТ учтены проблемы эксплуатации подъёмных машин с тормозными панелями на основе РДУ выпускаемых заводами Донецкгормаш и НКМЗ:

- отсутствуют автоколебания в клапанах и регуляторе давления;
- решена проблема доступности и качества запасных частей и расходных материалов;

СПРУТ является сложным техническим устройством, но при этом обладает простым интуитивно-понятным интерфейсом.

Контролируемые параметры тормозной системы, включая величину зазоров между колодками и тормозным полем, температуру тормозного обода, давление во внешней сети и тормозных цилиндрах выводятся на экран блока управления тормозом. Общий вид шкафов панели тормоза и блока управления тормозом, приведены на рисунке 2.10.



Рисунок 2.10 – Общий вид шкафов панели тормоза и блока управления тормозом

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		60

- снять ограничения по грузоподъёмности, вызванные недостаточной эффективностью тормозной системы;
- снизить ограничение по высоте подъёма из условия допустимого замедления при срабатывании ТП для одноконцевых проходческих подъёмных установок;
- значительно уменьшить динамические нагрузки при срабатывании ТП за счёт реализации регулируемого тормозного усилия;

Шкафы СПРУТ устанавливаются в здании подъёмной машины. Степень защиты от воздействия окружающей среды IP 54 в соответствии с требованиями ГОСТ 14254-96.

В состав СПРУТ входят: блок управления тормозом (БУТ) и пневматическая панель тормоза (ППТ).

Структурная схема блока управления тормозом СПРУТ приведена на рисунке 2.14.

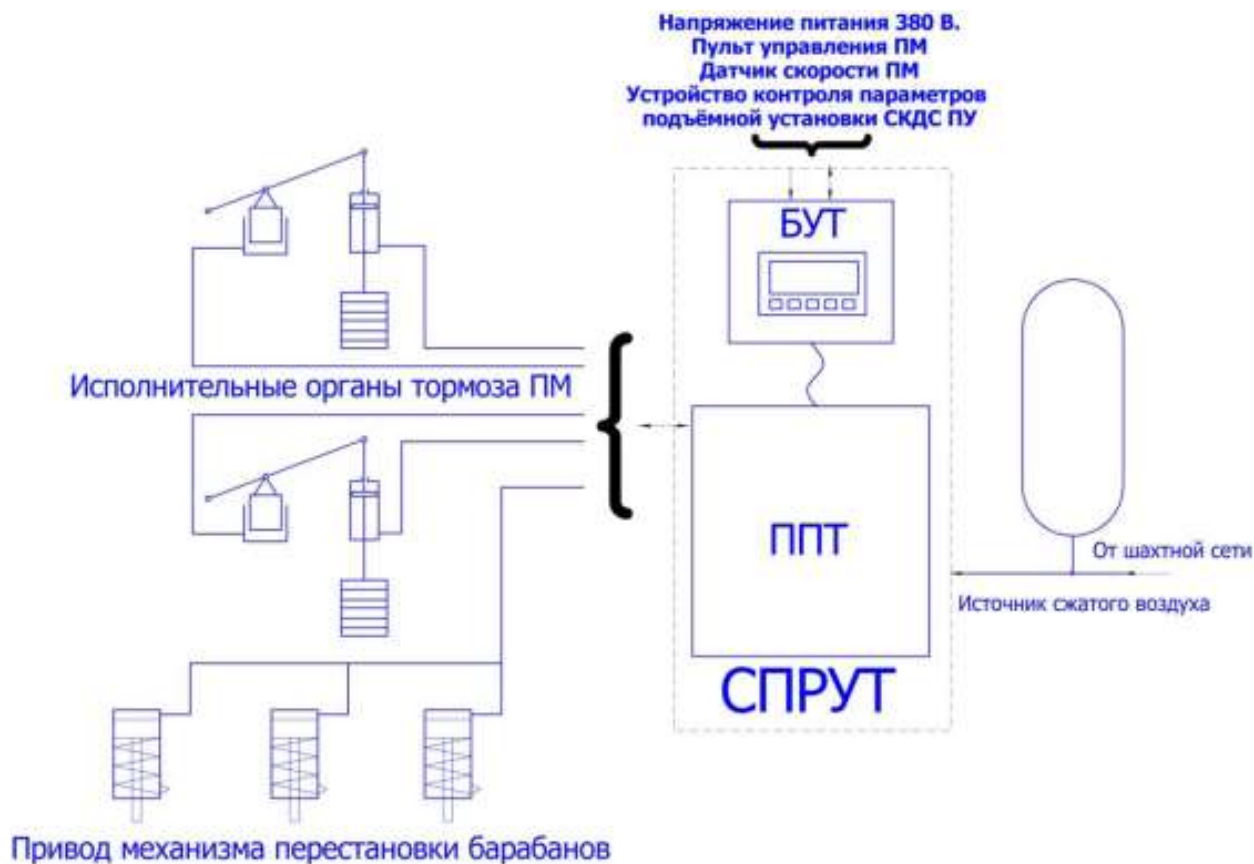


Рисунок 2.12 Структурная схема блока управления тормозом СПРУТ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

62

В состав БУТ входят: автоматические выключатели, реле минимального напряжения, промежуточные реле, пускатели, сенсорная операционная панель, промышленные контроллеры, блоки питания, аккумуляторы напряжением 24 В, распределительные клеммы.

В состав ППТ входят: трубопроводная арматура для сетей сжатого воздуха, воздушные фильтры, пневматические клапаны, регуляторы давления, пневматический бустер, датчики давления, реле давления, манометры, дроссели.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		63

3 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Техническим перевооружением выдачного комплекса шахты «Восточная» предусматривается полная замена действующих систем электропривода и автоматизации подъемной установки на низковольтный электропривод и современную систему автоматического управления подъемной машины (САУ ПМ).

Предусматривается монтаж новых систем включая преобразователь частоты, шкафы управления, панель управления оператора, которыми комплектуется вновь устанавливаемая система подъемной установки.

Все существующее электрооборудование подъемной установки - щиты, шкафы управления, кабельные трассы подлежат демонтажу.

В настоящее время добыча полезных ископаемых производится на 3 горизонтах, но так как процесс автоматизации каждого горизонта одинаков, то принято решение рассматривать один горизонт.

3.1 Описание процесса работы шахтного подъемника

Перед началом цикла скипо-клеть находится в надшахтном здании в порожнем состоянии на посадочных кулаках. После нажатия кнопки «Пуск» при наличии сигнала «Питание», сигнала «Готовность к Автоматическому режиму», сигнала «Автоматический режим» включается сигнал «СнКул», срабатывают звуковой и световой сигнал. Клеть приподнимается, чтобы разгрузить посадочные кулаки. Они с помощью пружинного механизма уходят с траектории движения клетки, через 1,4 секунды на преобразователь подается сигнал «05СА». Клеть приводится в движение, разгоняется и проезжает со скоростью 0,5 м/с до датчика «ПЗ15». Звуковое и световое оповещение прекращается, сигнал «05СА» сменяется на «8».

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		64

Клеть разгоняется и движется со скоростью 8 м/с до датчика «Г455». За 45,5 метров до горизонта сигнал сменяется на сигнал «05СБ». На датчике «Г3» срабатывают звуковой и световой сигналы на горизонте. Скипо-клеть проезжает 3 метра на пониженной скорости до полной остановки. Это сделано для обеспечения безопасности технического процесса. При проезде датчика «Г15» кулаки посадочные на горизонте начинают раскладываться. При достижении клетью датчика «Г042» сигнал «05СБ» отключается, подается сигнал на тормозное устройство. Клеть ставится на посадочные кулаки. Звуковой и световой сигналы отключаются. Слип загружается. Как только слип будет загружен, клеть начнет движение вверх по аналогичному принципу. В случае, если в клетке будет перевозиться груз или персонал, и сработают датчики в клетке, когда она находилась на приемной площадке надшахтного здания, то на горизонте необходимо будет нажать кнопку, без этого клеть не начнет движение после загрузки.

3.2 Список сигналов системы автоматизации

Из представленного описания технологического процесса и последовательности работы механизмом следует, что система автоматизации должна обеспечить работу в двух режимах: ручном и автоматическом.

Система автоматизации должна формировать следующие выходные команды для преобразователя:

- сигнал «Разрешение преобразователя» (РПЧ);
- сигнал «Рычаг изменения скорости скипо-клетки» (рКлеть);
- сигнал «Переключение направления движения клетки» (кнКпер);
- сигнал «Скорость сосуда 8 м/с» (8П);
- сигнал «Скорость сосуда -8 м/с» (8С);
- сигнал «Скорость сосуда 0,5 м/с» (05П);
- сигнал «Скорость сосуда -0,5 м/с» (05С).

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		65

Система автоматизации должна формировать следующие выходные команды для стволовой сигнализации:

- сигнал «Включение светового оповещения на горизонте» (СветГ);
- сигнал «Включение звукового оповещения на горизонте» (ЗвукГ);
- сигнал «Включение светового оповещения в надшахтном здании» (СветНЗ);
- сигнал «Включение звукового оповещения в надшахтном здании» (ЗвукНЗ).

Система автоматизации должна формировать следующие выходные команды для системы управления тормозами:

- сигнал «Включение тормозов» (Торм);
- сигнал «Рычаг управления тормозом» (pТорм);
- сигнал «Посадочные кулаки» (К).

Система разгрузки/загрузки для блока автоматизации должна формировать следующие выходные команды:

- сигнал «Скип загружен» (СК);
- сигнал «Скип разгружен» (СР);
- сигнал «Разгрузка скипа» (РазгС);
- сигнал «Загрузка скипа» (ЗагрС).

Необходимо задействовать выходные сигналы на индикацию и сигнализацию состояния системы. На пульт оператора будут выводиться следующие сигналы:

- сигнал «Замок Питание» (зПит);
- сигнал «Питание» (Пит);
- сигнал «скорость движения 0,5» (05);
- сигнал «скорость движения 8» (8);
- сигнал «Готовность к Автоматическому режиму» (ГотА);
- сигнал «Автоматический режим» (АвтР);
- сигнал «Ручной режим» (РучР);
- сигнал «АВАРИЯ» (Авария);

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66

- сигнал «Неисправность электропривода» (АварЭП);
- сигнал «Неисправность тормозов» (АварТ);
- сигнал «Неисправность датчиков» (АварД);
- сигнал «Клеть использовалась в надшахтном здании» (Клеть1);
- сигнал «Клеть использовалась на горизонте» (Клеть2);
- сигнал «Разгрузка скипа» (РазгС);
- сигнал «Загрузка скипа» (ЗагрС);
- сигнал «Скип загружен» (СЗ);
- сигнал «Скип разгружен» (СР);
- сигнал «Посадочные кулаки» (К);
- сигнал «Включение тормозов» (Торм);
- сигнал «Включение светового оповещения на горизонте» (СветГ);
- сигнал «Включение звукового оповещения на горизонте» (ЗвукГ);
- сигнал «Включение светового оповещения в надшахтном здании» (СветНЗ);
- сигнал «Включение звукового оповещения в надшахтном здании» (ЗвукНЗ).

Пульт, находящийся на горизонте должен выводить сигналы:

- сигнал «СбрК2», который предназначен для сброса сигнала «Клеть1»;
- сигнал «Загрузка скипа» (кнЗагрС).

Пульт, находящийся в надшахтном здании будет выводить сигналы:

- сигнала «СбрК1», который предназначен для сброса сигнала «Клеть2»;
- сигнал «Разгрузка скипа» (кнРазгрС).

С помощью пульта оператора формируются следующие выходные сигналы:

- сигнал «Пуск» (Пуск);
- сигнал «Стоп» (Стоп);
- сигнал «Аварийный стоп» (СтопА);
- сигнал «Тумблер ручной режим» (тРучР);
- сигнал «Тумблер автоматический режим» (тАвтрР);
- сигнал «Сброс аварии» (СбросА);

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		67

- сигнал «Рычаг изменения скорости скипо-клет» (рКлеть);
- сигнал «Кнопка Переключение направления движения клетки» (кнКпер);
- сигнал «Рычаг управления тормозным усилием» (рТорм);
- сигнал «Кнопка Посадочные кулаки» (кнК);
- сигнал «Кнопка Звуковой сигнал на горизонте» (кнЗвукГ);
- сигнал «Кнопка Световой сигнал на горизонте» (кнСветГ);
- сигнал «Кнопка Звуковой сигнал в надшахтном здании» (кнЗвукНЗ);
- сигнал «Кнопка Световой сигнал в надшахтном здании» (кнСветНЗ).

Кроме этого необходимо задействовать промежуточные сигналы для создания памяти и дополнительных сигналов, которые нужны для выполнения алгоритмов внутри контроллера:

- сигнал «Память цикла» (Рц);
- сигнал «Память спуска» (Рспуска);
- сигнал «Поднятие клетки для снятия кулаков» (СнКул);
- сигнал, обозначающий движение на пониженной скорости без определения направления «05».

Необходимо использовать следующие датчики технологической информации:

- датчик, находящийся на приемной площадке надшахтного здания (НЗ);
- датчик, на расстоянии 1,5 метра от надшахтного здания (НЗ15);
- датчик, на расстоянии 45,5 метра от надшахтного здания (НЗ455);
- датчик, на расстоянии 3 метра от надшахтного здания (НЗ3);
- датчик, находящийся на приемной площадке горизонта (Г);
- датчик, на расстоянии 1,5 метра от горизонта (Г15);
- датчик, на расстоянии 45,5 метра от горизонта (Г455);
- датчик, на расстоянии 0,42 метра от горизонта (Г042);
- датчик, на расстоянии 3 метра от горизонта (Г3);
- датчик открытия ворот клетки в надшахтном здании (Квор1);
- датчик открытия ворот клетки на горизонте (Квор2).

В таблице 3.1 сведены все сигналы и команды, используемые в системе.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		68

Таблица 3.1 – Сигналы и команды, используемые в системе автоматизации

Переменные	Обозначение	Наименование	Принятое значение (единица)
Входные сигналы пульта оператора и выходные блока автоматизации	СветНЗ	Лампа индикации «Световое оповещение в надшахтном здании»	Есть
	СветГ	Лампа индикации «Световое оповещение на горизонте»	Есть
	ЗвукНЗ	Лампа индикации «Звуковое оповещение в надшахтном здании»	Есть
	ЗвукГ	Лампа индикации «Звуковое оповещение на горизонте»	Есть
	К	Лампа индикации «Посадочные кулаки»	Есть
	АвтР	Лампа индикации «Автоматический режим»	Есть
	РучР	Лампа индикации «Ручной режим»	Есть
	Торм	Лампа индикации «Включение тормозов»	Есть
	ГотА	Лампа индикации «Готовность к Автоматическому режиму»	Есть
	Пит	Лампа индикации «Питания»	Есть
	Авария	Лампа индикации «Авария»	Есть
	Клеть 1	Лампа индикации «Клеть использовалась в надшахтном здании»	Есть
	Клеть 2	Лампа индикации «Клеть использовалась на горизонте»	Есть
	05	Лампа индикации «скорость движения 0,5»	Есть
	8	Лампа индикации «скорость движения 8»	Есть
АварД	Лампа индикации «Неисправность датчиков»	Есть	

Продолжение таблицы 3.1

Входные сигналы пульта оператора	Пит	Лампа индикации «Питания»	Есть
	ГотА	Лампа индикации «Готовность к Автоматическому режиму»	Есть
	АвТР	Лампа индикации «Автоматический режим»	Есть
	РучР	Лампа индикации «Ручной режим»	Есть
	Авария	Лампа индикации «Авария»	Есть
	АварТ	Лампа индикации «Неисправность тормозов»	Есть
	АварД	Лампа индикации «Неисправность датчиков»	Есть
	АварЭП	Лампа индикации «Неисправность электропривода»	Есть
	Клеть1	Лампа индикации «Клеть использовалась в надшахтном здании»	Есть
	Клеть2	Лампа индикации «Клеть использовалась на горизонте»	Есть
	РазгС	Лампа индикации «Разгрузка скипа»	Есть
	ЗагрС	Лампа индикации «Загрузка скипа»	Есть
	СЗ	Лампа индикации «Скип загружен»	Есть
	СР	Лампа индикации «Скип разгружен»	Есть
	К	Лампа индикации «Посадочные кулаки»	Есть
	СветНЗ	Лампа индикации «Световое оповещение включено на приемной площадке в надшахтном здании»	Есть
	СветГ	Лампа индикации «Световое оповещение включено на приемной площадке горизонта»	Есть

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

70

Продолжение таблицы 3.1

	ЗвукНЗ	Лампа индикации «Звуковое оповещение в надшахтном здании»	Есть
	ЗвукГ	Лампа индикации «Звуковое оповещение на горизонте»	Есть
	05	Лампа индикации «скорость движения 0,5»	Есть
	8	Лампа индикации «скорость движения 8»	Есть
Выходные сигналы пульта оператора	СтопА	Кнопка «Аварийный стоп»	Нажата
	Пуск	Кнопка «Пуск»	Нажата один раз
	Стоп	Кнопка «Стоп»	Нажата один раз
	тРучР	Тумблер «Ручной режим»	Повернут влево
	тАвтР	Тумблер «Автоматический режим»	Повернут вправо
	СбросА	Кнопка «Сброс аварии»	Нажата
	рКлеть	Рычаг управления скоростью клетки	-
	рТорм	Рычаг управления тормозами	-
	кнКпер	Кнопка «Переключение направления движения в ручном режиме»	Удержана 2 секунды
	кнК	Кнопка «Посадочные кулаки»	Нажата один раз
	кСветГ	Кнопка «Световое оповещение на горизонте»	Нажата
	кСветНЗ	Кнопка «Световое оповещение в надшахтном здании»	Нажата
	кЗвукГ	Кнопка «Звуковое оповещение на горизонте»	Нажата
	кЗвукНЗ	Кнопка «Звуковое оповещение в надшахтном здании»	Нажата
	СтопА	Кнопка «Аварийный стоп»	Нажата
	Пуск	Кнопка «Пуск»	Нажата один раз

Продолжение таблицы 3.1

Входные сигналы блока автоматизации	Стоп	Кнопка «Стоп»	Нажата один раз
	тРучР	Тумблер «Ручной режим»	Повернут влево
	тАвтР	Тумблер «Автоматический режим»	Повернут вправо
	СбросА	Кнопка «Сброс аварии»	Нажата
	рКлеть	Рычаг управления скоростью клетки	-
	рТорм	Рычаг управления тормозами	-
	кнКпер	Кнопка «Переключение направления движения в ручном режиме»	Удержана 2 секунды
	кнК	Кнопка «Посадочные кулаки»	Нажата один раз
	кСветГ	Кнопка «Световое оповещение на горизонте»	Нажата
	кСветНЗ	Кнопка «Световое оповещение в надшахтном здании»	Нажата
	кЗвукГ	Кнопка «Звуковое оповещение на горизонте»	Нажата
	кЗвукНЗ	Кнопка «Звуковое оповещение в надшахтном здании»	Нажата
	АварТ	Сигнал «Неисправность тормозов»	Есть
	АварЭП	Сигнал «Неисправность электропривода»	Есть
	ЗагрС	Сигнал «Загрузка скипа»	Есть
	РазгС	Сигнал «Разгрузка скипа»	Есть
	СР	Сигнал «Скип разгружен»	Есть
	СЗ	Сигнал «Скип загружен»	Есть
	Квор1	Датчик открытия ворот клетки в надшахтном здании	Есть
	Квор2	Датчик открытия ворот клетки на горизонте	Есть
НЗ	Датчик, находящийся на приемной площадке надшахтного здания	Есть	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

72

Продолжение таблицы 3.1

	Н315	Датчик, на расстоянии 1,5 метра от надшахтного здания	Есть
	Н33	Датчик, на расстоянии 3 метра от надшахтного здания	Есть
	Н3455	датчик, на расстоянии 45,5 метра от надшахтного здания	Есть
	Г455	Датчик, на расстоянии 45,5 метра от горизонта	Есть
	Г3	Датчик, на расстоянии 3 метра от горизонта	Есть
	Г15	Датчик, на расстоянии 1,5 метра от горизонта	Есть
	Г042	Датчик, на расстоянии 0,42 метра от горизонта	Есть
	Г	Датчик, находящийся приемной площадке на горизонте	Есть
	СбрК1	Сигнал с пульта в надшахтном здании для отключения блокировки из-за открытия ворот клетки на горизонте	Есть
	СбрК2	Сигнал с пульта на горизонте для отключения блокировки из-за открытия ворот клетки в надшахтном здании	Есть
Входные сигналы стволовой сигнализации	К	Включение «Посадочные кулаки»	Есть
	СветГ	Включение «Световое оповещение на горизонте»	Есть
	СветНЗ	Включение «Световое оповещение в надшахтном здании»	Есть
	ЗвукГ	Включение «Звуковое оповещение на горизонте»	Есть
	ЗвукНЗ	Включение «Звуковое оповещение в надшахтном здании»	Есть
Входные сигналы системы управления тормозами	рТорм	Рычаг управления тормозами в ручном режиме	-
	Торм	Включение тормоза	Есть
	РПЧ	Включение разрешения преобразователя	Есть
	05С	Спуск со скоростью 0,5 м/с	Есть

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

73

Продолжение таблицы 3.1

Входные сигналы преобразователя	05П	Подъем со скоростью 0,5 м/с	Есть
	8С	Спуск со скоростью 8 м/с	Есть
	8П	Подъем со скоростью 8 м/с	Есть
	рКлеть	Рычаг управления скоростью скипо-клетей	-
	кнКпер	Переключение направления движения в ручном режиме	Есть

3.3 Разработка алгоритма автоматизации управления элементами объекта

Для более легкого восприятия программа разделяется на следующие блоки: «блок автоматизации», «блок управления преобразователем», «блок системы управления тормозом», «блок разгрузки/загрузки», «блок аварийных сигналов», «блок стволовой сигнализации».

– блок автоматизации

$$\text{ГотА} = \text{НЗ} \times \overline{\text{СЗ}} \times \overline{\text{тРучР}} \times \overline{\text{Авария}};$$

$$\text{АвтР} = (\text{тАвтР} + \text{АвтР}) \times \text{ГотА};$$

$$\text{РучР} = (\text{тРучР} + \text{РучР}) \times \text{ГотР};$$

$$\text{Рц} = (\text{Пуск} + \text{Рц}) \times \text{АвтР} \times \overline{\text{Стоп}} \times \overline{\text{Авария}};$$

$$\text{Клеть} = \text{Клеть1} \times \Gamma + \text{Клеть2} \times \text{НЗ};$$

$$\text{Клеть1} = (\text{Квор1} + \text{Клеть}) \times \text{НЗ} \times \overline{\text{кнСбрК2}};$$

$$\text{Клеть2} = (\text{Квор2} + \text{Клеть}) \times \Gamma \times \overline{\text{кнСбрК1}};$$

$$\text{Рпуска} = (\Gamma + \text{Рпуска}) \times \overline{\text{НЗ}} \times \text{АвтР} \times \overline{\text{Авария}}.$$

– блок управления преобразователем

$$\text{РПЧ} = \left((\Gamma \times \text{СЗ} + \text{РПЧ}) \times \overline{\text{НЗ}} \times \overline{05} + (\text{Пуск} \times \text{НЗ} \times \overline{\text{СЗ}} + \text{РПЧ}) \times \overline{\Gamma} \times \overline{05} + (\text{Рц} \times \text{НЗ} \times \overline{\text{СЗ}} + \text{РПЧ}) \times \overline{\Gamma} \times \overline{05} \right) \times \overline{\text{Клеть}} \times \overline{\text{Авария}};$$

$$\text{СнКул} = \left(\left(\left(\left(\Gamma \times \text{СЗ} \right) + \text{Пуск} \times \text{НЗ} \times \overline{\text{СЗ}} + \text{Рц} \times \text{НЗ} \times \overline{\text{СЗ}} \right) \times \overline{\text{Клеть}} \right)^{1,5c} \times \text{РПЧ} \times \overline{\text{Авария}};$$

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

- ручное задание скорости и тормозного усилия;
- отображение состояния подъемной машины, а также текущих параметров электропривода, тормоза и вспомогательных механизмов на сенсорных экранах;
- ведение переговоров по громкой проводной связи и телефону с рукоятчиком и стволовыми на горизонтах, а также по беспроводной связи с работающим персоналом, который находится в клетке.

На передней тумбе размещены мониторы видеотерминальной станции. На боковых тумбах расположены сенсорные экраны системы автоматизированного управления.

На пульте управления предусмотрены:

- индикационные светодиодные лампы с целью индикации состояния системы (режима работы): «Автоматический», «Ручной», «Питание», «Авария», «Готовность Автоматического Режима», «Неисправность электропривода», «Неисправность системы управления тормозами», «Неисправность датчиков». «КЛЕТЬ», «Загрузка скипа», «Разгрузка скипа», «Скип загружен», «Скип разгружен»;
- рычаги управления электродвигателем и тормозами, переключатель направления движения скипо-клетки;
- кнопки управления работы системы автоматизированного управления подъемной машины «Пуск», «Стоп», «Аварийный стоп» и кнопки управления подъемной машиной в ручном режиме «Спуск 05», «Подъем 05», «Спуск 8», «Подъем 8», «Кулаки Надшахтное здание», «Кулаки Горизонт», а также кнопка «Сброс аварии» и «Аварийное выключение питания»;
- тумблер положений автоматического и ручного режима работы;
- кнопки управления работы системы стволовой сигнализации «Свет Надшахтное здание», «Звук Надшахтное здание», «Свет Горизонт», «Звук Горизонт»;
- кнопки на пульте управления, находящемся на приемной площадке надшахтного здания «Разгрузка скипа», «Пуск»;

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		78

- индикация на пульте управления, находящемся на приемной площадке надшахтного здания «Скип разгружен», «Ворота клетки открыты»;
- кнопки на пульте управления, находящемся на приемной площадке горизонта «Загрузка скипа», «Пуск»;
- индикация на пульте управления, находящемся на приемной площадке горизонта «Скип загружен», «Ворота клетки открыты»;

Примеры интерфейсов сенсорных экранов приведены на рисунках 3.2 и 3.3.

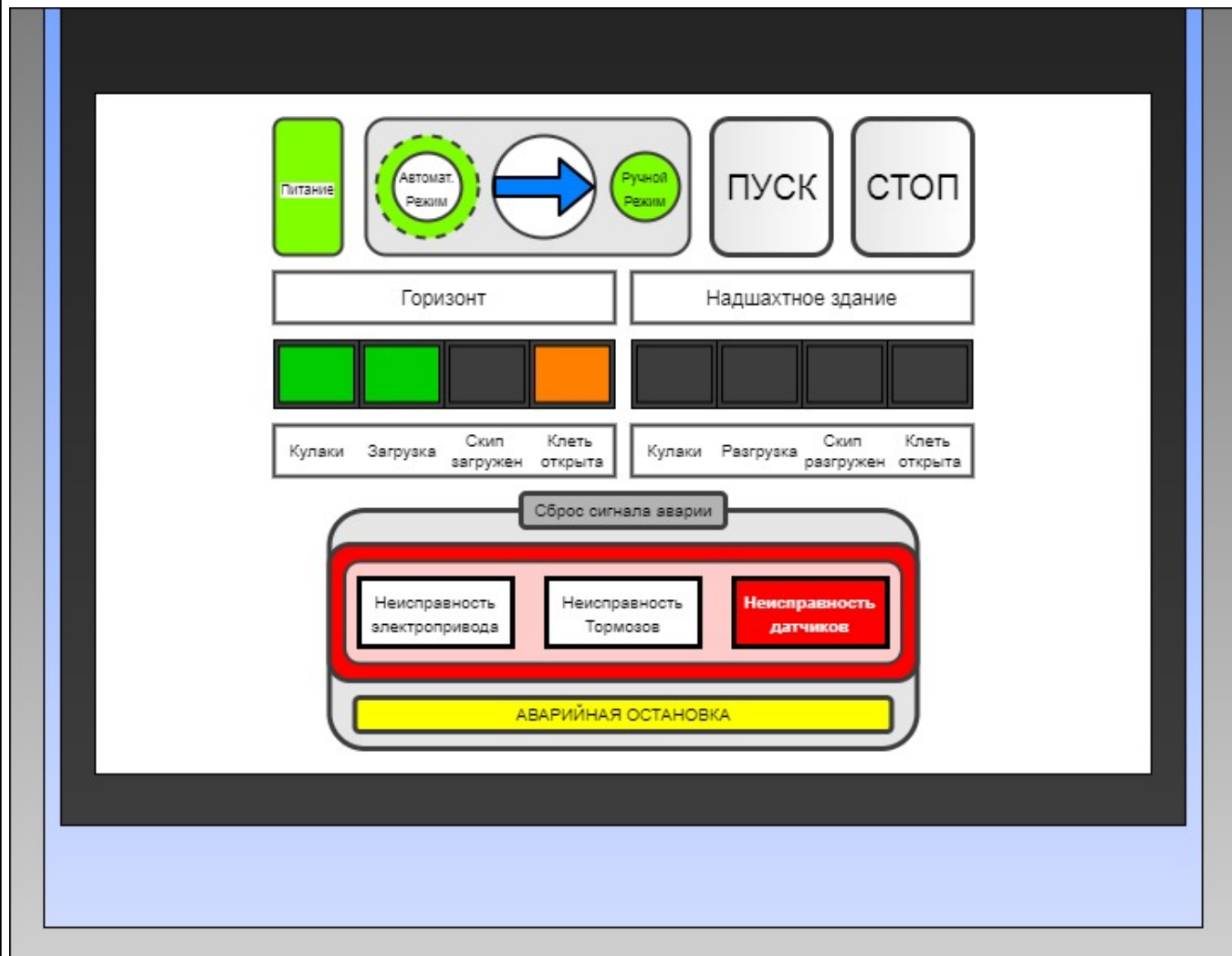


Рисунок 3.2 – Сенсорная панель 1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

79

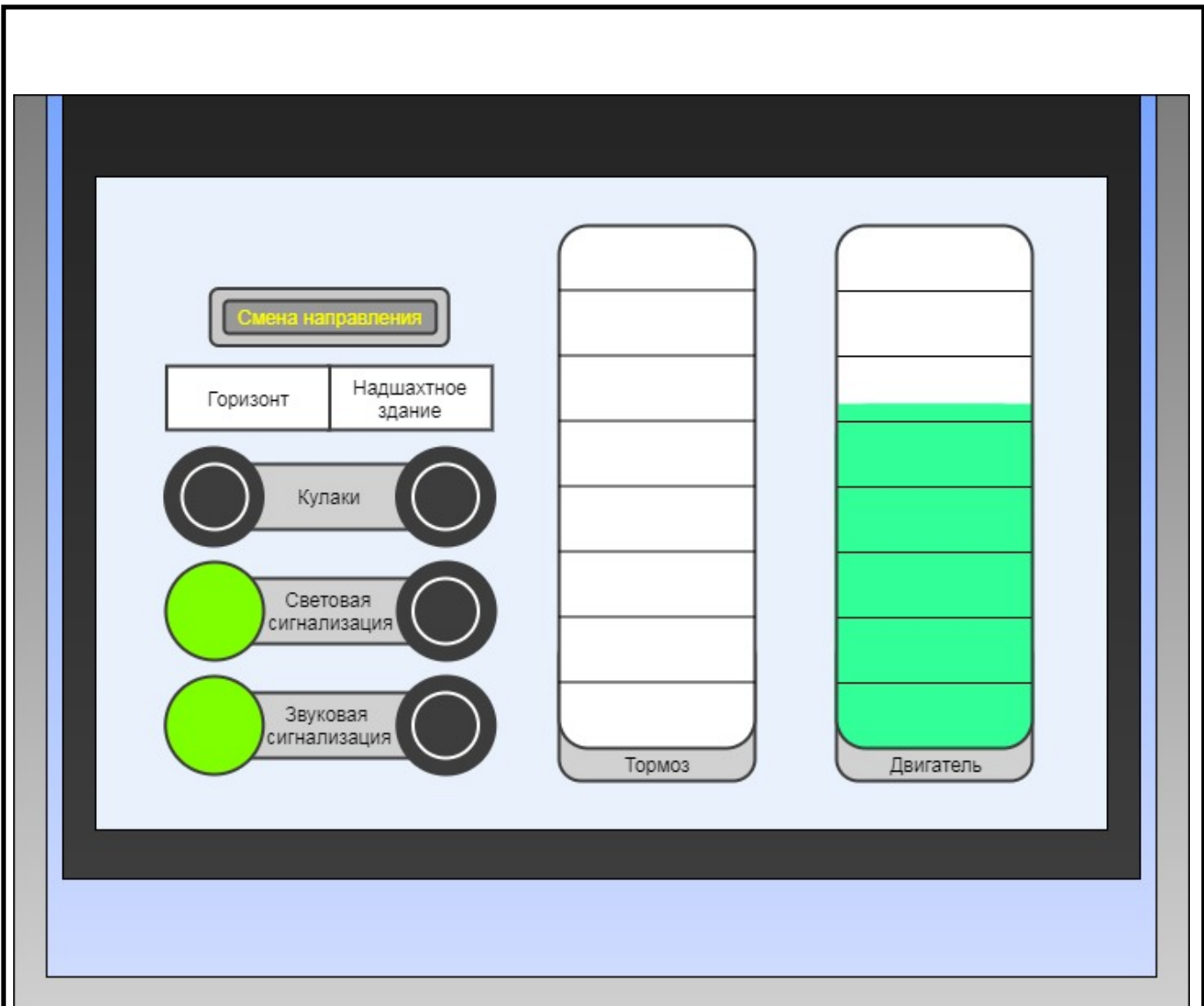


Рисунок 3.3 – Сенсорная панель 2

3.6 Автоматизированная система шахтной стволовой сигнализации

Автоматизированная система стволовой сигнализации и связи предназначена для координации действий персонала, обслуживающего подъем, путем выдачи звуковых и световых сигналов, речевой связи, обмена данными с вышестоящей системой, приема сигналов от датчиков и их передачи машинисту подъемной установки. Система стволовой сигнализации и связи обеспечивает устройство управления электроприводом подъема и оператора подъема необходимой информацией и является неотъемлемой частью оборудования.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

80

АССС выполняется на базе оборудования фирмы «ИНГОРТЕХ» (Россия), предназначенного для применения в рудниках опасных по газу и пыли и имеющего действующие сертификаты и разрешение на применение в РФ.

Объем оборудования, входящего в стволовую сигнализацию для скипового подъема, определен исходя из установки оборудования на приемной площадке, горизонтах загрузки, разгрузки и у машиниста ПМ.

Аппаратура представляет собой совокупность устройств, выполненных на базе микропроцессорной техники блочно-модульного исполнения, с возможностью аппаратного и программного изменений в зависимости от требований, предъявляемых при оснащении конкретного подъема.

Система сбора и передачи данных состоит из станций и пультов, устанавливаемых на приемных площадках. Пульты оснащены органами управления и средствами индикации состояния оборудования.

Внешний вид пультов управления приведен на рисунке 3.4.

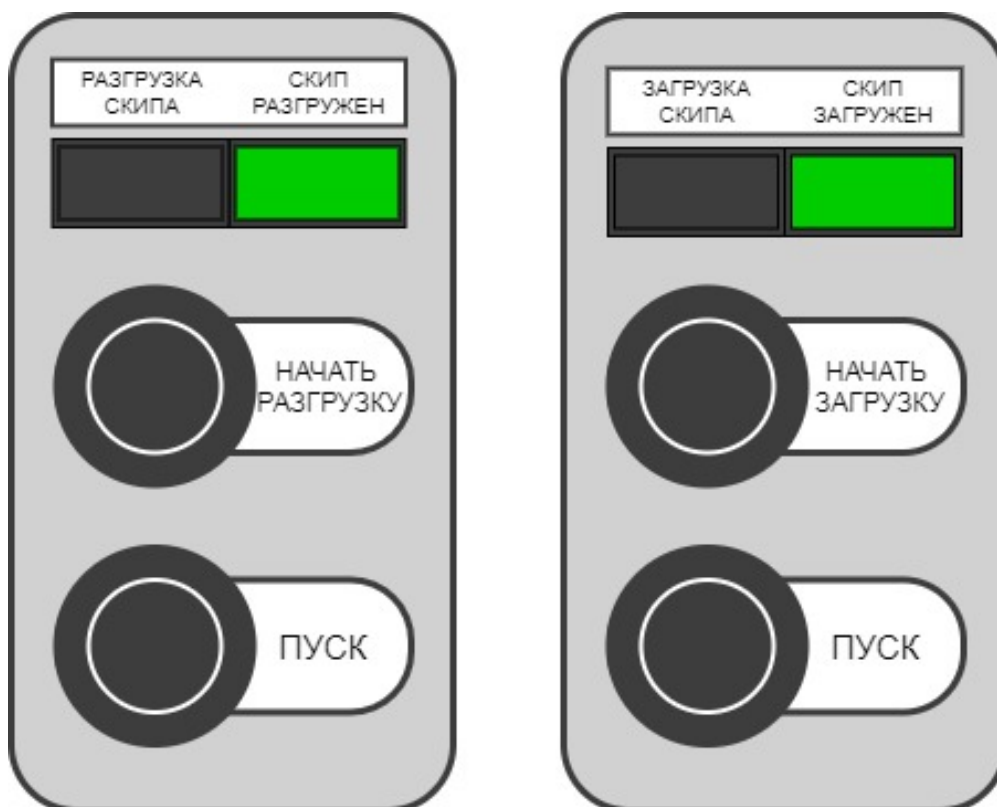


Рисунок 3.4 – Пульты управления на приемных площадках

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

81

3.7 Разработка функциональной схемы автоматизации

На основе описания технологического процесса, автоматизируемого объекта, определенных входных и выходных команд составлена схема электрическая функциональная, представленная на рисунке 3.5.

В рассматриваемой системе автоматизации можно выделить следующие функциональные элементы:

- пульт оператора;
- пульт управления на горизонте;
- пульт управления в надшахтном здании;
- блок «автоматизация»;
- блок «преобразователь»;
- блок «система управления тормозами»;
- блок «питание системы»;
- подъемная установка;
- датчики технологической информации.

На функциональной схеме показана взаимосвязь отдельных элементов системы автоматизации.

Питание контроллера, пульта управления и датчиков осуществляется от блока питания системы, преобразующего переменный трехфазный ток напряжением 380В в постоянный ток напряжением 24В.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						82
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

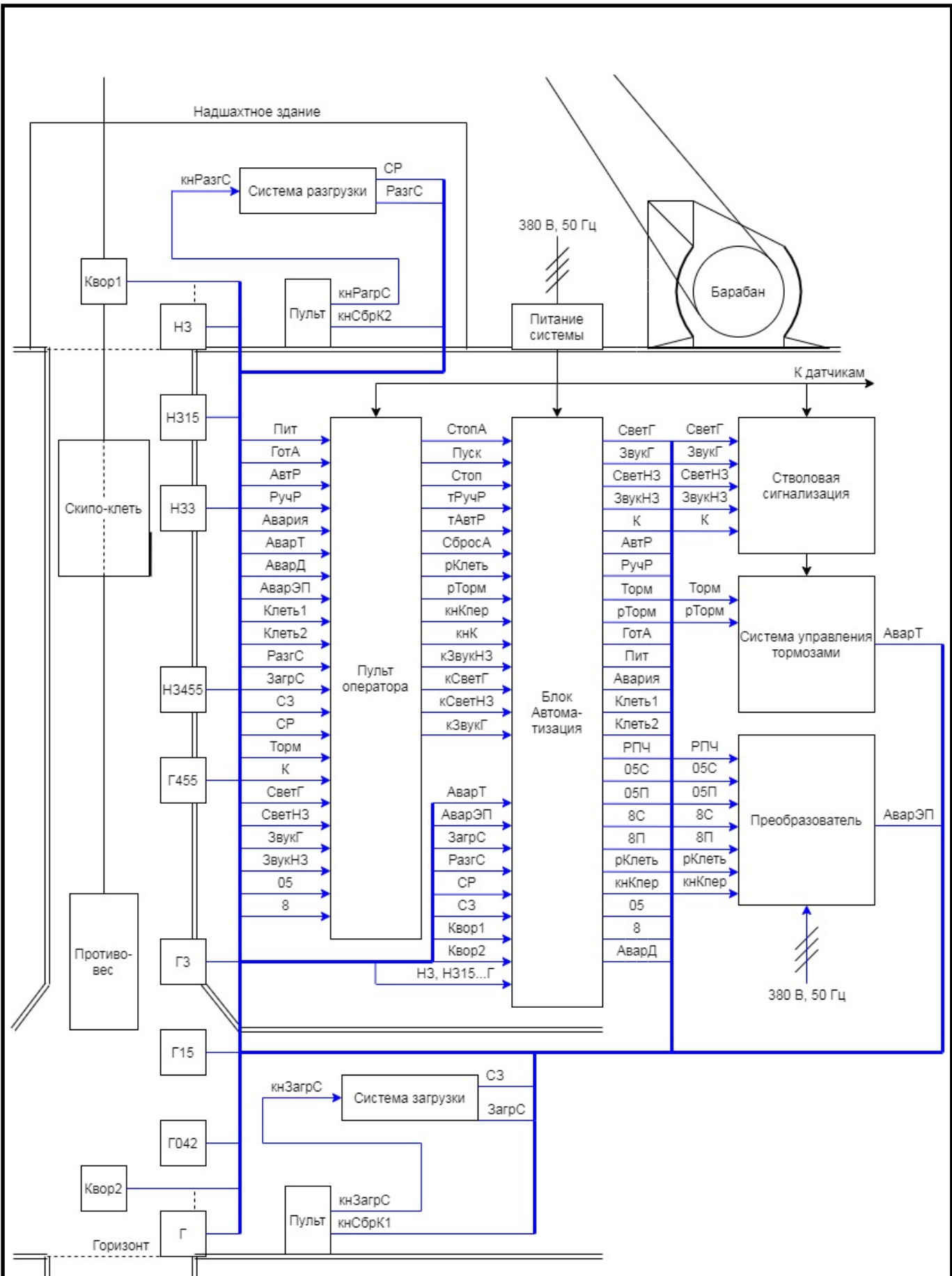


Рисунок 3.5 – Функциональная схема шахтного подъемника

3.8 Выбор элементной базы автоматики

Выбор блока управления

В качестве блока управления выбран контроллер Siemens S7-1200 CPU1217C с модулем ввода-вывода дискретных сигналов SM 1223, 16DI / 16DO.



Рисунок 3.6 – Siemens S7-1200 CPU1217C



Рисунок 3.7 – Siemens S7-1200 SM 1223, 16DI / 16DO

– выбор датчиков технологической информации

Для определения положения скипо-клетки в стволе, а также состояния ворот на горизонте и в надшахтном здании, выберем ультразвуковые датчики Simatic PХО. Датчик состоит из излучателя и приемника.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

84

При вхождении объекта в звуковой конус с любого направления и попадания в диапазон срабатывания, срабатывает переключающий сигнал.



Рисунок 3.8 – датчик SIMATIC PXS800 M30 K3 ATEX

Таблица 3.2 – Технические параметры датчика SIMATIC PXS800 M30 K3 ATEX

№ п.	Наименование параметра	Размерность	Значение
1	Напряжение питания	В	12...30 DC
2	Подключение	—	5pin, трехпроводной кабель
3	Выход		PNP
4	Номинальный ток	мА	300
5	Зона чувствительности	м	0,6-6

– выбор пульта управления

Пульт управления в системе автоматизации будет представлять собой две сенсорные панели SIMATIC HMI TP2200 Comfort фирмы Siemens. Данная серия панелей операторов используется для решения широкого круга задач человеко-машинного интерфейса. К преимуществам можно отнести небольшую монтажную глубину, высокую стойкость к вибрационным и ударным, а также электромагнитным воздействиям, степень защиты фронтальной части корпуса IP65 позволяют использовать панели этой серии в жестких промышленных условиях, успешно решать задачи оперативного управления и мониторинга на уровне производственных машин и установок.

Характеристики панели сведены в таблицу 3.3, внешний вид представлен на рисунке 3.9.

Таблица 3.3 – Технические характеристики SIMATIC HMI TP2200

№ п.	Наименование параметра	Размерность	Значение
1	Напряжение питания	В	24
2	Размер экрана	дюйм	21,5
3	Порты	—	RS-485/Profibus/RS-232 Ethernet
4	Потребляемая мощность	Вт	53
5	Габариты (ШхВ)	мм	495,6 × 292,2



Рисунок 3.9 – Сенсорная панель SIMATIC HMI TP2200 Comfort – выбор блока питания

Выбор блока питания необходимо производить с учетом мощности всех потребителей, питающихся от него (контроллер, датчики и пульт управления).

$$P_{\text{ПОТР}} = U_{\text{КОНТР}} \times I_{\text{КОНТР}} + 11 \times U_{\text{ДАТЧ}} \times I_{\text{ДАТЧ}} \times 2 \times P_{\text{СП}};$$

$$P_{\text{ПОТР}} = 24 \times 1,5 + 11 \times 24 \times 0,3 + 2 \times 53 = 221,2 \text{ Вт.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ

Лист

86

По полученной мощности выберем блок питания EPP-400-24 (без вентилятора) — источник питания мощностью 252 Вт, производства компании «Mean Well». Его технические характеристики представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Технические характеристики источника питания EPP-400-24

№ п.	Наименование параметра	Размерность	Значение
1	Входное напряжение	В	90-305
2	Выходное напряжение		24
3	Выходная мощность	Вт	252 (234)
4	Выходной ток, до	А	10,5
5	КПД	%	93
6	Рабочая температура	°С	-30...70

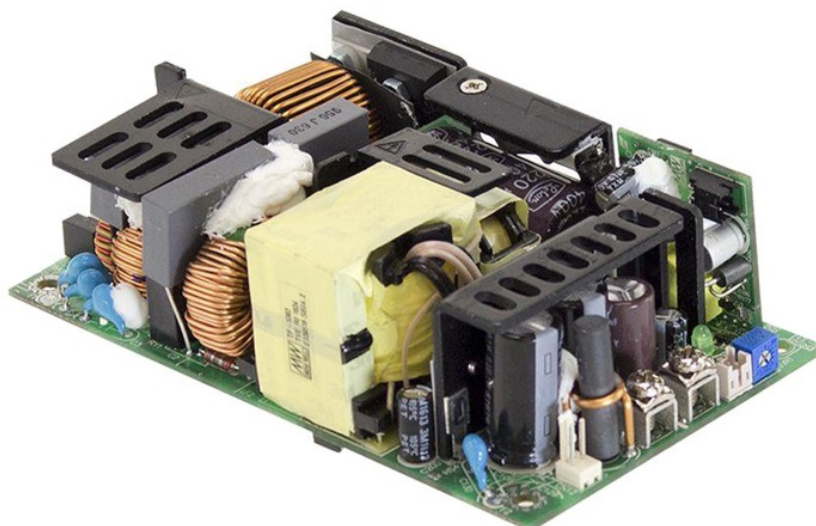


Рисунок 3.10 – Блок питания EPP-400-24

3.9 Разработка принципиальной схемы

В соответствии с выбранной элементной базой и разработанной функциональной схемой системы автоматизации была составлена принципиальная схема (чертеж ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.02Э3).

Автоматический выключатель QF1 обеспечивает питание всей системы, а также осуществляет защиту от токов короткого замыкания.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		87

С помощью контактора КМ1 реализована нулевая защита двигателей, которая исключает самозапуск электродвигателей при исчезновении или резком снижении напряжения питающей сети. При повороте ключ-бирки SA1 подается питание на силовые цепи и на пульт управления, после ее отпускания происходит самоподхват. В случае нажатия кнопки SB1 силовые цепи разрываются.

Автоматический выключатель QF2 обеспечивает питание системы управления двигателем и защищает их от тока короткого замыкания.

Блок питания с выходным напряжением 24 В подает питание на основные низковольтные элементы схемы: пульта управления, контроллер и датчики.

Пульты А1, А2 обеспечивает управление всем технологическим процессом в ручном и автоматическом режиме, а также индикацию сигналов готовности и аварийных режимов.

Пульты А3, А4 предназначены для управления в ручном режиме загрузкой и разгрузкой скипа на горизонте в здании надшахтном, а также для снятия блокировки, вызванной открытием двери клетки на другой высоте. Имеют индикацию состояния скипа и процесса разгрузки, загрузки.

Автоматизация технологического процесса реализуется программируемым контроллером А5. Входные сигналы поступают с пультов управления, датчиков технологической информации, выходные сигналы подаются на преобразователь частоты, систему управления тормозами, блок стволовой сигнализации.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						88
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате данной квалификационной работы описано назначение подъемников, проведена классификация шахтных подъемных установок. Рассмотрены их основные схемы. Посчитаны производительность текущего подъема, возможные годовые объемы добычи после модернизации системы и время окупаемости. Описан технологический процесс предприятия. Произведен расчет электродвигателя с учетом замены клетки на скипо-клеть. Приведены статические моменты и моменты инерции к валу двигателя. Построены нагрузочные и статические характеристики электропривода. Рассчитаны параметры редуктора, сделан подбор оборудования. Произведены расчет параметров преобразователя частоты и его выбор. Рассмотрена автоматизация технологического процесса. Составлен список сигналов системы автоматизированного управления, который после занесен в таблицу, написан алгоритм работы, нарисованы функциональная и принципиальная схемы, представлены рисунки сенсорных экранов управления подъемной установкой.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						89
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Дмитриев, В. Г. Основы автоматизации проектирования горных транспортных машин: учебное пособие / В. Г. Дмитриев, П. Н. Егоров, В. А. Малахов. – Москва: Горная книга, 2004. – 233 с. – ISBN 5-7418-0357-1. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/3457> (дата обращения: 15.04.2020).

2 Цифровые технологии в горном деле: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) № 11 (специальный выпуск 37): сборник научных трудов. – Москва: Горная книга, 2019. – 664 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/134937> (дата обращения: 15.04.2020).

3 Решетняк С.Н. К вопросу о применении частотно-регулируемого привода шахтных подъемных установок/ Решетняк С.Н. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. - №. 5. С. 230-232 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9613232> (дата обращения: 06.04.2020).

4 Franz, B. Integrated planning of the partially automated Banji coal mine in China / B. Franz, B.-N. Bernhard, S. Andreas // The 6th International Conference on Mining Science & Technology. – 2009. – Vol. 1, iss. 1. – Pages 1312–1319. – <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878522009002033> (дата обращения: 13.04.2020). DOI: 10.1016/j.proeps.2009.09.202.

5 Каталог продукции фирмы *Siemens*. – <https://www.c-o-k.ru/library/instructions/> (дата обращения: 25.05.2020).

6 Каталог продукции фирмы *Siemens*. – <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/?mlfb=6SL3710-7LE41-4AA3-Z+M54/> (дата обращения: 25.05.2020).

7 Каталог продукции фирмы *Siemens*. – <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/1LQ1212-4BC71-4AA1/> (дата обращения: 25.05.2020).

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		90

19 Борисов, А.М. Автоматизация технологических процессов (технологические средства, проектирование, лабораторный практикум): учебное пособие в 2 ч. / А.М. Борисов, Н.Е. Лях. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. – Ч.1. – 404 с.

20 Борисов, А.М. Программируемые устройства автоматизации: учебное пособие / А.М. Борисов, А.С. Нестеров, Н.А. Логинова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 186 с.

21 Стандарт предприятия: курсовые и дипломные проекты. Общие требования к содержанию и оформлению. СТО ЮУрГУ 04 – 2008. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.071.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						92
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Перв. примен.

Справ. №

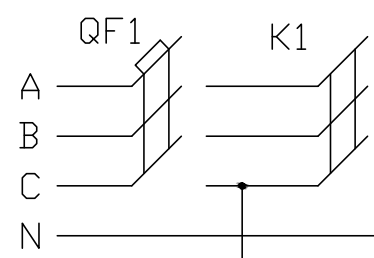
Погр. и дата

Инв. № дубл.

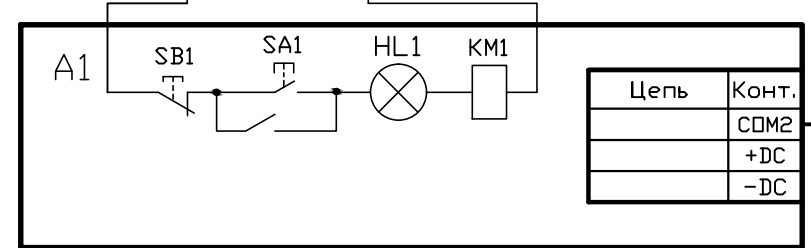
Взам. инв. №

Погр. и дата

Инв. № подл.



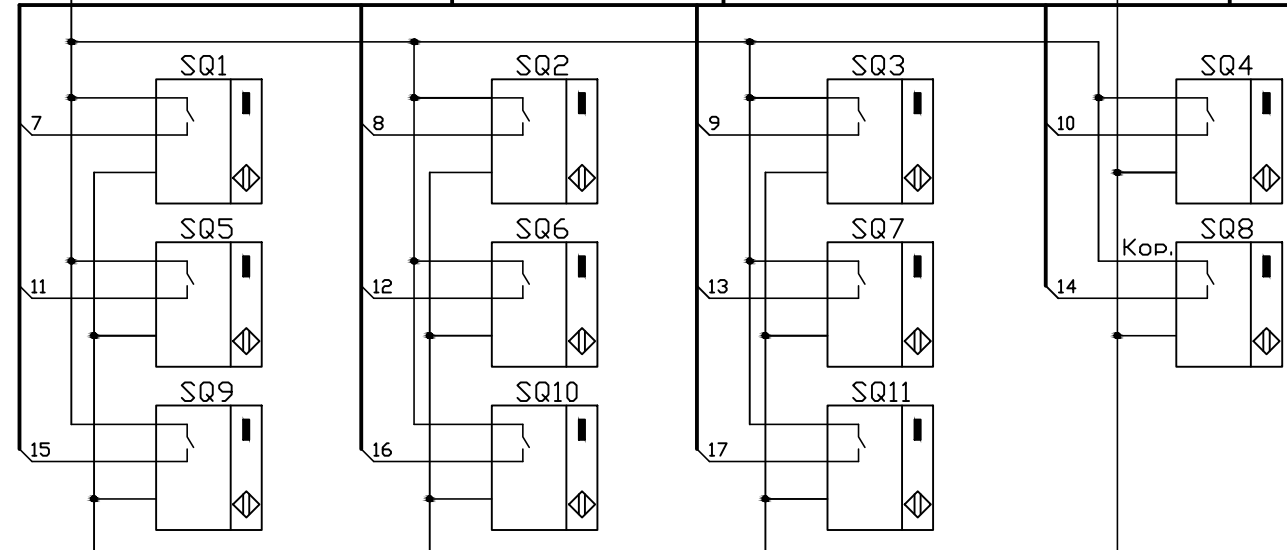
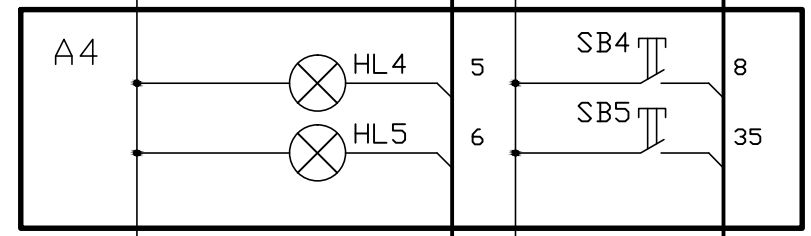
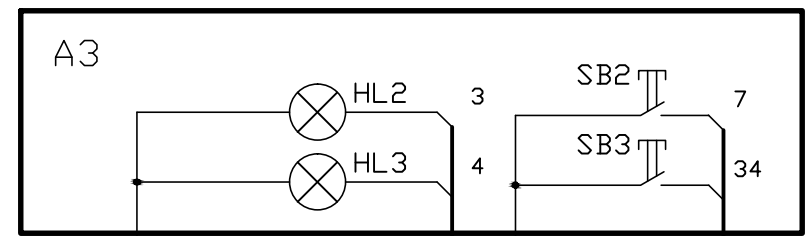
Конт.	Цепь	Цепь	Конт.
1	FG	DC-	1
2	AC/N	DC+	2
3	AC/L		



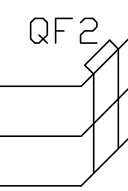
Цепь	Конт.
	СДМ2
	+DC
	-DC



Цепь	Конт.
	СДМ4
	+DC
	-DC



Входы		Выходы	
Конт.	Цепь	Цепь	Конт.
СДМ1		+24V	
СДМ3		-24V	
С0		С0	
DI0	АварЭП	РПЧ	ДП0
DI1	АварТ	05С	ДП1
DI2	СР	05П	ДП2
DI3	РазгС	8С	ДП3
С1			С1
DI4	С3	8П	ДП4
DI5	ЗагрС	рКлеть	ДП5
DI6	СбрК1	кнкпер	ДП6
DI7	СбрК2	Торм	ДП7
С2			С3
DI8	Н3	рТорм	ДП8
DI9	Н315	К	ДП9
DI10	Н33	СветН3	ДП10
DI11	Н3455	ЗвукН3	ДП11
С3			С4
DI12	Г455	СветГ	ДП12
DI13	Г3	ЗвукГ	ДП13
DI14	Г15		
DI15	Г042		
С4			
DI16	Г		
DI17	Квор1		
DI18	Гвор2		



Входы		Выходы	
Конт.	Цепь	Цепь	Конт.
1	L1	U	0
2	L2	V	1
3	L3	W	2
		GND	3

Конт.	Цепь
20	X0 РПЧ
21	X1 05С
22	X2 05П
23	X3 8С
24	X4 8П
25	X5 рКлеть
26	X6 кнкпер

Цепь	Конт.
АварЭП	Y0

Входы		Выходы	
Конт.	Цепь	Цепь	Конт.
X0	Торм	АварТ	Y0
X1	рТорм		
X2	К		

Входы	
Конт.	Цепь
X0	СветН3
X1	ЗвукН3
X2	СветГ
X3	ЗвукГ

Входы		Выходы	
Конт.	Цепь	Цепь	Конт.
X0	кнРазгС	СР	Y0
X1	кнЗагрС	РазгС	Y1
		С3	Y2
		ЗагрС	Y3

Изм.	Лист	№ докум.	Погр.	Дата
Разраб.		Самойлов А.С.		
Пров.		Бычков А.Е.		
Т.контр.				
Н.контр.		Бычков А.Е.		
Утв.				

Схема автоматизации технологического процесса

Схема электрическая принципиальная

Лист	1	Масса	-	Масштаб	
Лист	1	Листов	1		

ЮУрГУ
Кафедра АЭП