



Эксплуатация шахтных подъемных установок



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Под редакцией д-ра техн. наук Г.Д. Трифанова

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2015

УДК 622.673.1-7
ББК 33.166-53
Э41

Авторы:

Г.Д. Трифанов – гл. 1, 2, 4, 6–9, прилож. 1–3, 5; **А.А. Князев** – гл. 2, 5–7; **М.А. Стрелков** – гл. 3–5, 7, 8; **Д.В. Барашков** – гл. 3, 7; **А.П. Кошкин** – гл. 8, прилож. 6, 7; **М.Г. Трифанов** – гл. 4 прилож. 1, 2, 4; **В.С. Кузнецов** – гл. 9, прилож. 1, 8.

Рецензенты:

главный научный сотрудник Горного института УО РАН,
д-р техн. наук, профессор *Н.И. Алыменко*;
доцент кафедры горной электромеханики
Пермского государственного технического университета;
канд. техн. наук, доцент *М.С. Озорнин*

Эксплуатация шахтных подъемных установок / под ред.
Э41 Г.Д. Трифанова. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та,
2015. – 315 с.

ISBN 978-5-398-01482-2

Приведены описание устройства, принцип действия и классификация шахтных подъемных установок. Рассмотрены основные характеристики привода, защит и блокировок шахтного подъема. Даны техническое описание и принцип действия современных систем контроля и регистрации параметров шахтных подъемных установок, а также защит от превышения скорости, проскальзывания канатов и напуска каната в ствол.

Приведены рекомендации по применению канатов на шахтных подъемных установках, требования по безопасной их эксплуатации, опыт применения новых конструкций канатов, технологии их навески, эксплуатации, инструментального контроля и браковки, а также предложения и рекомендации заводов-изготовителей.

Предназначено для инженерно-технических работников шахт, рудников, шахтостроительных, проектных, научно-исследовательских, специализированных наладочных и ремонтных организаций, а также для студентов технических вузов специальностей 150402 «Горные машины и оборудование» и 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов».

УДК 622.673.1-7
ББК 33.166-53

ISBN 978-5-398-01482-2

© ПНИПУ, 2015
© Г.Д. Трифанов, А.А. Князев,
М.А. Стрелков, А.П. Кошкин, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
1. Основные элементы шахтных подъемных установок.....	8
1.1. Устройство, принцип действия и классификация шахтных подъемных установок.....	8
1.2. Шахтные подъемные машины.....	12
1.3. Тормозные устройства шахтных подъемных машин.....	14
1.4. Привод шахтных подъемных установок.....	27
1.5. Система защит, блокировок и стволовая сигнализация ШПУ.....	34
2. Описание и принцип действия регистраторов параметров РПУ-03.х.....	39
2.1. Основные характеристики РПУ-03.х.....	40
2.2. Состав РПУ-03.х.....	42
2.3. Контроллер сбора и обработки информации.....	48
2.4. Анализатор защит АнЗ-03.....	49
3. Программное обеспечение РПУ-03.х.....	52
3.1. Описание программного обеспечения РПУ-03.3.....	52
3.2. Работа с программой РПУ-03.3 в основном режиме.....	52
3.3. Режим программы РПУ-03.3 «Просмотр архивов».....	58
3.4. Сохранение архивных данных РПУ-03.3 на USB флэш-диске.....	59
3.5. Описание программного обеспечения РПУ-03.5.....	61
3.6. Работа с программным обеспечением РПУ-03.5 на базе WinCC.....	61
3.7. Работа с программным обеспечением РПУ-03.5 на базе Genesis32.....	79
3.8. Просмотр архивов смен.....	92
3.9. Просмотр графической информации из архива РПУ-03.5.....	97
3.10. Особенности просмотра графической информации из архива РПУ-03.3.....	112
4. Расшифровка записей РПУ-03.х.....	117
4.1. Расшифровка и анализ записей РПУ-03.3.....	117
4.2. Предварительный анализ записей РПУ-03.5.....	121
4.3. Расшифровка записей работы шахтных подъемных установок с приводом постоянного тока.....	124
4.4. Расшифровка записей работы шахтных подъемных установок с приводом переменного тока.....	127
4.5. Расшифровка записей работы тормозной системы шахтных подъемных машин.....	129

4.6. Учет динамических нагрузок в элементах подъемной установки	132
5. Аппаратура для проведения наладки и испытаний шахтных подъемных установок	137
5.1. Требования, предъявляемые к аппаратуре для проведения наладки и испытаний подъемных установок	139
5.2. Системы измерительные «Силькан»	140
5.3. Проведение измерений аппаратурой «Силькан»	145
5.4. Испытание тормозной системы	147
6. Защита от провисания струны и напуска каната в ствол	151
6.1. Требования к защите	151
6.2. Устройство защит от провисания струны и напуска каната	151
6.3. Наладка и испытание защиты от провисания струны	154
6.4. Аппаратура защиты от напуска каната в ствол «Тулым»	156
7. Защита от превышения скорости	164
7.1. Требования к защите	164
7.2. Расчет критической, защитной и рабочей тахограмм подъемной установки	164
7.3. Описание и принцип действия ограничителя скорости ОС-5	172
7.4. Программное обеспечение ограничителя скорости ОС-5.	176
7.5. Ввод параметров подъемной установки и настройка ограничителя скорости ОС-5	183
8. Эксплуатация и техническое обслуживание шахтных подъемных канатов	193
8.1. Транспортировка, приемка и хранение канатов	193
8.2. Требования к органам навивки и копровым шкивам	201
8.3. Замена и обкатка новых канатов	206
8.4. Смазка канатов	213
8.5. Надзор за канатами	215
8.6. Инструментальный контроль канатов	220
8.7. Критерии браковки подъемных канатов	221
9. Поперечные колебания струны подъемного каната	224
9.1. Математическое описание совместных продольных колебаний сосуда на канате и поперечных колебаний струны	224
9.2. Экспериментальные исследования совместных колебаний подъемного сосуда и струны каната	233
9.3. Амплитуда максимальных поперечных колебаний струны	241
Приложение 1	245
Приложение 2	257

Приложение 3	272
Приложение 4	277
Приложение 5	290
Приложение 6	295
Приложение 7	300
Приложение 8	301
Список литературы	305

ВВЕДЕНИЕ

Шахтные подъемные установки (ШПУ) обеспечивают выдачу полезного ископаемого, перемещение людей и грузов. От надежности работы этого важнейшего звена технологической цепи зависит бесперебойность работы всего горнодобывающего предприятия. Любая аварийная ситуация на подъеме ведет к остановке предприятия. Поэтому вопросам обеспечения надежности и безопасности эксплуатации шахтных подъемных установок всегда уделяли особое внимание.

За последние годы парк шахтных подъемных машин сильно состарился. Срок службы большинства из них превышает 25 лет. Такой же срок службы имеют привод шахтных подъемных машин, система управления этим приводом, оборудование шахтного ствола, стволовая сигнализация и другие, жизненно важные элементы шахтных подъемных установок.

В связи с тем, что одновременная замена всех шахтных подъемных машин и других элементов шахтных подъемных установок невозможна, весьма актуальной является задача применения современных технологий для обеспечения надежности и безопасности эксплуатации шахтных подъемных установок. В соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области промышленной безопасности [114, 115] все шахтные подъемные установки должны быть оснащены устройствами для регистрации основных параметров режимов работы подъемной машины. Внедрение регистраторов параметров обеспечивает повышение надежности и безопасности эксплуатации шахтных подъемных установок.

Сотрудниками кафедры «Горная электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ) и общества с ограниченной ответственностью «Региональный канатный центр» (ООО РКЦ) разработаны и внедряются регистраторы параметров РПУ-03.х, обеспечивающие измерение и регистрацию технологических параметров работы подъемной установки. Программное обеспечение регистраторов предназначено для обработки информации и составления документов, отражающих режимы работы подъемной установки. Информация с регистраторов параметров позволяет глубже понять основные принципы работы шахтного подъема, знать параметры работы подъемной установки при экспертизе аварийной ситуации или разборе производственного инцидента, объективно оценить действия обслуживающего персонала при выполнении регламентных работ.

Вместе с тем практика эксплуатации регистраторов параметров шахтных подъемных установок показала, что для успешного применения полученной информации обслуживающему персоналу необходимо иметь кроме руководства по эксплуатации РПУ-03.х специальное пособие, позволяющее разобраться в записях и правильно их расшифровать.

Для расшифровки записей необходимо знать устройство и принцип действия шахтных подъемных установок, основные параметры регистрируемые РПУ-03.х.

Предлагаемое издание основано на результатах разработки и внедрения приборов безопасности: регистраторов параметров, ограничителей скорости, защиты от напуска каната в ствол, аппаратуры для проведения наладки и испытаний подъемных установок «Силькан» на шахтных подъемных установках Российской Федерации, Казахстана и Белоруссии. Основные принципы аппаратного и программного обеспечения этих систем контроля и обеспечения безопасности работы шахтных подъемных установок разработаны старшим научным сотрудником кафедры горной электромеханики ПНИПУ, канд. техн. наук А.А. Князевым. Под его руководством и при его непосредственном участии осуществляется серийный выпуск этих приборов и систем. Программное обеспечение РПУ-03.3, аппаратуры «Силькан» разработано канд. техн. наук М.А. Стрелковым. Программное обеспечение регистратора параметров РПУ-03.5, и ограничителя скорости ОС-5 разработано инженером Д.В. Барашковым.

Г.Д. Трифанов

1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

1.1. Устройство, принцип действия и классификация шахтных подъемных установок

В практике разработки месторождений полезных ископаемых подземным способом применяются шахтные подъемные установки с расположением подъемных машин на земной поверхности (рис. 1.1, а) либо на башенном копре (рис. 1.1, б). Каждая шахтная подъемная установка состоит

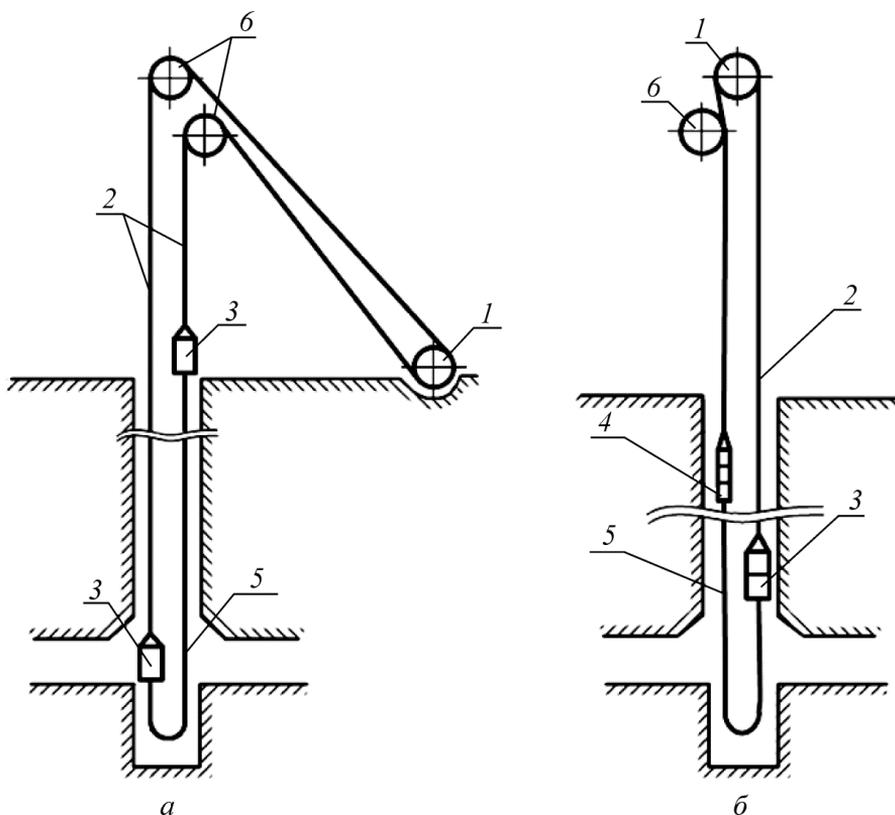


Рис. 1.1. Схемы размещения оборудования вертикальных шахтных подъемных установок: а – барабанной; б – многоканатной

из шахтной подъемной машины 1, подъемных канатов 2, к которым подвешены подъемные сосуды 3 или противовес 4. В подъемных сосудах – скипах осуществляется подъем полезного ископаемого. Спуск-подъем людей, материалов и оборудования производят в клетях. На глубоких одноканатных шахтных подъемных установках к сосудам может быть подвешен хвостовой (уравновешивающий) канат 5. Все многоканатные подъем-

ные установки оснащены уравнивающими канатами. Для обеспечения необходимых зазоров между подъемными сосудами, между сосудами и крепью ствола на копре установлены отклоняющие шкивы *б*. Многоканатные подъемные машины могут быть установлены как на земной поверхности, так и на башенном копре (рис. 1.2). В последние годы большинство подъемных установок проектируется с установкой подъемной машины на земной поверхности.



а



б

Рис. 1.2. Размещение многоканатных подъемных машин:
а – на земной поверхности; *б* – на башенном копре

Шахтные подъемные установки классифицируют по следующим признакам [123]:

1. По назначению:

а) главные – предназначены только для подъема полезного ископаемого;

б) вспомогательные:

– людские;

– грузолюдские;

– грузовые.

Эти установки обеспечивают выполнение операций по спуску-подъему людей, материалов и оборудования;

в) проходческие – применяются при проходке и углубке стволов;

г) инспекторские – необходимы для осмотра и обслуживания стволов;

д) аварийно-спасательные.

2. По типу подъемных сосудов:

а) клетевые;

б) скиповые;

в) бадьевые.

На наклонных шахтных подъемных установках применяют грузовые и людские вагонетки и их составы.

3. По количеству сосудов:

- а) однососудные;
- б) двухсосудные;
- в) сосуд с противовесом.

4. По типу органа навивки каната:

- а) с цилиндрическим барабаном:
 - двухбарабанные;
 - однобарабанные с разрезным барабаном;
 - однобарабанные с цельным барабаном;
- б) с бицилиндроконическим барабаном;
- в) со шкивами трения:
 - одноканатные;
 - многоканатные (расположенные на башенном копре или на земной поверхности);

5. По типу привода (с редуктором или без редуктора):

- а) переменного тока:
 - асинхронный двигатель с фазным ротором (с металлическим или жидкостным реостатом в цепи ротора);
 - асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и преобразователем частоты;
 - синхронный двигатель с преобразователем частоты;
- б) постоянного тока:
 - с приводом по системе «генератор–двигатель»;
 - с приводом по системе «тиристорный преобразователь–двигатель».

6. По степени неуравновешенности:

- а) уравновешенные:
 - с круглым уравновешивающим канатом;
 - с плоским уравновешивающим канатом;
- б) неуравновешенные.

7. По углу наклона ствола:

- а) вертикальные;
- б) наклонные.

8. По расположению относительно земной поверхности:

- а) поверхностные;
- б) подземные.

9. По глубине подъема:

- а) неглубокие – до 500 м;
- б) средней глубины – от 500 до 1000 м;

в) глубокие – от 1000 до 1500 м;

г) сверхглубокие более 1500 м.

Для обеспечения направленного безопасного движения подъемных сосудов шахтные стволы оснащены армировкой. Армировка представляет собой жесткую пространственную конструкцию, размещенную по всей длине ствола. На рис. 1.3 приведена схема размещения подъемных сосудов и противовеса двух подъемных установок в сечении шахтного ствола. Направленное движение двух скипов 1, клетки 2 и противовеса 3 обеспечивается коробчатыми металлическими проводниками 4 и деревянными проводниками 5, которые закреплены в стволе расстрелами 6. Такой тип армировки получил название «жесткая армировка».

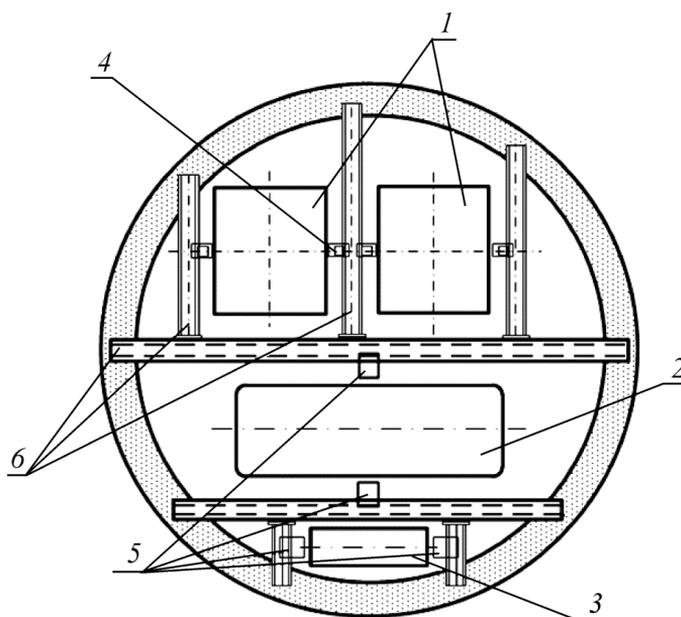


Рис. 1.3. Схема размещения оборудования подъемных установок в сечении шахтного ствола

В качестве проводников жесткой армировки применяют рельсовый прокат, различные металлические профили (чаще всего сварные из двух уголков проводники коробчатого сечения) и деревянные брусья.

Горизонтальные расстрелы выполнены из различных металлических профилей или деревянных балок. Конструкция из расстрелов, расположенных в одной плоскости, называется ярусом. Расстояние между ярусами постоянное и носит название «шаг армировки».

Скипы и клетки, движущиеся в проводниках жесткой армировки, удерживаются башмаками скольжения или роликовыми направляющими.

В последнем случае подъемные сосуды оснащены предохранительными башмаками, исключающими выход сосуда из связи с проводниками при поломке направляющих.

Гибкая армировка шахтного ствола включает в себя натянутые в стволе канаты, устройства для их натяжения и жесткие направляющие в местах загрузки-разгрузки подъемных сосудов или посадки-высадки людей в клеть.

1.2. Шахтные подъемные машины

Подъемная машина состоит из главного вала, включающего орган навивки, механизм перестановки и коренные подшипники; тормозного устройства; соединительных муфт; редуктора; электропривода; аппаратуры управления, защиты и блокировок.

Шахтные подъемные машины устанавливаются на железобетонном фундаменте и крепятся анкерными болтами [20]. На (рис. 1.4) приведена схема двухбарабанной подъемной машины. Один из барабанов жестко соединен с коренным валом (его называют «заклиненный»), а второй («переставной») благодаря специальному «механизму перестановки» может поворачиваться и жестко соединяться с валом в любом положении.



Рис. 1.4. Двухбарабанная подъемная машина

Двухбарабанными машинами оснащены в основном скиповые подъемные установки. Большинство клетевых подъемных установок оснащено однобарабанными подъемными машинами с разрезным барабаном (рис. 1.5). Обечайка барабана вблизи одной из реборд имеет поперечный круговой разрез. При этом большая часть барабана жестко соединена с коренным валом, а меньшая благодаря механизму перестановки может поворачиваться и жестко соединяться с валом в любом положении.

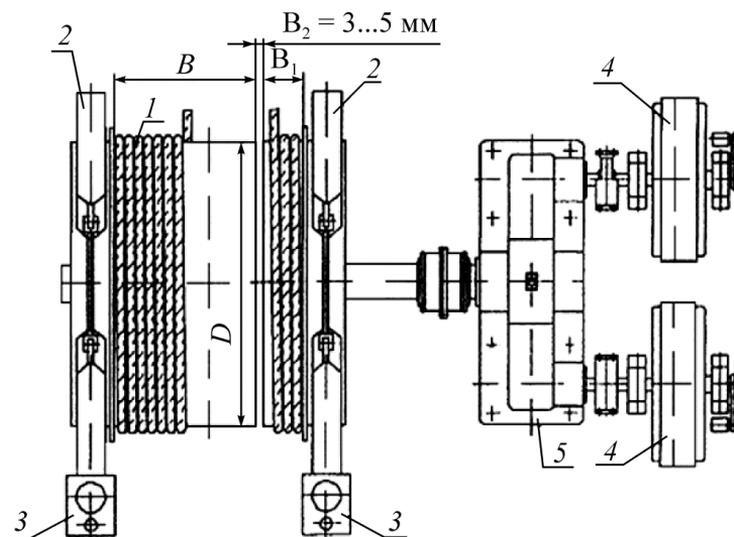


Рис. 1.5. Подъемная машина с одним разрезным барабаном:
 1 – барабан; 2 – тормоз; 3 – привод тормозной;
 4 – подъемные электродвигатели; 5 – редуктор

Машины выполнены в виде сварной конструкции с винтовой нарезкой обечайки под канат. Крупные подъемные машины с диаметром барабана 4 м и более снабжаются одним разрезным, двумя цилиндрическими или разрезным бицилиндрическим органом навивки. Один барабан двухбарабанных машин и основная (большая) часть разрезных органов навивки жестко соединены с валом. Этот барабан (часть органов навивки) носит название заклиненного. Второй (переставной) барабан или переставная часть разрезного барабана устанавливается на валу на подшипниках и имеет возможность проворачиваться. Барабаны связаны с валом посредством специального механизма перестановки.

Механизм перестановки позволяет отсоединять переставной барабан или переставную часть барабана от вала шахтной подъемной машины и выполнять операции по замене каната, регулировке длины каната, вращая один барабан или заклиненную часть барабана.

1.3. Тормозные устройства шахтных подъемных машин

Большинство шахтных подъемных машин, эксплуатируемых на горных предприятиях РФ, снабжены тормозными устройствами колодочного типа. Привод тормозных устройств малых шахтных подъемных машин (диаметр барабанов 1,2, 1,6 и 2,0 м) – пружинно-гидравлический. Одно- и двухбарабанные шахтные подъемные машины с диаметром барабана 2,5, 3,0 и 3,5 м, а также многоканатные машины оснащены пружинно-пневматическими тормозами.

Тормозная система крупных шахтных подъемных машин НКМЗ состоит из пневмогрузового привода тормоза, исполнительного органа и панели управления тормозом. Для повышения надежности на каждой машине установлены два исполнительных органа, каждый со своим приводом. Тормоза работают независимо друг от друга.

Исполнительный орган пневмогрузового тормоза (рис. 1.6) состоит из двух тормозных балок 1 с пресс-массовыми колодками 2, двух вертикальных стоек 3, установленных на опорах 4, трех треугольных рычагов 5, тяг 6 и 7. Тяга 6 состоит из двух частей, соединенных регулирующей гайкой 8. Тормоз имеет регулируемую стойку 9 и упоры 10 и 11.

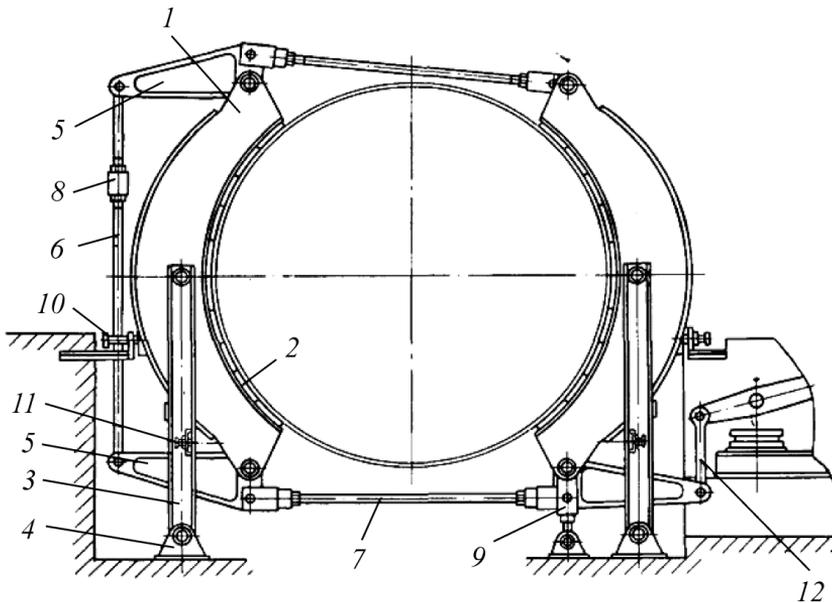


Рис. 1.6. Исполнительный орган тормоза шахтных подъемных машин НКМЗ

Усилие тормозного привода передается через вертикальную тягу 12, систему рычагов 5 и тяг 6 и 7 на тормозные балки 1, которые прижимают тормозные колодки к ободу, производя торможение подъемной машины. Растормаживание машины происходит за счет неуравновешенности веса элементов рычажной системы и веса элементов привода тормоза: поршня, штанги, дифференциального рычага.

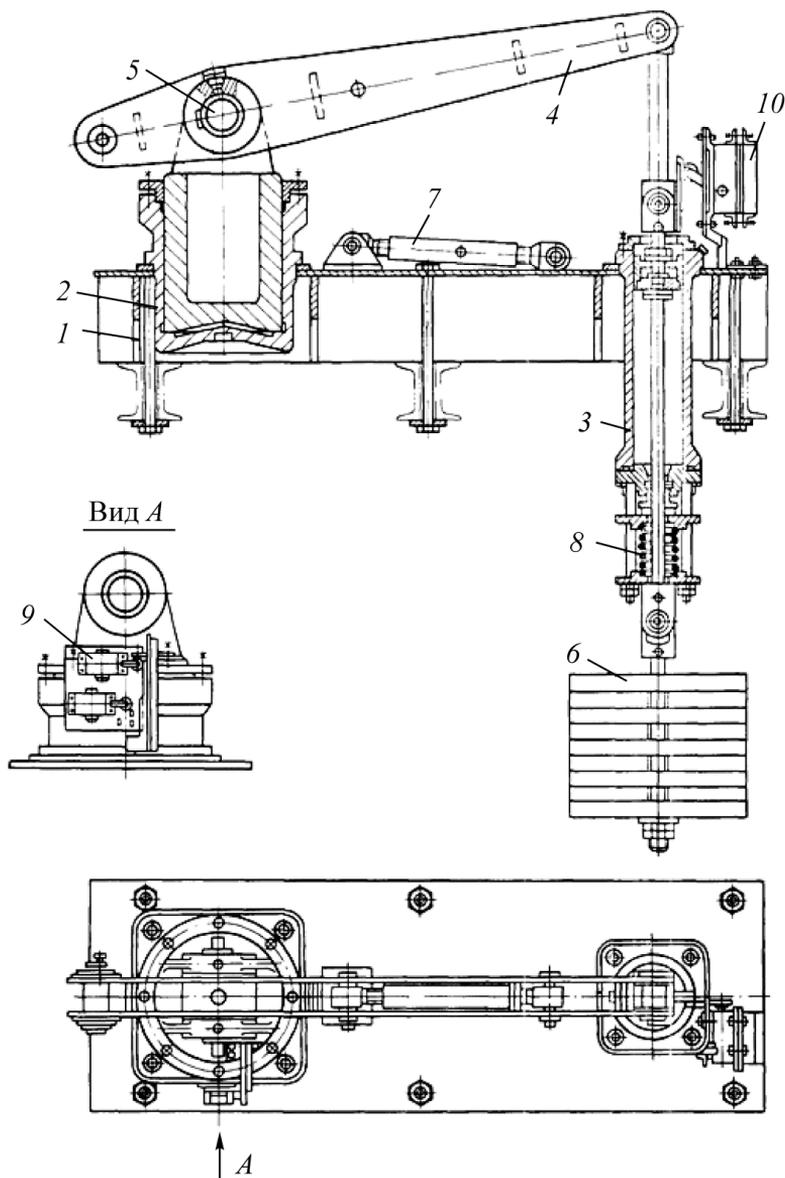


Рис. 1.7. Пневматический привод тормоза НКМЗ

Привод тормоза (рис. 1.7) содержит цилиндр рабочего торможения 2 (большого диаметра), цилиндр предохранительного торможения 3, поршень которого соединен со штоком с тормозным грузом 6. Усилие от поршней цилиндров передается на вертикальную тягу исполнительного органа тормоза через дифференциальный рычаг 4.

Дифференциальный рычаг не позволяет сложить усилия от цилиндра рабочего торможения и цилиндра предохранительного торможения. Всегда оказывает действие большее из них.

Пневматическая схема тормоза приведена на (рис. 1.8).

Сжатый воздух поступает из воздухоборника в регулятор давления РД и электропневматические воздухораспределительные клапаны К1–К4. Управление клапанами производится с помощью электропневматических вентилей ВВ-32Ш. Клапаны включаются, когда к вентилям подается постоянный ток.

Давление на выходе регулятора изменяется пропорционально току в обмотке управления регулятора. Ток регулятора меняется при повороте рукоятки тормоза на пульте управления за счет изменения угла поворота ротора сельсина. Таким образом, для того чтобы затормозить ручным тормозом, необходимо повернуть рукоятку тормоза. При этом появляется ток в обмотке регулятора давления, регулятор соединяет полость от воздухоборника с полостью цилиндров рабочего торможения.

При появлении сжатого воздуха в полости рабочего цилиндра его поршень поднимается и через дифференциальный рычаг тянет вверх вертикальную тягу. Система рычагов исполнительного органа приходит в движение, колодки соприкасаются с тормозным ободом барабана шахтной подъемной машины, и возникает тормозное усилие. Величина этого усилия пропорциональна давлению воздуха в полости рабочего цилиндра, току в обмотке регулятора и положению рукоятки тормоза.

В период нормальной работы машины предохранительный цилиндр находится под давлением сжатого воздуха, чем удерживается в верхнем положении груз.

При срабатывании предохранительного тормоза происходит обесточивание электропневматических воздухораспределительных клапанов К1 – К4 и регулятора давления РД. При этом на выходе регулятора появляется постоянное давление порядка (2–2,5) атм ((0,2–0,25) МПа). Величина этого давления устанавливается с помощью специального винта в регуляторе наладчиками во время наладки тормозов. При поступлении воздуха в полость цилиндра рабочего торможения его поршень поднимается. При этом дифференциальный рычаг поворачивается относительно оси цилиндра предохранительного торможения, и создается усилие первой ступени.

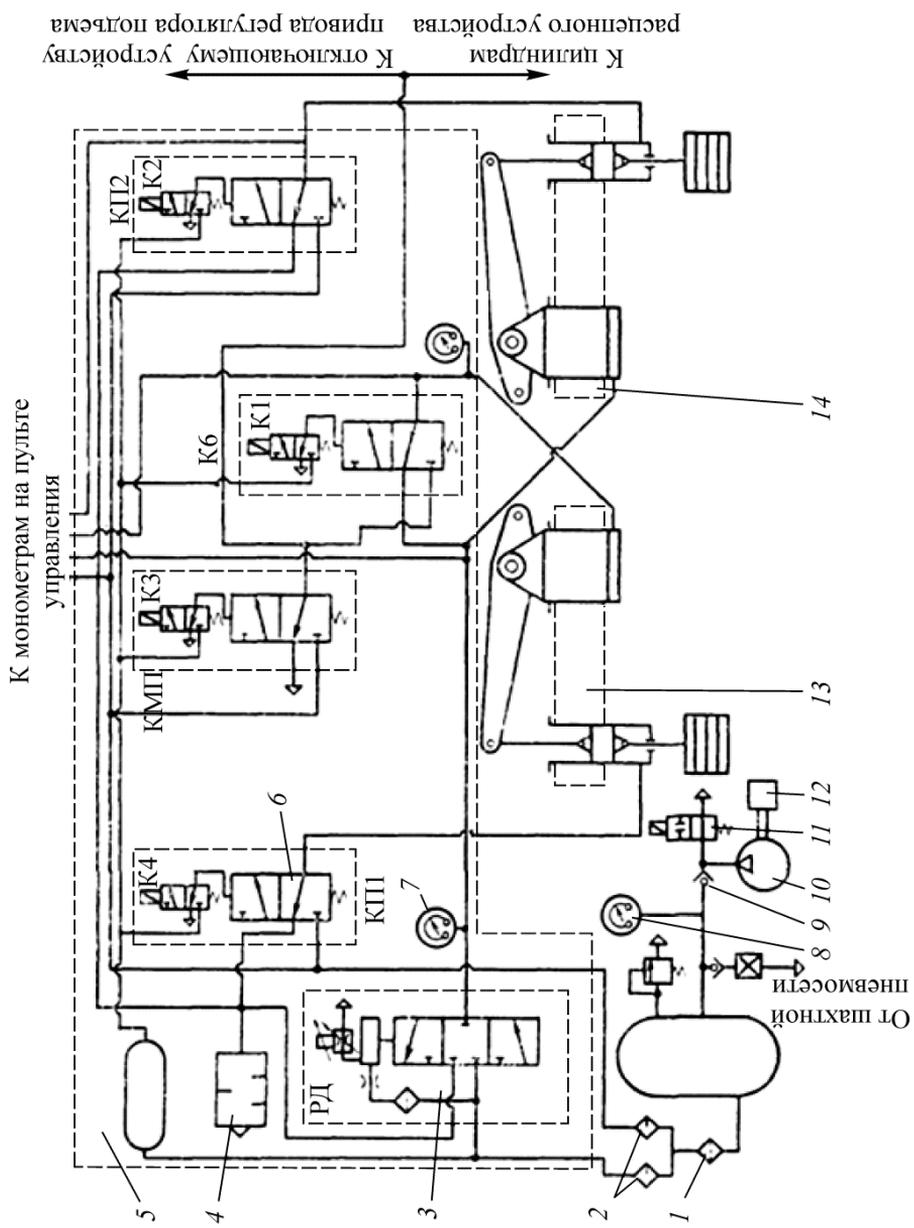


Рис. 1.8. Пневматическая схема тормоза НКМЗ

Одновременно начинается выпуск сжатого воздуха из полости цилиндра предохранительного тормоза. Груз начинает опускаться. При этом дифференциальный рычаг начинает поворачиваться относительно оси вертикальной тяги и давить на поршень цилиндра рабочего торможения. Воздух из его полости начинает стравливаться регулятором давления. Регулятор давления поддерживает установленное давление. Процесс продолжается до полного выхода воздуха из полости цилиндра рабочего торможения и посадки поршня на дно цилиндра. После этого дифференциальный рычаг начинает поворачиваться вокруг оси цилиндра рабочего торможения и тянуть вверх вертикальный рычаг исполнительного органа тормоза. Накладывается вторая ступень торможения. Величина второй ступени рассчитывается наладчиками и устанавливается количеством «блинов» тормоза.

«Зарядка» машины после наложения предохранительного тормоза происходит в следующей последовательности. Ручным тормозом затормаживают машину. При этом тормозные грузы должны подняться. Подают сжатый воздух в полости цилиндров предохранительного торможения. Для оценки исправности тормозов необходимо следить за усилием в тормозных тягах. Для этого на вертикальных тягах наклеены тензорезисторы. Сопротивление тензорезисторов изменяется пропорционально деформации тормозных тяг и тормозному усилию.

Правильность работы регулятора давления определяется путем измерения давления на его выходе. Запись давления одновременно с деформацией тормозных тяг позволяет оценить работу рычажной системы (наличие зазоров в шарнирах, другие дефекты).

Подъемные машины, поставляемые иностранными фирмами, а также некоторые машины производства НКМЗ оснащены многомодульными дисковыми тормозами высокого давления [74], которые включают в себя 2 или 4 тормозных постаментов с тормозными блоками, маслостанцию, плату управления тормозами и микропроцессорную систему управления.

На рис. 1.9. показан постамент 9 с четырьмя тормозными блоками 3 и гидроаппаратурой.

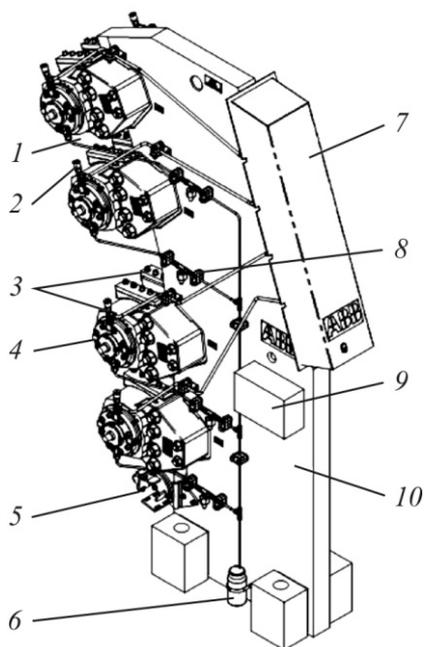


Рис. 1.9. Размещение тормозных блоков на постаменте

Подача и слив масла осуществляются через трубопроводы высокого давления 2, каждый из которых может быть перекрыт ручным вентиляем, позволяющим заблокировать выбранный тормозной блок в заторможенном или расторможенном положении для техобслуживания и тестирования. Все вентили закрыты шарнирной защитной крышкой 7, которая может быть заперта на ключ. Внутренние утечки масла сливаются из тормозных блоков через дренажные трубопроводы 1 в приемный сосуд 6. Для обнаружения утечек предусмотрены прозрачные маслосборники 10.

Тормозные блоки оборудованы датчиками контроля воздушного зазора 4, для подключения которых предусмотрена клеммная коробка 8. Также на постаменте установлен механический датчик деформации тормозного диска 5, предназначенный для обнаружения тепловой деформации, вызванной длительным интенсивным торможением.

Принцип действия тормозного модуля (рис. 1.10) заключается в передаче тормозному диску 13 подъемной машины усилия колодки 2 с фрикционной накладкой 3 под действием предварительно сжатого пакета тарельчатых пружин 1.

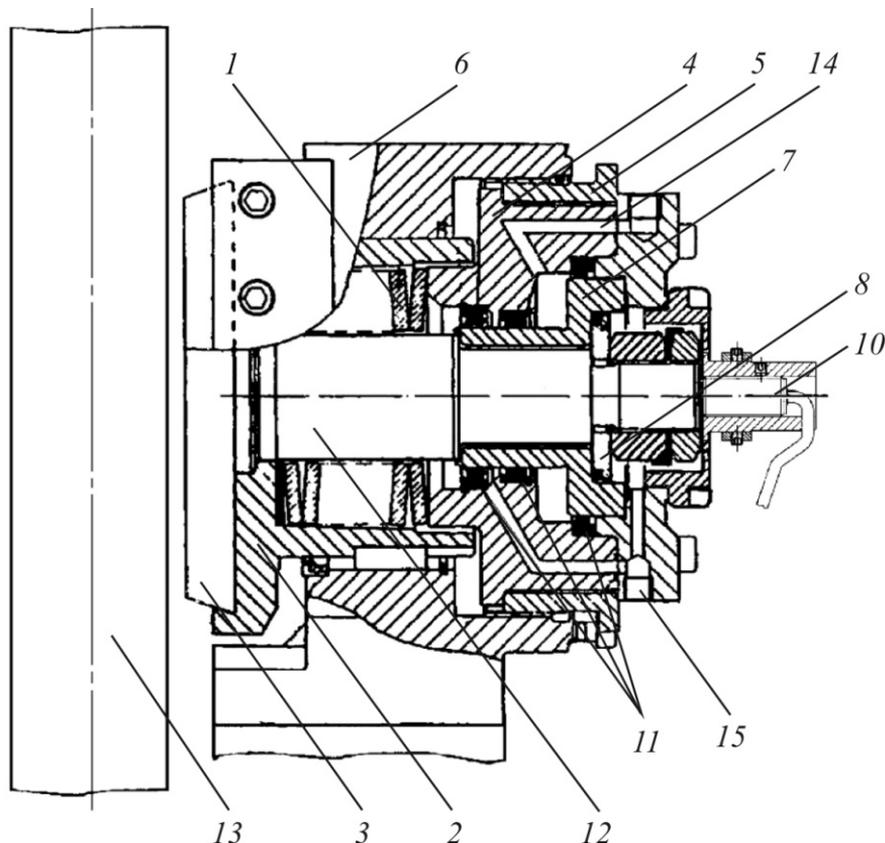


Рис. 1.10. Устройство тормозного модуля

Затормаживание (создание тормозного усилия) осуществляется действием предварительно сжатых пружин при сливе масла из тормозного цилиндра 4, растормаживание – подачей масла в тормозной цилиндр под давлением.

Тормозная колодка с фрикционной накладкой установлена на толкателе 12. На толкателе жестко закреплен с помощью фиксирующей гайки 8 короткоходовой поршень 7, который перемещается в цилиндре 4. При затормаживании масло по каналу 14 выпускается из цилиндра, при растормаживании масло под давлением по тому же каналу поступает в цилиндр, вызывая перемещение поршня и сжатие пакета пружин. Расстояние между фрикционной накладкой и тормозным диском будет пропорционально поданному в цилиндр давлению в пределах хода поршня. Уплотнения 11 обеспечивают герметичность камеры, в которую поступает масло. Возможные утечки масла будут поступать по каналу 15 в дренажное отверстие.

Вращением установочной гайки 5, связанной с цилиндром, можно устанавливать необходимую величину воздушного зазора – расстояния между поверхностью тормозного диска и фрикционной накладкой в положении «расторжено». Измерение величины воздушного зазора осуществляется датчиком 10.

На рис. 1.11 приведена гидравлическая схема дисковых тормозов двухбарабанной подъемной машины с двумя гидравлическими блоками управления, двумя аккумуляторами давления и др.

В состав маслостанции входят следующие части:

– маслобак, вмещающий 200 л масла, имеющий указатель уровня 9б и нагреватель 41 с термостатом;

– рабочая и резервная насосные установки 6А и 6В, каждая из которых включает аксиально-поршневой насос с регулируемым рабочим объемом и асинхронный электродвигатель 31А (31В). На нагнетательных линиях каждой из насосных установок имеется обратный клапан 67 для автоматического переключения потока масла между насосами;

– один или два гидравлических блока управления, представляющих собой моноблоки, на которых смонтированы все клапаны, датчики и другая гидроаппаратура;

– аккумулятор давления 12, заполненный сжатым азотом и предназначенный для поддержания давления в тормозной системе во время предохранительного торможения, когда основной насос обесточен;

– клеммная коробка для подключения аппаратуры защиты и контроля.

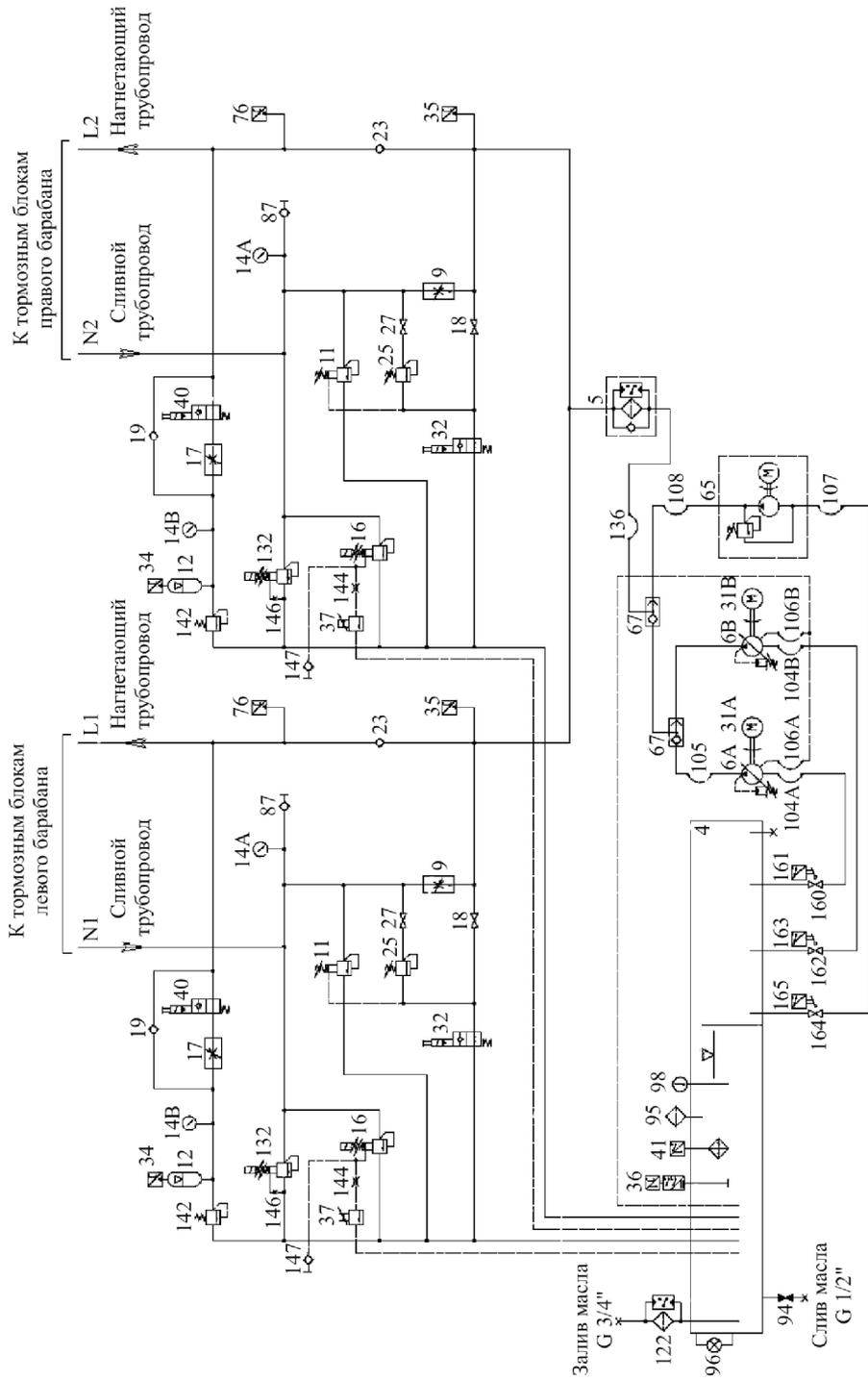


Рис. 1.1.1. Гидравлическая схема дисковых тормозов двухбарабанной подъемной машины

Аппаратура защиты и контроля включает в себя:

- реле давления 35, используемое для проверки открывания клапана 32;
- реле давления 34 для проверки предварительной зарядки аккумулятора сжатым азотом;
- регулируемый термостат нагревателя масла 41 (рекомендуемая уставка 30 °С) с датчиком защиты от перегрева, настроенным на отключение при 65 °С;
- датчик загрязнения масляного фильтра 5, предназначенный для удаления примесей из масла;
- датчик уровня масла 36 в маслобаке;
- манометр 14А, показывающий текущее давление в тормозной системе, который используется при регулировке насосов, клапанов и реле давления;
- манометр 14В для проверки давления предварительно закачанного азота в аккумулятор давления;
- датчик давления 76, с которого сигнал, пропорциональный давлению в гидросистеме, поступает в систему управления тормозами и на контрольный прибор пульта управления машиниста;
- предохранительный клапан 142, защищающий аккумулятор давления 12 при избыточном давлении в тормозной системе.

Работа маслостанции заключается в том, что насос по нагнетающей магистрали подает масло к тормозным блокам, а из сливной магистрали тормозов масло поступает в гидравлический блок, который управляет давлением в тормозной системе.

В рабочем цикле растормаживания-затормаживания масло к тормозным блокам подается рабочим 6А или резервным 6В насосом через обратные клапаны 67, фильтр 5, обратный клапан 23 и нагнетательные трубопроводы L1 и L2.

При включении предохранительного торможения насос отключается и масло подается от предварительно заряженного сжатым азотом аккумулятора 12, который будет частично заполнен маслом, когда давление в системе достигнет P_{\max} .

Для предотвращения утечки масла из аккумулятора в рабочем цикле, когда он не используется, его выход перекрывается управляемым клапаном 40 (закрыт при подаче напряжения). Последовательно с клапаном 40 установлен регулируемый клапан 17, который обеспечивает необходимое время разгрузки аккумулятора. Правильная установка времени важна для работы в процессе предохранительного торможения.

Параллельно клапану 40 установлен обратный клапан 19, через который масло может поступать в аккумулятор, даже когда клапан 40 закрыт.

При предохранительном торможении насос прекращает работу и открываются управляемые клапаны 16, 32 и 40 (катушки обесточены), при этом масло из аккумулятора поступает в систему через клапан 17.

Управление процессом растормаживания

Растормаживание подъемной машины происходит при перекрытии сливных трубопроводов клапанами 32, 37 и 16 и подаче масла под давлением в тормозные блоки.

Клапан 32 является распределительным клапаном, управляемым с помощью электромагнита. Во включенном состоянии клапан 32 перекрывает поток масла от насоса 6 через вентиль 18 обратно в маслобак и перекрывает путь оттока масла через регулируемые клапаны 11 и 25.

Клапан 37 является редукционным клапаном пропорционального действия. Базовое давление P_b (при отсутствии управляющего тока в катушке) может быть настроено на нем механически. Это давление определяется расчетом и соответствует требуемой минимальной величине замедления при предохранительном торможении подъемных сосудов с максимальным опускаемым грузом. Путем регулирования тока через катушку клапана 37 может быть выполнена установка давления в диапазоне от P_b до $\sim 10,5$ МПа, при котором фрикционные накладки полностью отходят от тормозного диска. На клапан 37 поступает давление из линии управления клапана 16.

Клапан 16 – предохранительный клапан с двумя электрически переключаемыми уровнями давления. Требуемые уровни давления могут быть выставлены механической регулировкой. В обесточенном состоянии клапан настроен на давление, равное 0, во включенном состоянии – на давление $(5 \pm 0,5)$ МПа. Кроме того, клапан имеет линию гидравлического управления, связанную с клапаном 37. Настроенное давление клапана 16 будет суммироваться с давлением управления, создаваемым клапаном 37.

При растормаживании в режиме ручного управления изменением давления в управляющей линии обесточенного клапана 16 в гидросистеме будет обеспечиваться регулируемое давление от P_b до $\sim 10,5$ МПа (рис. 1.12). При полном растормаживании на электромагнит клапана 16, в линии управления которого максимальное давление, создаваемое клапаном 37, подается напряжение. Клапан 16 запирает трубопроводы $N1$ и $N2$, слив масла из тормозных блоков прекращается, и в гидросистеме устанавливается давление, равное P_{\max} .

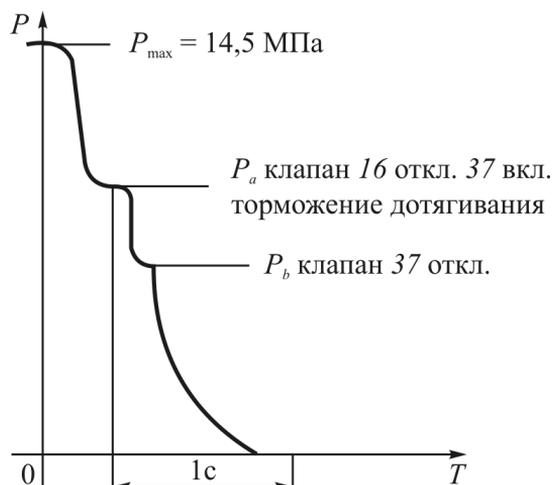


Рис. 1.12. Диаграмма изменения давления при рабочем торможении в автоматическом режиме

Управление процессом торможения

Работа аппаратуры управления маслостанции в процессе торможения определяется проектом и условиями эксплуатации подъемной установки. Маслостанция обеспечивает высокоэффективный процесс торможения в следующих режимах:

- рабочее торможение подъемных сосудов в конечных положениях в автоматическом режиме;
- рабочее торможение в ручном режиме;
- предохранительное торможение (регулируемое или с постоянным тормозным моментом).

Во время рабочего цикла подъемная машина заторможена рабочим тормозом при стоянке (давление масла в гидросистеме равно 0), растормаживается при пуске (давление увеличивается до максимальной величины). При подходе подъемных сосудов к конечным положениям обеспечиваются регулируемое подтормаживание и стопорение сосудов (давление масла уменьшается).

Процесс торможения, осуществляемый снижением давления в гидросистеме, может быть разделен на 3 этапа (см. рис. 1.12). Сначала снижение давления от P_{\max} до P_a . На этом этапе воздушный зазор между фрикционными накладками и тормозным диском уменьшается до нуля, и фрикционные накладки касаются тормозного диска.

Этап второй – торможение, при котором управляемое давление между P_a и P_b создает тормозной момент, обеспечивающий дотягивание подъемных сосудов на пониженной скорости.

На третьем этапе давление масла уменьшается от P_b до нуля, и подъемная машина затормаживается рабочим тормозом.

При рабочем торможении в ручном режиме производится периодическое изменение давления в гидросистеме, чтобы обеспечить требуемый тормозной момент. Рабочее торможение в ручном режиме может использоваться в следующих случаях:

- для точной остановки подъемных сосудов в конечных положениях или при перемещении негабаритного груза в районе нулевой площадки;
- при аварийном спуске груженого подъемного сосуда (гравитационный спуск).

При рабочем торможении в ручном режиме подается напряжение на клапаны 32, 40 и на электродвигатель насоса, клапан 32 закрыт, масло через клапаны 11 и 25 не проходит.

Величина тока через катушку управления клапана 37 задается с помощью потенциометра, связанного с рукояткой командоаппарата рабочего тормоза, установленного на пульте управления. Клапан 37 управляет давлением на клапане 16 в диапазоне между значением $P_{37\max}$ ($\sim 10,5$ МПа $> P_a$) и предварительно настроенным на клапане 37 давлением P_b . Величина регулируемого тормозного момента находится при этом в пределах от 0 до M_b . Диаграмма изменения давления и тормозного момента при рабочем торможении в ручном режиме показана на рис. 1.13.

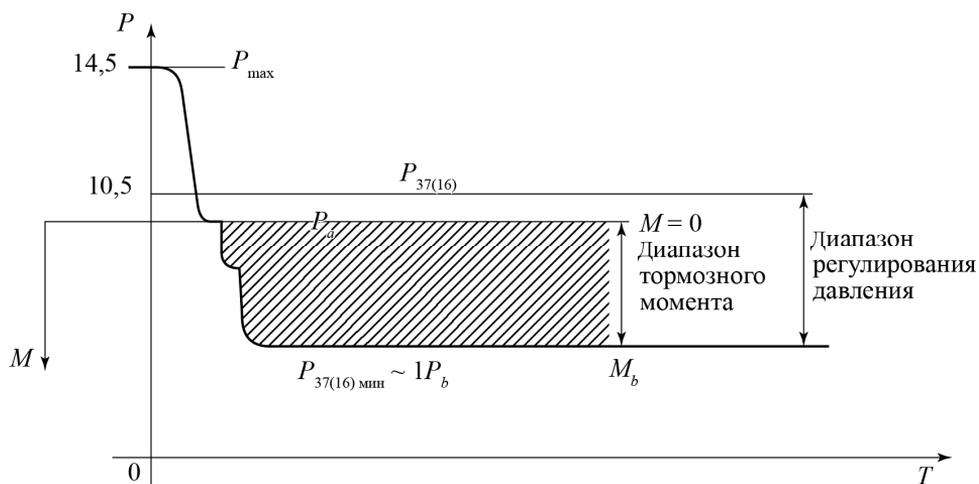


Рис. 1.13. Диаграмма изменения давления и тормозного момента при рабочем торможении в ручном режиме

При регулируемом предохранительном торможении отключается электропитание от клапанов 16, 32, 40 и двигателя насоса. Клапаны 11 и 25 совместно выпускают масло до тех пор, пока фрикционные накладки не

коснутся тормозного диска. Клапан 11 установлен на запирание при $10 \pm 0,5$ МПа. Клапан 25 продолжает выпускать масло, понижая давление до 9 МПа, когда тормозной момент становится приблизительно равным максимальному статическому моменту $M_{ст}$.

Клапаны 37 и 132 настроены на давление P_b , соответствующее требуемой минимальной величине замедления при предохранительном торможении подъемных сосудов с максимальным опускаемым грузом.

Питаемая от аккумуляторной батареи система автоматического регулирования с помощью клапана 37 управляет давлением открывания клапана 16, что обеспечивает получение требуемого замедления. При этом величина давления в системе будет находиться в регулируемом диапазоне от P_{25} до $P_{37(16)}$. Регулируемый тормозной момент $M_{рт}$ будет соответствовать текущей величине давления в системе $P_{37(16)}$.

Диаграмма изменения давления и тормозного момента при регулируемом предохранительном торможении показана на рис. 1.14.

В случае неисправности системы управления замедлением будут обесточены клапаны 37 и 132. Таким образом, будут действовать 2 параллельные ветви снижения давления до P_b .

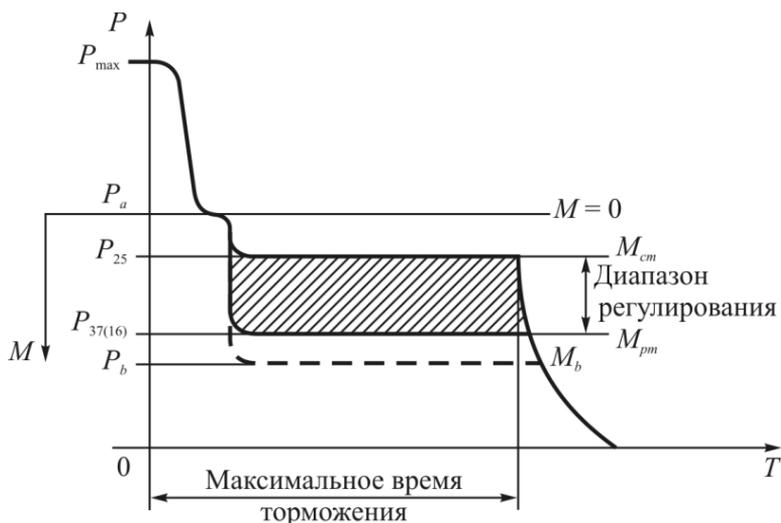


Рис. 1.14. Диаграмма изменения давления и тормозного момента при регулируемом предохранительном торможении

С помощью клапана управления потоком 17 устанавливается время поддержания аккумулятором управляемого давления (должно соответствовать времени, необходимому для предохранительного торможения с максимальной скорости с максимальным опускаемым грузом).

Когда давление в аккумуляторе становится равным нулю, клапан 9 обеспечивает снижение давления до нуля в течение заданного времени.

При предохранительном торможении с постоянным тормозным моментом обесточиваются клапаны 16, 32, 40 и двигатель насоса. Клапаны 11 и 25 совместно выпускают масло до тех пор, пока тормозной момент не превысит величину максимальной статической нагрузки $M_{ст}$. Клапан 11 настраивается на давление 8 МПа. Клапан 25 продолжает сброс давления до величины P_b .

Клапан 16, управляемый клапаном 37 (катушка обесточена), также обеспечивает сброс давления до P_b .

С помощью клапана 17 устанавливается время поддержания давления P_b , необходимое для предохранительного торможения груженого сосуда с максимальной скорости до нуля.

В случае неисправности этих клапанов система управления дополнительно обесточит клапан 132, настроенный на давление P_b .

Когда давление аккумулятора снижается, клапан 9 обеспечивает снижение давления в тормозных блоках до нуля в течение заданного времени.

Диаграмма изменения давления при предохранительном торможении с постоянным тормозным моментом показана на рис. 1.15.

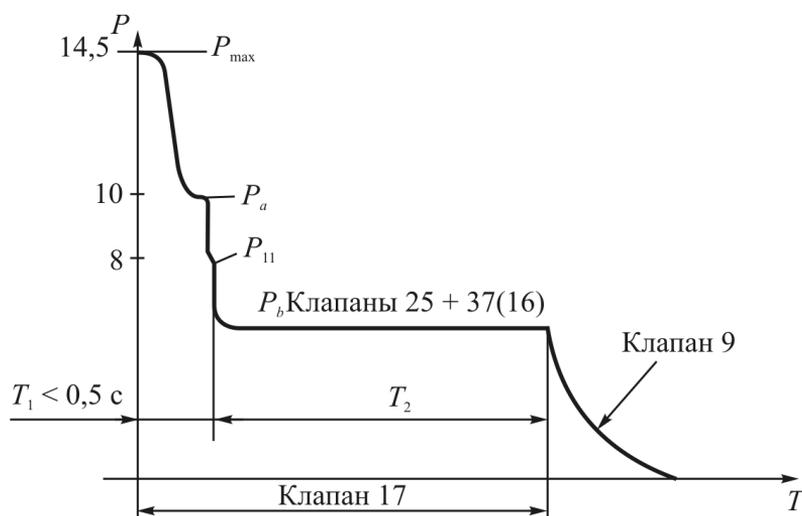


Рис. 1.15. Диаграмма изменения давления при предохранительном торможении с постоянным тормозным моментом

1.4. Привод шахтных подъемных установок

Привод шахтных подъемных установок осуществляется электродвигателями постоянного или переменного тока [125]. Большинство шахтных подъемных установок оснащено асинхронными двигателями с фазным ро-

тором с металлическим или жидкостным реостатом, что объясняется их небольшой стоимостью, простотой обслуживания и высокой эксплуатационной надежностью асинхронного привода. Максимальная мощность асинхронного двигателя – 1600 кВт.

В связи с большой частотой вращения асинхронных двигателей их подключение осуществляется через редуктор. Возможен одно – или двухдвигательный привод шахтных подъемных машин.

Схема асинхронного привода с фазным ротором приведена на рис. 1.16. Контактторы реверсоров *B* и *H* осуществляют изменение направления вращения двигателя *M*.

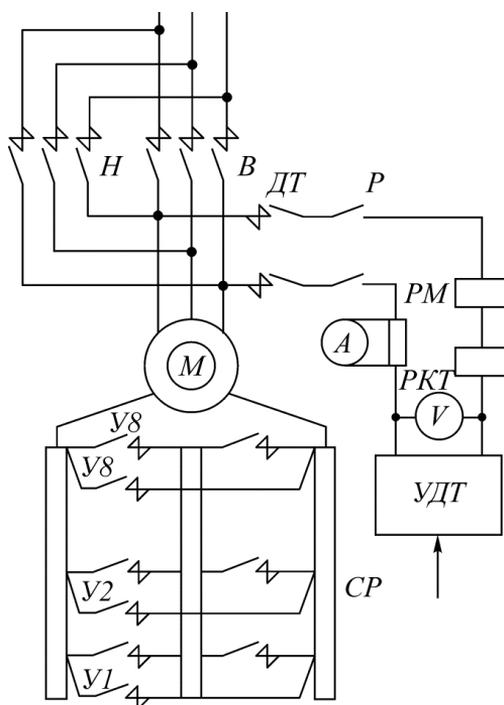


Рис. 1.16. Схема асинхронного привода

Для регулирования частоты вращения двигателя используется регулируемое сопротивление *СР*, включаемое в цепь ротора и изменяемое при включении роторных контактов *Y1–Y8*.

Асинхронные приводы шахтных подъемных машин оборудуются динамическим торможением, регулируемый источник постоянного тока *УДТ* которого подключается к статору двигателя через контактор динамического торможения *ДТ* при отключенных контакторах *B* и *H*.

Зависимость частоты вращения двигателя от развиваемого им момента носит название механической характеристики. Механические характеристики асинхронного привода приведены на рис. 1.17.

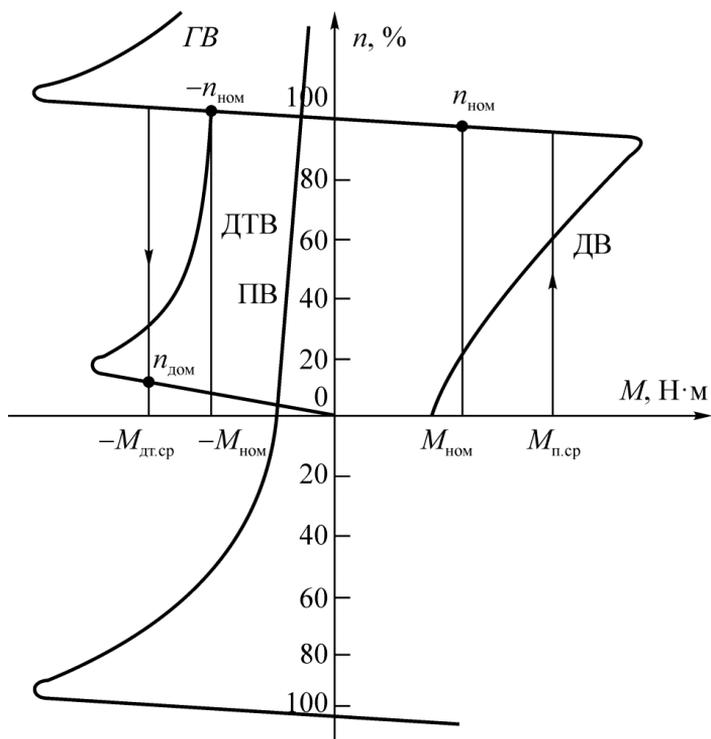


Рис. 1.17. Механические характеристики асинхронного двигателя

При вращении органа навивки в направлении «вперед» асинхронный двигатель может работать в следующих режимах:

- двигательный режим (область *ДВ*, см. рис. 1.17) – направление движения сосудов совпадает с направлением развиваемого двигателем момента. Вращающий момент создается взаимодействием тока ротора с вращающимся магнитным полем;

- режим генераторного торможения *ГВ* – двигатель вращается моментом, создаваемым разностью натяжения подъемных канатов. Тормозной момент, препятствующий разгону системы, создается взаимодействием тока ротора с вращающимся магнитным полем. В этом режиме активная мощность передается в сеть;

- торможение противовключением *ПВ* – крайне редко встречающийся режим, когда торможение осуществляют включением двигателя в обратном направлении, то есть магнитное поле статора двигателя и ротор вращаются встречно;

- режим динамического торможения *ДТВ* – создается подключением обмоток статора к источнику постоянного тока. Тормозной момент создается взаимодействием тока ротора с неподвижным магнитным полем.

Асинхронные двигатели имеют относительно жесткие естественные механические характеристики с номинальным скольжением $S_{\text{ном}} = 0,02 \dots 0,03$.

Для выполнения диаграмм движения шахтной подъемной машины (см. рис. 4.4) двигатель разгоняется с $n_{\text{дв}} = 0$ до номинальной скорости $n_{\text{ном}}$ средним пусковым моментом $M_{\text{п.ср}}$ (см. рис. 1.17). На этой скорости при положительном статическом моменте $M_{\text{с}}$, равном номинальному $M_{\text{ном}}$, осуществляется движение до точки $+n_{\text{ном}}$. Генераторное торможение применяется при спуске груза. При номинальном статическом моменте $M_{\text{ном}}$ двигатель работает на естественной характеристике в точке $-n_{\text{ном}}$. Замедление машины от максимальной скорости до малой скорости может быть осуществлено в режиме динамического торможения с использованием механической характеристики со средним тормозным моментом $M_{\text{ДТ ср}}$ от точки $-n_{\text{ном}}$ до точки $n_{\text{дот}}$.

Торможение противовключением (ПВ) применяется в аварийных ситуациях.

Механические характеристики асинхронного двигателя при подключении роторных сопротивлений приведены на рис. 1.18.

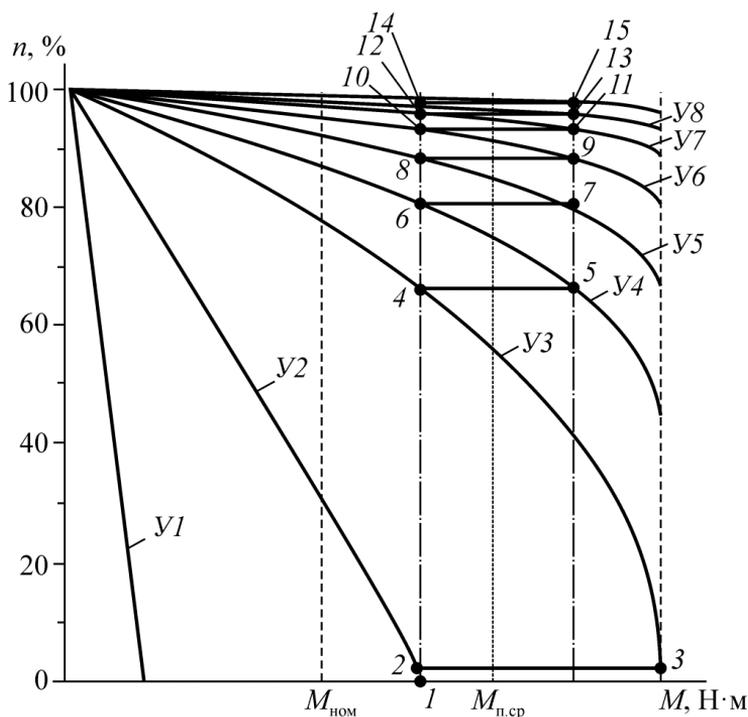


Рис. 1.18. Механические характеристики асинхронного двигателя с фазным ротором

При максимальном значении роторных сопротивлений момент двигателя определяется характеристикой У1. Он обеспечивает плавное приложение нагрузки к валу подъемной машины. На второй ступени (характеристика У2) происходит трогание машины и разгон по линии 1 – 2. При включении третьей ступени момент двигателя скачком увеличивается по линии 2 – 3 и происходит разгон подъемной установки по линии 3 – 4.

Дальнейшее выведение роторных сопротивлений обеспечивает ступенчатое увеличение скорости по ломаной линии 4, 5, 6, 7, ..., 14, 15 до номинальной скорости $n_{\text{ном}}$.

В практике эксплуатации шахтных подъемных установок максимальная скорость движения сосудов бывает ограничена. В этом случае не все контакторы станции управления включаются, и подъемный двигатель работает на одной из искусственных характеристик. Например, при работе двигателя на характеристике У4 двигатель при номинальном моменте на валу будет вращаться с частотой $n_{у4}$. Соответственно с меньшей скоростью будет происходить движение подъемных сосудов. В этом случае подъемный двигатель имеет «мягкую» характеристику и скорость движения будет изменяться при изменении момента сопротивления на валу подъемной машины.

Мощные шахтные подъемные установки оснащены приводом постоянного тока. В настоящее время в эксплуатации находятся установки с приводом по системе генератор–двигатель (силовая схема приведена на рис. 1.19) и с приводом по системе тиристорный преобразователь – двигатель (рис. 1.21).

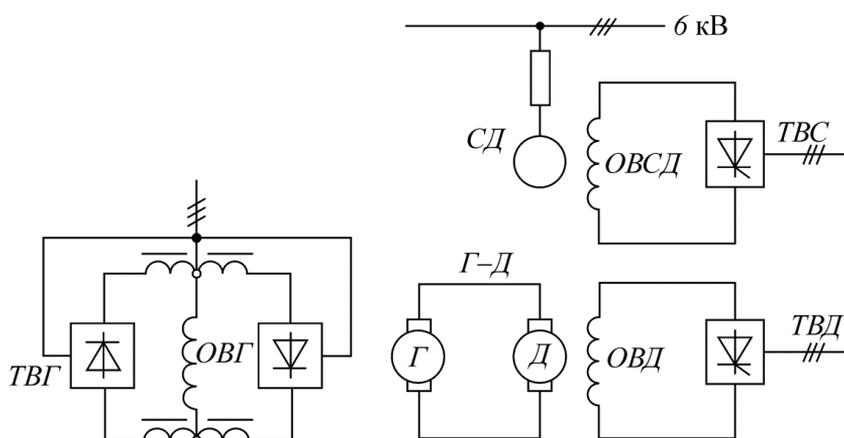


Рис. 1.19. Силовая схема привода по системе Г–Д

Механические характеристики двигателя постоянного тока определяются зависимостью

$$n_{\text{дв}} = \frac{U}{c_e \Phi} - \frac{MR_{\text{я}}}{c_e c_M \Phi^2},$$

где U – напряжение на якоре двигателя; $R_{\text{я}}$ – сопротивление якорной цепи двигателя; M – момент на валу двигателя; Φ – магнитный поток двигателя; c_e, c_M – конструктивные постоянные двигателя.

Графики зависимости частоты вращения двигателя от момента на его валу приведены на рис. 1.20. Наклон характеристик определяется падением напряжения в якорной цепи двигателя.

В приводе шахтных подъемных машин по системе Г–Д управление частотой вращения двигателя Д осуществляется при постоянном магнитном потоке двигателя $\Phi = \text{const}$ изменением подводимого к его якору напряжения генератора Г путем регулирования его тока возбуждения.

Питание обмотки возбуждения генератора осуществляется от реверсивного тиристорного преобразователя.

Реверсивный привод Г–Д шахтных подъемных машин управляется в четырех квадрантах механических характеристик. Изменению линейной скорости подъема и движущих усилий на органе навивки шахтной подъемной машины соответствует изменение частоты вращения и момента на валу двигателя на механических характеристиках привода (по стрелкам, рис. 1.20).

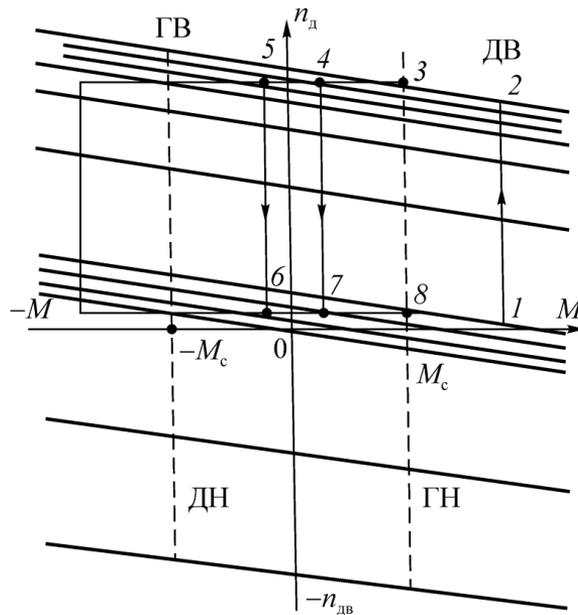


Рис. 1.20. Механические характеристики двигателя постоянного тока

Разгон системы при подъеме груза до номинальной скорости осуществляется по линиям 0–1–2–3. Точка 1 определяет момент M_d , создаваемый подъемным двигателем. Под действием разности моментов двигателя и момента сопротивления M_c происходит и разгон системы по линии 1–2. В точке 3 $M_d = M_c$ и дальнейшее движение происходит с постоянной скоростью.

Замедление системы в конце подъема может происходить при двигательном (линии 3–4–7–8) или генераторном (линии 3–4–5–6–7–8) режиме работы двигателя. В точке 8 осуществляется дотяжка сосудов с постоянной скоростью. При этом $M_d = M_c$.

При спуске груза подъемный двигатель работает в генераторном режиме (второй квадрант механической характеристики). Изменение момента M_d при выполнении заданного закона движения происходит аналогично.

При движении сосудов в обратном направлении («назад») двигатель работает в третьем (двигательный режим ДН) и четвертом (генераторный режим ГН) квадрантах

Привод по системе ТП–Д в настоящее время реализуется по двум принципиально отличающимся схемам:

а) с реверсом по якорной цепи двигателя (силовая схема приведена на рис 1.21, а);

б) с реверсом по цепи возбуждения двигателя (см. рис. 1.21, б).

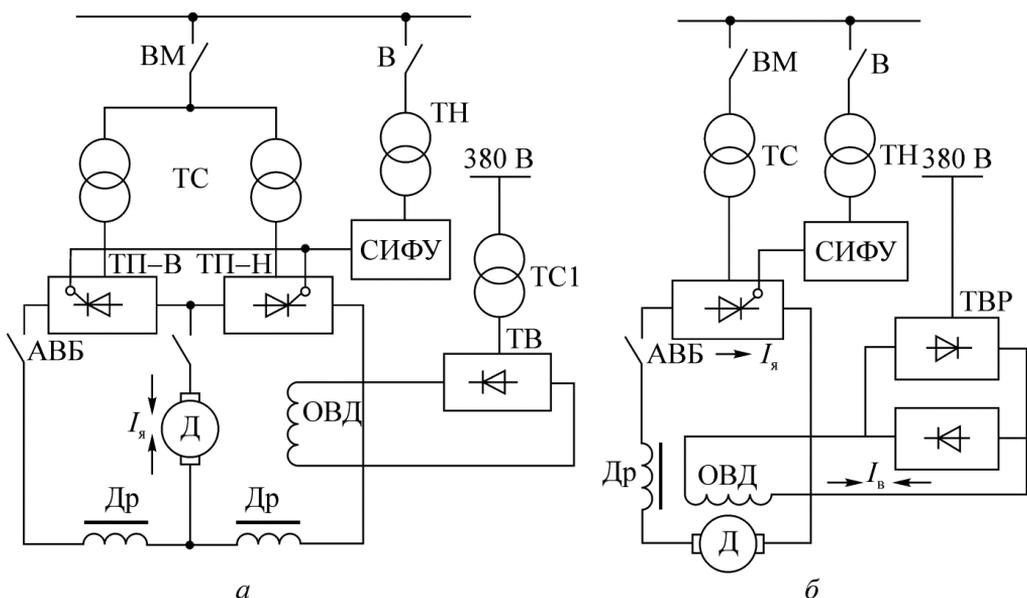


Рис. 1.21. Силовые схемы привода по системе ТП–Д

Система ТП–Д с реверсом по якорной цепи двигателя, так же, как и привод по системе Г–Д, обеспечивает управление движением подъемных сосудов путем изменения величины и полярности подводимого напряжения преобразователя.

При реверсировании тока возбуждения подъемного двигателя направление тока якоря остается неизменным.

Механические характеристики привода по системе ТП–Д (рис. 1.22) аналогичны зависимостям в приводе Г–Д. Исключение составляет зона прерывистых токов, ограниченная штриховой линией, в которой характеристики искажены.

При работе подъемного двигателя в генераторном режиме тиристорный преобразователь якорной цепи переходит в инверторный режим, обеспечивая преобразование постоянного тока в переменный и передачу энергии из цепи двигателя в питающую сеть.

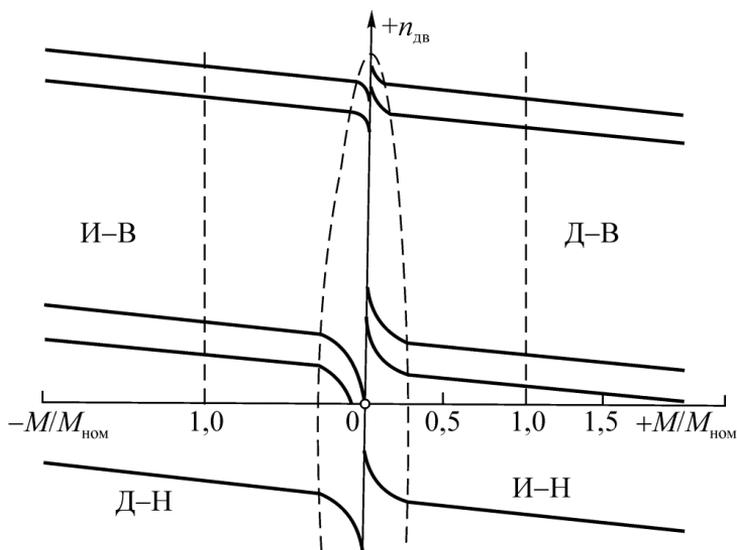


Рис. 1.22. Механическая характеристика привода по системе ТП–Д

1.5. Система защит, блокировок и ствольная сигнализация ШПУ

Безопасная сигнализация шахтных подъемных установок обеспечивается аппаратурой защит и блокировок. Защитные устройства шахтных подъемных машин могут быть разбиты на две группы:

- вызывающие немедленное включение тормоза предохранительного (ТП);
- позволяющие закончить цикл подъема, в течение которого возникла неисправность, и запрещающие последующий пуск машины.

Защиты, срабатывание которых приводит к немедленному включению предохранительного тормоза.

Нормально замкнутые контакты большинства аппаратов защиты включены последовательно в обмотки контакторов 1ТП и 2ТП. Эту цепь контактов называют цепью защиты шахтной подъемной машины (цепью ТП) (рис. 1.23). Разрыв любого из контактов цепи ТП приводит к отключению контакторов 1ТП и 2ТП, включающих предохранительный тормоз.

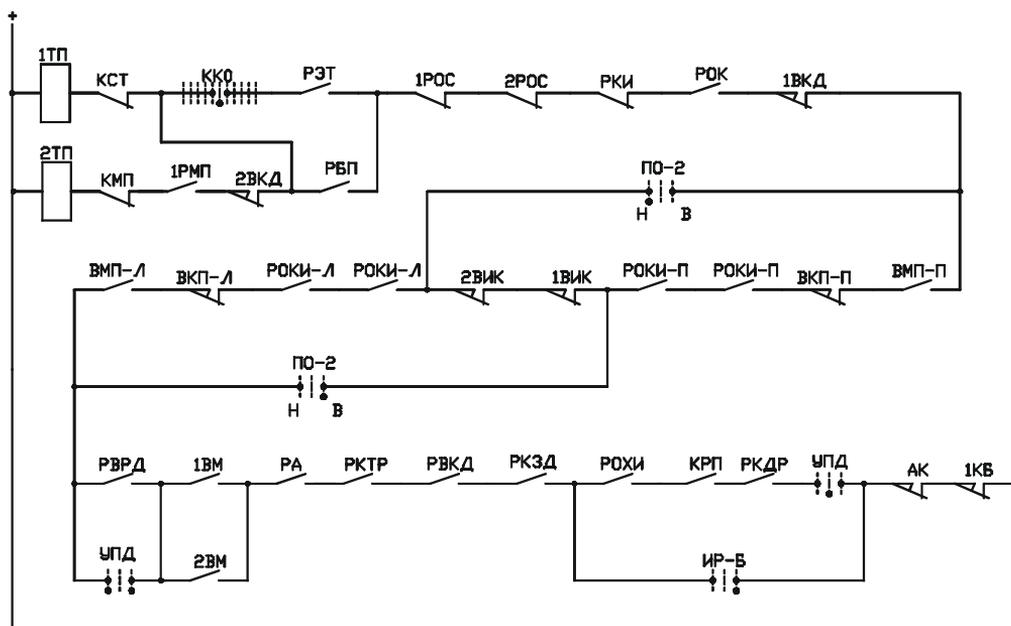


Рис. 1.23. Цепь защиты шахтной подъемной машины

К описываемой группе относятся следующие виды защит:

1. Максимальная защита, отключающая масляный выключатель подъемного электродвигателя. Срабатывание предохранительного тормоза происходит вследствие разрыва контактов 1ВМ и 2ВМ масляного выключателя в цепи защиты.

2. Минимальная защита от снижения напряжения высоковольтной сети ниже допустимого предела. Она осуществляется специальным реле, установленным на подстанции и отключающим масляный выключатель.

3. Нулевая защита, позволяющая включение машины только из исходного (нулевого) положения.

4. Дифференциальная защита от перегрузки одного из двигателей при двухдвигательном приводе (реле РВРД).

5. Защита от включения машины при ремонтах. Она обеспечивается включенными в цепь реле РА аварийными выключателями, расположен-

ными на отметке разгрузки скипов, нулевой площадке и в камере загрузочных устройств.

6. Защита от чрезмерного износа тормозных колодок (1ВИК, 2ВИК).
7. Защита от ослабления и напуска подъемного каната в ствол.
8. Защита от снижения давления в цилиндрах предохранительного торможения.
9. Защита от переподъема.
10. Защита от превышения скорости.
11. Защита от неисправности работы тормоза и цепей управления.
12. Защита от случайного расцепления механизма перестановки.
13. Защита от обратного хода. Осуществляется реле РОХ, которое разрывает цепь ТП, если машина пойдет в сторону, противоположную заданной команде.

Защиты, запрещающие последующий пуск машины

Ко второй группе относятся следующие виды защиты:

- от перегрева подшипников и обмоток двигателя;
- от прекращения подачи смазки в подшипники;
- от снижения сопротивления изоляции в цепях стволовой сигнализации;
- от снижения сопротивления изоляции в цепях управления машины.

Между многими элементами шахтной подъемной машины имеются блокировки, исключающие возможность неправильного их взаимодействия в процессе работы. Основными из них являются следующие блокировки:

- исключающая выключение высоковольтных разъединителей при включенных масляных выключателях;
- препятствующая открыванию дверей высоковольтных ячеек при включенных масляных выключателях и отключающая высокое напряжение при открытии дверей;
- электрическая и механическая между контакторами реверсора В и Н;
- дуговая, обеспечивающая выдержку времени между отключениями контактора реверсора одного направления и включением контактора другого направления;
- препятствующая включению двигателя при закороченном роторном реостате;
- не допускающая включение приводного двигателя при наложенном предохранительном тормозе;
- обеспечивающая последовательное включение контактора ускорения;

– не допускающая одновременного включения обоих контакторов выбора направления движения.

На шахтных подъемных машинах с приводом постоянного тока введены следующие дополнительные защиты и блокировки:

1. Максимальная защита главной цепи, осуществляемая автоматическим воздушным выключателем, заблокированным с цепью предохранительного торможения.

2. Защита от исчезновения напряжения возбуждения двигателя.

3. Защита от нарушения системы принудительного охлаждения главных электрических машин в приводе по системе Г–Д.

4. Защита тиристорных преобразователей в приводе по системе ТП–Д.

К системе стволовой сигнализации, связи и управления относят комплекс аппаратов, органов управления, защит и стволового оборудования, предназначенный для передачи сигналов и данных между стволом шахты и помещением управления шахтной подъемной установкой.

Каждая шахтная подъемная установка должна быть оборудована следующими видами сигнализации и связи:

– рабочей, предназначенной для обеспечения выполнения технологических операций по подъему-спуску людей и грузов;

– резервной, используемой в случае выхода из строя рабочей сигнализации и связи;

– ремонтной, применяемой при осмотре и ремонте крепи и армировки ствола, элементов копра и подъемных сосудов.

На скиповых шахтных подъемных установках стволовая рабочая и резервная сигнализации и связь должны обеспечивать выполнение следующих функций:

– передачу сигналов:

1. В здание шахтной подъемной машины машинисту подъема:

- сигнала об окончании загрузки скипа на горизонте, разгрузки его на разгрузочной площадке; о заполнении приемного бункера горной массой;

- предупредительного сигнала перед пуском шахтной подъемной машины, работающей в автоматическом режиме;

- сигнала «Авария» со всех рабочих мест. По этому сигналу производится включение предохранительного тормоза.

2. От машиниста подъема на горизонты и разгрузочную площадку сигналов режимов: «Груз», «Ревизия», «Люди».

3. На горизонты, разгрузочную и нулевую площадки сигналов о месте нахождения скипа;

– блокировки, исключающие возможность:

- подачи рабочих сигналов с горизонтов, на которых отсутствует скип;
- одновременной подачи рабочих сигналов с нескольких рабочих мест;
- всех сигналов (кроме сигнала «Авария») в режиме «Ревизия»;
- подачи рабочих сигналов после подачи сигнала «Авария».

Рабочая сигнализация и связь должны также обеспечивать:

- звуковое сопровождение каждого изменения светового сигнала;
- сброс сигнала «Авария»: звукового – машинистом; светового – оператором только с места подачи;
- задержку подачи звуковых сигналов: «Авария» – не более 0,1 с; «Стоп» – не более 0,25 с;
- непрерывный контроль исправности линии подачи кодового сигнала «Стоп» и сигнала «Авария»;
- двустороннюю громкоговорящую связь между машинистом подъема и операторами загрузки и разгрузки, оператором на нулевой площадке;
- вызов: машиниста подъема – голосом и световым сигналом; ствольных горизонтов и операторов нулевых и разгрузочных площадок – тональным сигналом и голосом;
- кодовую сигнализацию для передачи рабочих сигналов между операторами загрузки и разгрузки и машинистом подъема;
- телефонную связь между машинистом подъема и операторами загрузки и разгрузки.

2. ОПИСАНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ РЕГИСТРАТОРОВ ПАРАМЕТРОВ РПУ-03.X

В соответствии с действующими нормативными документами [74, 115] все шахтные подъемные установки должны быть оснащены устройствами для регистрации основных параметров режимов работы подъемной машины. Эти устройства предназначены для непрерывного измерения и контроля основных параметров работы шахтной подъемной установки, индикации текущих значений, хранения и предоставления всей получаемой информации.

Устройства контроля и регистрации параметров работы шахтной подъемной установки (далее – регистраторы параметров) должны обеспечивать измерение и регистрацию следующих параметров ШПМ:

- скорость движения подъемных сосудов по скорости вращения органа навивки подъемной машины;
- силы переменного или постоянного тока в силовых цепях подъемных двигателей, в том числе тока динамического торможения;
- давление рабочей среды в исполнительных элементах привода тормозной системы подъемной машины.

Регистраторы должны обеспечивать определение, визуализацию и регистрацию причины включения предохранительного тормоза, а также регистрацию следующей информации:

- состояние путевых выключателей положения подъемных сосудов, в том числе в точке начала замедления;
- положение предохранительных решеток стволов на приемных площадках;
- режим работы подъемной машины («ревизия», «груз», «оборудование» «ручной» или «автоматический»).

Регистраторы параметров могут быть оснащены дополнительными каналами получения и регистрации аналоговой и дискретной информации. Все электрические цепи, по которым передаются аналоговые и дискретные сигналы напряжением выше 24 В, должны иметь гальваническую развязку.

Программное обеспечение регистраторов параметров должно предусматривать обработку, визуализацию и документирование архивной информации. Продолжительность хранения графических архивов – не менее 30 дней.

Регистраторы параметров подъемной установки РПУ-03.x (далее по тексту – РПУ-03.x) обеспечивают выполнение этих требований. Наименование «РПУ-03.x» является общим для типового ряда регистраторов пара-

метров РПУ-03.3, РПУ-03.5, отличающихся техническим оснащением и набором выполняемых функций.

Перечень контролируемых параметров регистраторов РПУ-03.3 адаптируется под условия конкретной подъемной установки с учетом следующих ограничений: 7 аналоговых сигналов (включая положение и скорость подъемных сосудов); 16 дискретных сигналов; 30 контактов цепи ТП.

Регистратор параметров РПУ-03.5 базовой модификации дополнительно обеспечивает контроль следующих параметров тормозной системы: ток регулятора давления; деформация тормозных тяг (тормозного усилия).

Количество аналоговых и дискретных сигналов может быть расширено (относительно базового набора). Варианты расширения функций:

- контроль температур элементов подъемной установки контактным и бесконтактным методом;
- контроль температуры воздуха в системах охлаждения, в помещениях;
- контроль давления в различных системах подъемной установки;
- контроль протока масла в системе смазки подшипников;
- контроль токов ротора подъемного двигателя;
- контроль биений барабана подъемной машины.

В состав оборудования регистратора РПУ-03.x входят:

- шкаф контроллера;
- набор первичных преобразователей;
- анализатор защит;
- рабочая станция.

2.1. Основные характеристики РПУ-03.x

Измерительная часть РПУ-03.x выполнена на базе многоканального программируемого промышленного контроллера с комплектом измерительных модулей аналого-цифрового ввода и гальванической развязки – далее по тексту «контроллер». Количество и тип комплекта измерительных модулей аналого-цифрового ввода и гальванической развязки определяются перечнем параметров для контролируемой подъемной установки.

Обмен данными между контроллером и рабочей станцией РПУ-03.x производится по промышленной сети ModBus RTU RS-485 (РПУ-03.3) или по промышленной сети ProfiBus DP PC (РПУ-03.5).

Рабочая станция РПУ-03.3 – компактный панельный компьютер с сенсорным экраном, установленный в металлический корпус.

Рабочая станция РПУ-03.5 – мощный персональный компьютер в промышленном исполнении.

РПУ-03.x предназначены для эксплуатации в комплекте с первичными преобразователями:

- токовые шунты, трансформаторы тока или датчики тока (используются во всех версиях РПУ-03.x);
- датчики угла поворота – (установлены в РПУ-03.3 и РПУ-03.5);
- датчики давления, датчики деформации в комплекте с усилителем сигнала (используются в РПУ-03.5).

Блок-схема РПУ-03.5 приведена на рис. 2.1.

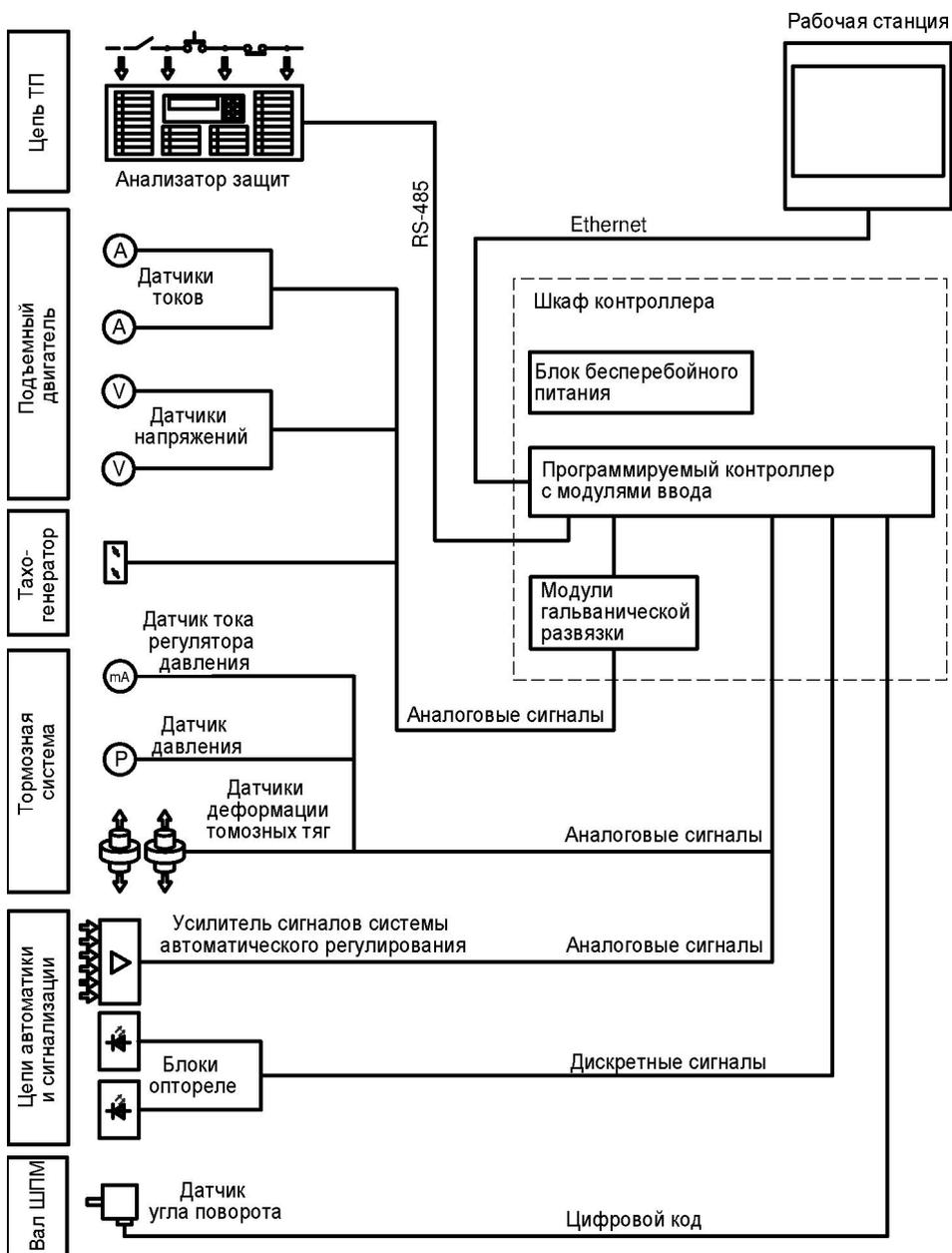


Рис. 2.1. Блок-схема РПУ-03.5

РПУ-03.х обеспечивают:

- контроль электропривода постоянного или переменного тока;
- определение массы руды, поднимаемой из шахты;
- измерение скорости движения подъемных сосудов;
- определение положения подъемных сосудов в шахтном стволе;
- контроль состояния системы предохранительного торможения (причины наложения предохранительного тормоза и состояние контактов цепи ТП после наложения предохранительного тормоза);
- контроль тормозной системы подъемной машины (РПУ-03.5);
- контроль системы автоматического управления подъемной машиной;
- контроль состояния системы шахтной стволовой сигнализации ШПУ;
- контроль системы автоматического регулирования скорости, построенной на элементах универсальной блочной системы регулирования УБСР (далее по тексту – УБСР) или магнитных усилителях ШПУ (обеспечивает только РПУ-03.5).

Основные характеристики измерительных каналов (ИК) РПУ-03.х приведены в табл. 2.1.

Относительная погрешность воспроизведения временных интервалов при графическом изображении измеренного сигнала не более ± 1 %.

Основная погрешность определения массы руды, поднимаемой из ствола шахты на поверхность, не нормируется.

Основная относительная погрешность измерения скорости движения подъемного сосуда в стволе шахты при подъеме/спуске не более ± 2 %.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности от влияния температуры окружающей среды относительно (20 ± 5) °С не превышают половины значения основной погрешности.

Питание РПУ-03.х осуществляется от сети переменного тока напряжением 127/220/380 В промышленной частотой (50 ± 1) Гц. Для стабилизации питающего напряжения в конструкции РПУ-03.х предусмотрено наличие аккумуляторного (батарейного) блока.

2.2. Состав РПУ-03.х

Регистраторы параметров подъемной установки РПУ-03.х состоят из следующих основных модулей и элементов:

- контроллер WAGO в комплекте;
- анализатор защит АНЗ-03 в комплекте;
- рабочая станция в комплекте;
- измерительные преобразователи в комплекте;

Таблица 2.1

Основные характеристики измерительных каналов РПУ-03.х

Наименование ИК	Модификация РПУ-03.х		Диапазон измерений	Первичный преобразователь		Контроллер, ПК рабочей станции с установленным программным обеспечением РПУ-03.х			Пределы допускаемой основной погрешности ИК, %	
	03.1	03.3		03.5	Тип	Пределы допускаемой основной погрешности, %	Диапазон входного сигнала	Диапазон выходного сигнала		
ИК силы постоянного тока	+	+	± 200 А ± 300 А ± 500 А ± 3000 А ± 5000 А ± 6000 А	Шунт 75ШСМ	±0,5 от диапазона измерений	±75 мВ	±75 мВ	±1,0 от диапазона измерений	± 200 А ± 300 А ± 500 А ± 3000 А ± 5000 А ± 6000 А	±1,5 от диапазона измерений
	+	+	(0...50) А (0...100) А (0...200) А	Шунт во вторичной цепи трансформатора тока	±0,5 (шунт) от диапазона измерений ±3 (тр.тока) от измеренной величины	±75 мВ	±75 мВ	±1,0 от диапазона измерений	(0...50) А (0...100) А (0...200) А	±4,5 от диапазона измерений
ИК силы переменного тока	+	+	(0...500) А (0...1000) А	Датчик тока ЛТ 500, ЛТ 1000	Не нормируется	(0...4,5) В (0...4) В	(0...4,5) В (0...4) В	±1,0 от диапазона измерений	(0...500) А (0...1000) А	Не нормируется
	-	+	(0,5...1500) м	Датчик угла поворота	±1 имп./1 об.	4096 имп/об.	4096 имп/об.	±1,0 от измеренной величины	(0,5...1500) м	±1,0 от измеренной величины

Наименование ИК	Модификация РПУ-03.х		Диапазон измерений	Первичный преобразователь			Контроллер, ПК рабочей станции с установленным программным обеспечением РПУ-03.х			Пределы допускаемой основной погрешности ИК, %
	03.1	03.3 03.5		Тип	Предел допускаемой основной погрешности, %	Диапазон выходного сигнала	Диапазон входного сигнала	Предел допускаемой основной погрешности, %	Диапазон выходного сигнала	
ИК скорости движения судов	+	-	1 – 16 м/с	Тахогенератор двигателя подъемной машины	Не нормируется	±230 В	±230 В	±1,0 от диапазона измерений	1 – 16 м/с	±2,5 от диапазона измерений
ИК напряжения постоянного тока	-	-	±20 В	Буферный усилитель УБСР (РПУ-3.х)	±1,0 от диапазона измерений	±10 В	±10 В	±1,0 от диапазона измерений	±20 В	±2,0 от диапазона измерений
ИК давления	-	-	(0...1) МПа	Датчик давления «Кара-Ди»	±0,25 от диапазона измерений	(4...20) мА	(4...20) мА	±1,0 от диапазона измерений	(0...1) МПа	±1,25 от диапазона измерений
ИК деформации	-	+	(0...3000) мкм/м	Тензорезисторы КФ5П-10-400-А-12 с усилителем	±1,0 от измеренной величины	(4...20) мА	(4...20) мА	±1,0 от диапазона измерений	(0...3000) мкм/м	Не нормируется

- соединительные кабели в комплекте;
- крепежные соединения в комплекте;
- буферный усилитель УБСР (РПУ-03.5);
- буферный усилитель тока регулятора давления (РПУ-03.5);
- программное обеспечение РПУ-03.x;
- программное обеспечение просмотра архивов ПК РПУ.

Комплект контроллера в базовой комплектации (рис. 2.2.) состоит:

- из настенного шкафа;
- многоканального программируемого промышленного контроллера;
- модулей цифрового ввода – до 24 каналов;
- модулей аналогового ввода (ток) – до 24 каналов;
- модулей аналогового ввода (напряжение) – до 24 каналов;
- модуля SSI интерфейса;
- преобразователя напряжения DC/DC для подключения «сухих» контактов реле цепей автоматики ШПУ;
- комплекта источника бесперебойного питания;
- модулей нормализации и гальванической развязки;
- платы с делителями напряжения.



Рис. 2.2. Комплект контроллера в базовой комплектации

Количество модулей аналогового ввода ограничено типом применяемого контроллера.

Комплект анализатора защит АнЗ-03 (рис. 2.3) состоит из настенного шкафа, включающего модуль микроконтроллера, жидко-кристаллический дисплей с мембранной клавиатурой и вспомогательные элементы.



Рис. 2.3. Внешний вид анализатора защит Ан3-03

Комплект рабочей станции РПУ-03.3 состоит:

- из шкафа;
- панельного компьютера с сенсорным экраном (рис. 2.4);
- флеш-диска USB.



Рис. 2.4. Внешний вид панельного компьютера

Комплект рабочей станции РПУ-03.5 (рис. 2.5) состоит:

- из персонального компьютера в промышленном исполнении;
- клавиатуры;
- манипулятора мышь.

Комплект измерительных преобразователей состоит:

- из стандартных токовых шунтов;
- датчиков тока;
- датчика угла поворота с кабелем (рис. 2.6.);
- защитного корпуса датчика угла и комплект оснастки крепления.

Регистратор параметров РПУ-03.5 содержит следующие дополнительные преобразователи:

- датчик давления;
- датчики деформации тормозных тяг в защитном корпусе (рис. 2.7);
- усилители сигнала датчиков деформации;
- буферный усилитель УБСР;
- буферный усилителя тока регулятора давления;
- датчики температуры подшипников, обмоток электродвигателей и других элементов шахтной подъемной установки (поставляются по желанию заказчика).



Рис. 2.5. Рабочая станция РПУ-03.5

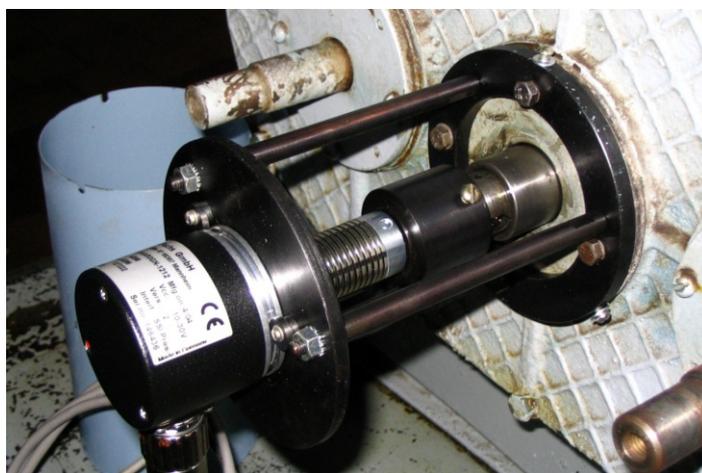


Рис. 2.6. Датчик угла поворота, установленный на АЗК (защитный корпус снят)



Рис. 2.7. Расположение датчиков деформации на тормозных тросах

2.3. Контроллер сбора и обработки информации

Многоканальный программируемый контроллер обеспечивает сбор, измерение, обработку и передачу данных по промышленной сети в рабочую станцию.

Аналоговые и цифровые сигналы с первичных преобразователей через нормализующие модули поступают на модули аналогового ввода и модуль интерфейса.

Для контроля состояния контактов реле, концевых выключателей и дискретных датчиков системы автоматического управления подъемной машиной в составе контроллера используются модули цифрового ввода.

Контроллер имеет последовательный интерфейс RS 485.

Контроллер запрограммирован:

- на опрос измерительных каналов;
- опрос анализатора защит АнЗ-03;
- синхронизацию времени с ПК рабочей станции и анализатором защит АнЗ-03;
- расчет основных параметров ШПУ.

Контроль электропривода подъемной машины

Измерение силы постоянного тока силовых цепей подъемного электродвигателя производится с помощью стандартных шунтов.

Постоянное напряжение с шунтов поступает на нормализующий модуль и модуль аналогового ввода контроллера.

Измерение силы переменного тока силовых цепей подъемного электродвигателя производится с помощью стандартного токового шунта,

включаемого во вторичную цепь трансформатора тока, установленного в контролируемой цепи двигателя.

Переменное напряжение с шунта поступает на нормализующий модуль-детектор, преобразующий переменное напряжение в сигнал постоянного тока. Нормализованный сигнал подается в модуль аналогового ввода.

Измерение силы переменного тока в роторной цепи подъемного двигателя осуществляется с помощью датчиков тока.

Переменное напряжение с выхода датчика поступает на нормализующий модуль-детектор и далее в модуль аналогового ввода.

Измерение скорости движения подъемных сосудов осуществляется при подключении к тахогенератору подъемной машины. Постоянное напряжение с тахогенератора поступает на нормализующий модуль и в модуль аналогового ввода контроллера.

Определение положения подъемного сосуда в шахтном стволе

Положение подъемного сосуда в шахтном стволе определяется с помощью оптоэлектронного многооборотного датчика угла поворота, соединенного с валом двигателя с помощью безлюфтовой муфты. Датчик имеет разрешение 4096 делений на один оборот. Внутренний счетчик рассчитан на 4096 оборотов. Сигналы с датчика поступают в модуль SSI-интерфейса контроллера. Контроллер обеспечивает преобразование кода Грея с выхода датчика угла поворота в бинарный код. Из угла поворота вычисляется положение сосудов в метрах.

Контроль системы управления подъемной машиной и системы шахтной сигнализации

Из системы автоматического управления подъемной машины на модули дискретного ввода контроллера поступают сигналы определяющие:

- включение и выключение подъемного двигателя;
- контроль целостности цепи ТП;
- остановку сосудов на отметках разгрузки и загрузки скипов или площадках посадки высадки людей (для клетевой ШПУ);
- режимы работ ШПУ;
- кодовые сигналы системы стволовой сигнализации;
- положение предохранительных решеток в шахтном стволе.

2.4. Анализатор защит АнЗ-03

Основными элементами анализатора защит АнЗ-03 являются модуль микроконтроллера, платы оптронной развязки и согласующих сопротивлений, жидкокристаллический экран с мембранной клавиатурой, клеммник

для подключения к контактам цепи ТП и панель со светодиодной индикацией состояния контактов цепи ТП.

Анализатор защит АнЗ-03 подключается к цепи ТП через защитные резисторы и оптронную гальваническую развязку. Схема подключения показана на рис. 2.8.

Входной сигнал от контакта цепи ТП (постоянное напряжение от 0 до 220 В) подается через резисторы R1, R2 на оптрон VD1. В качестве индикатора используется светодиод VD2. Светодиод загорается, когда на входных контактах схемы присутствует напряжение около 20 В. Далее сигнал через буферный повторяющий элемент D1 поступает на контроллер.

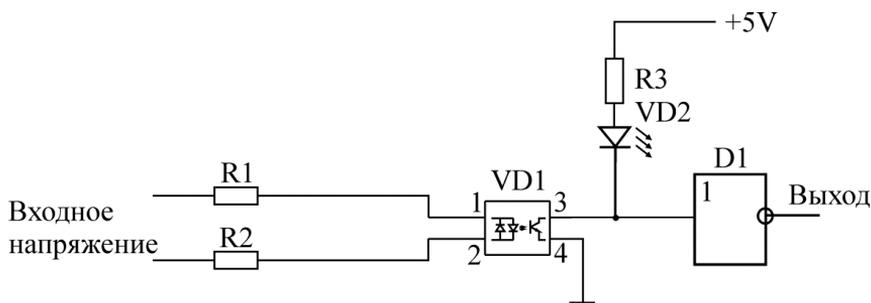


Рис. 2.8. Схема подключения к контакту цепи ТП

Микроконтроллер анализатора защит при разрыве любого из контактов цепи ТП программным путем находит номер контакта, фиксирует время разрыва и выводит информацию на табло. Информация о номере первого разорвавшегося контакта передается по последовательному интерфейсу в центральный контроллер РПУ-03.х.

На передней панели анализатора защит АнЗ-03 установлены индикаторы контактов цепи ТП, жидкокристаллический экран и мембранная клавиатура. В верхней строке экрана выводится: номер зарегистрированного события, время последнего срабатывания ТП и номер контакта, соответствующий первому разрыву. Нижняя строка содержит аналогичную информацию о причине предыдущего срабатывания ТП. В памяти микроконтроллера хранится 99 последних событий. Просмотр их осуществляется с помощью кнопок клавиатуры *Вверх* и *Вниз*. Внешний вид экрана изображен на рис. 2.9.

Одновременное нажатие на кнопки *Вверх* и *Вниз* удаляет все записанные события. При каждом запросе от контроллера WAGO происходит автоматическая синхронизация времени с временем персонального компьютера. При автономном использовании время можно установить вручную. Для перевода в режим установки времени нажимается кнопка *Start*. В ниж-

ней строке появляется сообщение «Установить время», в верхней строке курсор устанавливается в позиции секунд. Изменение значение производится кнопками *Вверх* и *Вниз*. Переход к минутам, часам и другим значениям осуществляется кнопкой *Enter*. Повторное нажатие на кнопку *Start* переводит анализатор в исходное состояние.

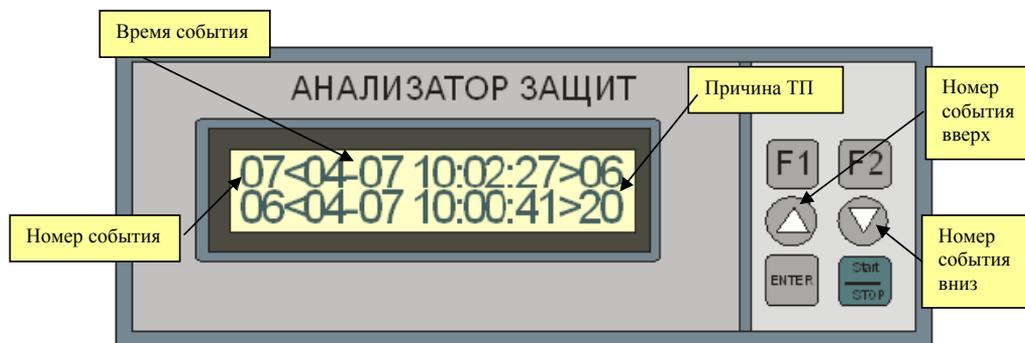


Рис. 2.9. Экран анализатора защит

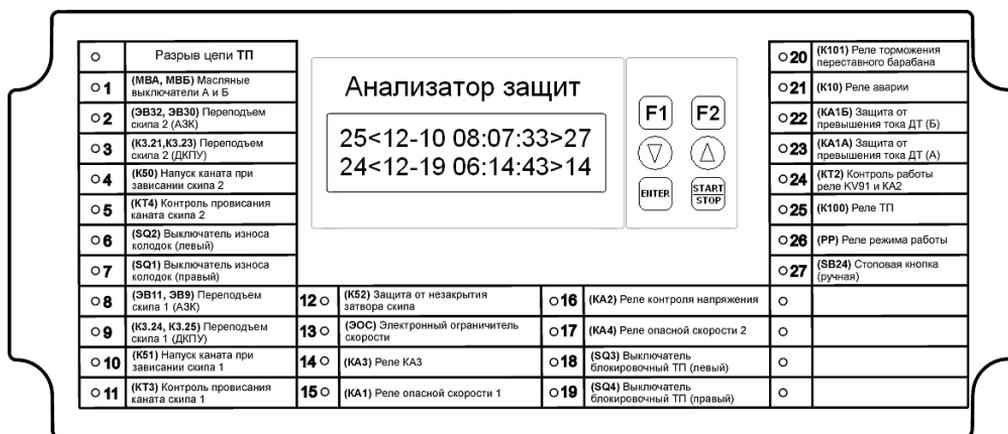


Рис. 2.10. Вид индикаторной панели анализатора защит

На корпусе анализатора размещены также индикаторы состояния контактов цепи предохранительного торможения (см. рис. 2.3, 2.10). Каждый индикатор имеет название, соответствующее схеме цепи предохранительного торможения, и порядковый номер подключения. Если контакт разомкнут, индикатор светится. Номера индикаторов соответствуют номеру причины, выведенному на жидкокристаллическом индикаторе. Постоянная индикация разомкнутых контактов помогает разобраться в случаях, когда цепь предохранительного торможения подъемной машины не собирается. Верхний левый индикатор *Разрыв цепи ТП* светится в случае размыкания цепи ТП.

3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РПУ-03.X

3.1. Описание программного обеспечения РПУ-03.3

Программа РПУ-03.3 предназначена для непрерывного контроля работы шахтной подъемной установки во всех ее режимах. Вид экрана монитора зависит от выбора пользователем типа выводимой информации.

Программа РПУ-03.x позволяет:

- производить просмотр и регистрацию текущих параметров подъемной установки при различных режимах ее работы;
- просматривать графики изменения параметров шахтной подъемной установки в режиме реального времени и из архива;
- проводить расчет скорости движения подъемного сосуда, массы поднимаемой руды по измеренным данным;
- архивировать полученные данные;
- осуществлять передачу данных по локальной сети предприятия.

Программное обеспечение работает под управлением операционной системы Microsoft Windows CE.NET.

Установка программного обеспечения в память панельного компьютера осуществлена в процессе производства регистратора. Настройка программного обеспечения проводится в процессе пуско-наладочных работ при запуске регистратора в эксплуатацию.

3.2. Работа с программой РПУ-03.3 в основном режиме

Загрузка программы

Загрузка программы РПУ-03.3 производится автоматически при включении РПУ-03.3.

Работа программы РПУ-03.x в основном режиме

Общий вид экрана основного режима работы программы РПУ-03.x представлен на рис. 3.1.

В области экрана «положение сосуда в стволе» отображается положение сосуда в стволе шахты и в увеличенном масштабе подходы сосудов к горизонтам. Внизу области под изображением ствола шахты в зависимости от типа подъемной установки располагается либо точное значение координаты подъемных сосудов, либо кнопка «Горизонт», которая позволяет добавлять на шкалу новые горизонты. Эта функция предназначена для проходческих подъемных машин, которые эксплуатируются при постоянно увеличивающейся глубине ствола.

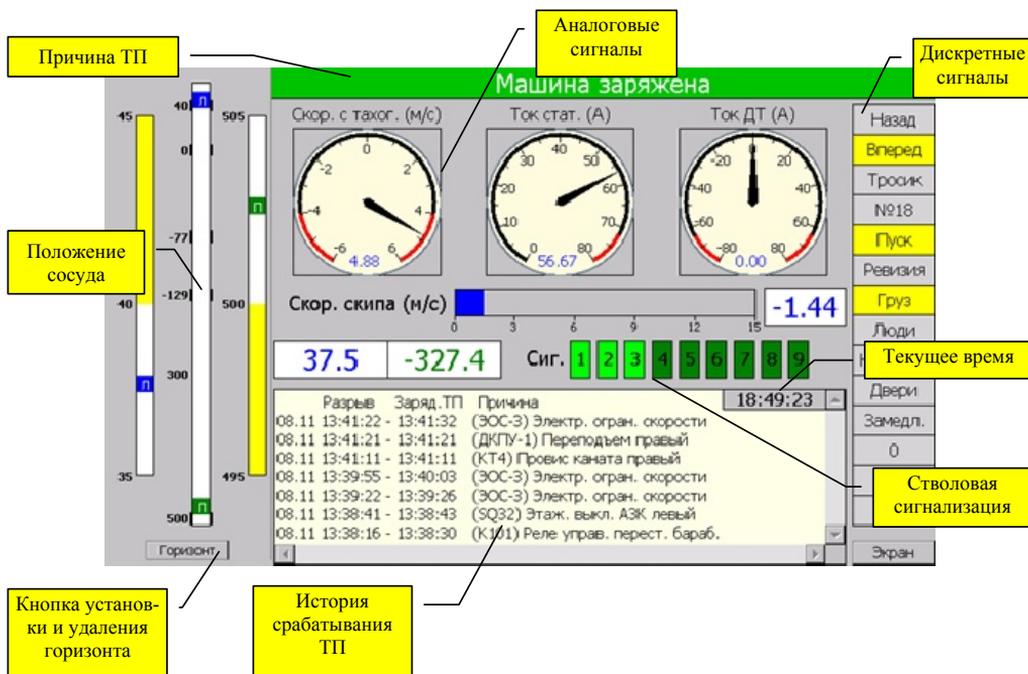


Рис. 3.1. Экран «основного режима»
(отображение информации на экране может отличаться
в зависимости от типа РПУ-03.x и специализации ШПУ)

Для того чтобы установить на шкале новый горизонт, необходимо остановить подъемный сосуд точно на горизонте и нажать кнопку «Горизонт». На экране появится информационное окно с координатой нового горизонта, которое попросит пользователя подтверждение на добавления горизонта. При успешном добавлении горизонта при подходе сосуда к соответствующей отметке каждый раз будет появляться шкала в увеличенном масштабе.

При углублении ствола шахты потребуется перемещение горизонта вниз. Для этого необходимо удалить старый горизонт и добавить новый. Для удаления горизонта следует остановить подъемный сосуд вблизи соответствующей ему отметки (так, чтобы сосуд появился на шкале увеличенного масштаба) и нажать кнопку «Горизонт». Появится окно, требующее от пользователя подтверждение на удаление горизонта. При успешном удалении горизонт исчезнет со шкалы, после чего можно установить новый горизонт способом, описанным выше.

В верхней области экрана располагается строка с расшифровкой причины сработавшего предохранительного тормоза или сообщение о зарядке машины.

Ниже располагается область «аналоговых сигналов», в которой отображаются значения сигналов в виде стрелочных или цифровых приборов. Под стрелочными приборами выводятся текущая скорость подъемных сосудов на заполняемой линейке и соответствующее цифровое значение.

В области «стволовой сигнализации» показывается последнее число поданных сигналов. Этому числу соответствует количество подсвеченных прямоугольников. Новая последовательность подачи сигналов начинается по прошествии 2,5 секунд после подачи последнего сигнала.

Область «истории срабатывания ТП» содержит информацию о наложении предохранительного тормоза за последние сутки с указанием времени срабатывания тормоза, зарядки машины и расшифровки причины.

Справа в области «дискретных сигналов» располагается перечень сигналов, названия которых написаны в прямоугольниках. Прямоугольник подсвечивается желтым цветом, когда соответствующий ему сигнал находится во включенном состоянии.

В правом нижнем углу находится кнопка *Экран*, позволяющая переключиться в упрощенный вид экрана и в режим просмотра графиков регистрируемых сигналов.

Работа программы РПУ-03.х в «упрощенном режиме»

Общий вид экрана «упрощенного режима» программы РПУ-03.х представлен на рис. 3.2.

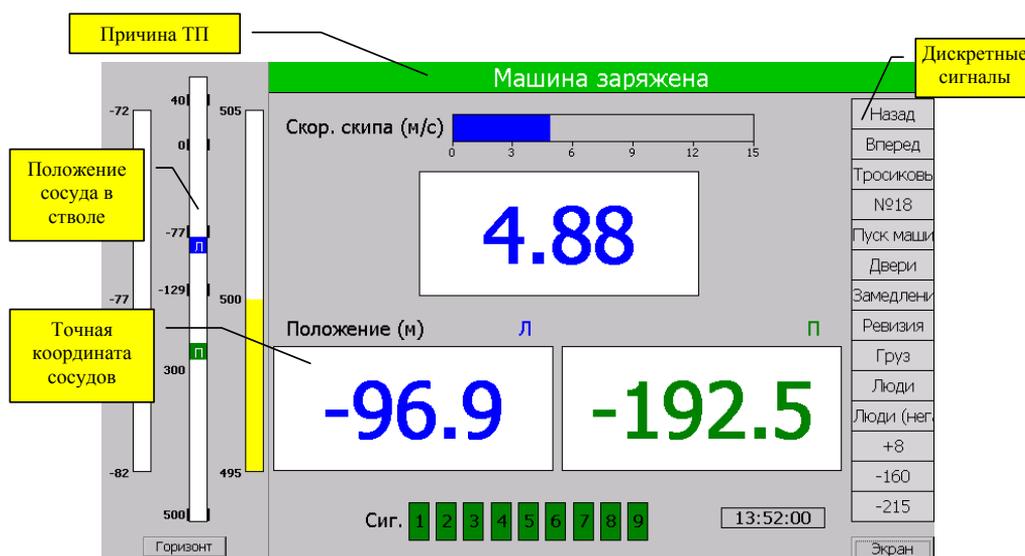


Рис. 3.2. Экран «упрощенного режима»

Левая и правая часть экрана показывают положение сосуда в стволе и состояние дискретных сигналов соответственно.

Центральная часть экрана в увеличенном масштабе содержит скорость движения подъемной машины (шкала и точное значение) и точные координаты положения подъемных сосудов в стволе. Ниже располагается количество поданных сигналов и точное текущее время.

В правом нижнем углу находится кнопка *Экран*, позволяющая переключиться в режим просмотра графиков регистрируемых сигналов.

Работа программы РПУ-03.х в «режиме просмотра графиков»

Общий вид экрана «режима просмотра графиков» программы РПУ-03.х представлен на рис. 3.3.

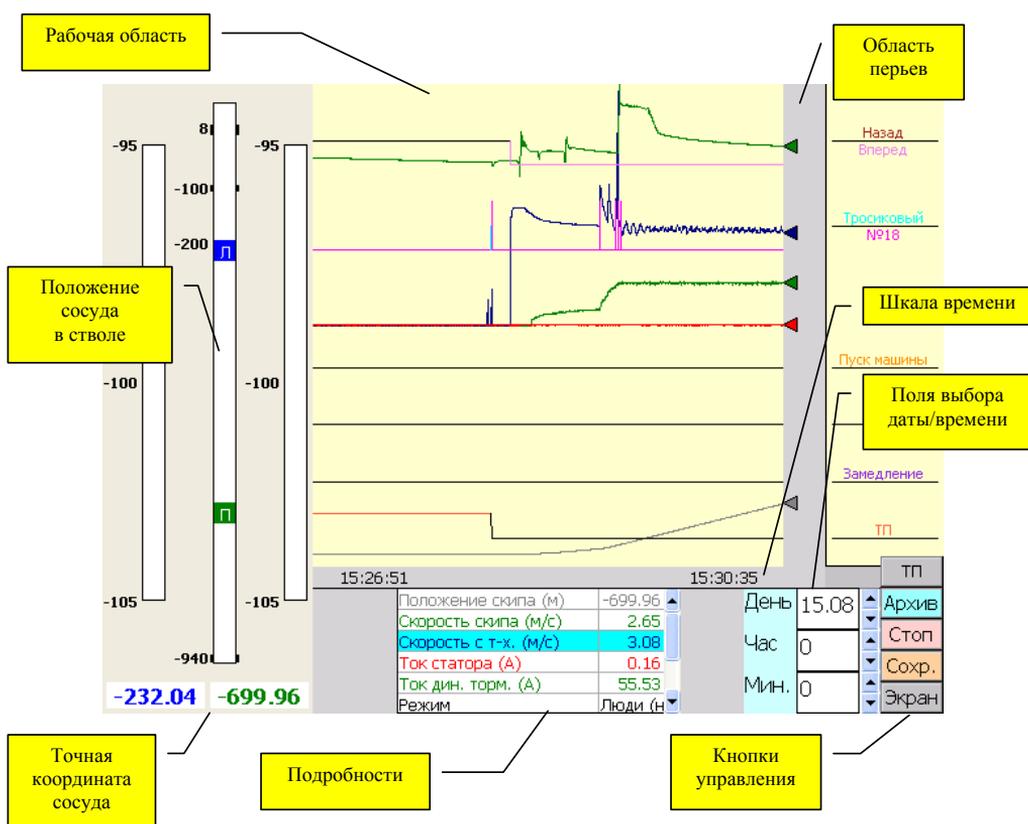


Рис. 3.3. Экран «режима просмотра графиков»

В рабочей области экрана отображаются графики регистрируемых сигналов в режиме реального времени.

В области экрана «положения сосуда в стволе» отображаются положение сосуда в стволе шахты и в увеличенном масштабе подходы сосудов к горизонтам. Внизу области под изображением ствола шахты в зависимо-

сти от типа подъемной установки располагается либо точное значение координаты подъемных сосудов, либо кнопка «Горизонт», которая позволяет добавлять на шкалу новые горизонты.

В области экрана «подробности» выводятся текущие значения сигналов, имеющие соответствующие цвета графиков в рабочей области.

«Область перьев» наглядно отражает уровень аналоговых сигналов. Цвет перьев также соответствует цвету графиков. *Под термином «перо» понимается имитация элемента прибора-самописца, рисующего график измеряемого параметра в реальном времени.*

Дискретные сигналы отражаются в рабочей области в виде графиков «ступеней». Размещение дискретных сигналов и их название приведены в справочной таблице, располагающейся в правой части экрана.

Под рабочей областью размещена шкала времени, содержащая временной диапазон выводимых графиков.

При срабатывании предохранительного тормоза в рабочей области появляется сообщение, в котором на красном фоне выводится текст, сообщающий о причине включения ТП. Момент времени наложения ТП фиксируется прямоугольной «ступенью» дискретного сигнала в рабочей области (рис. 3.4).

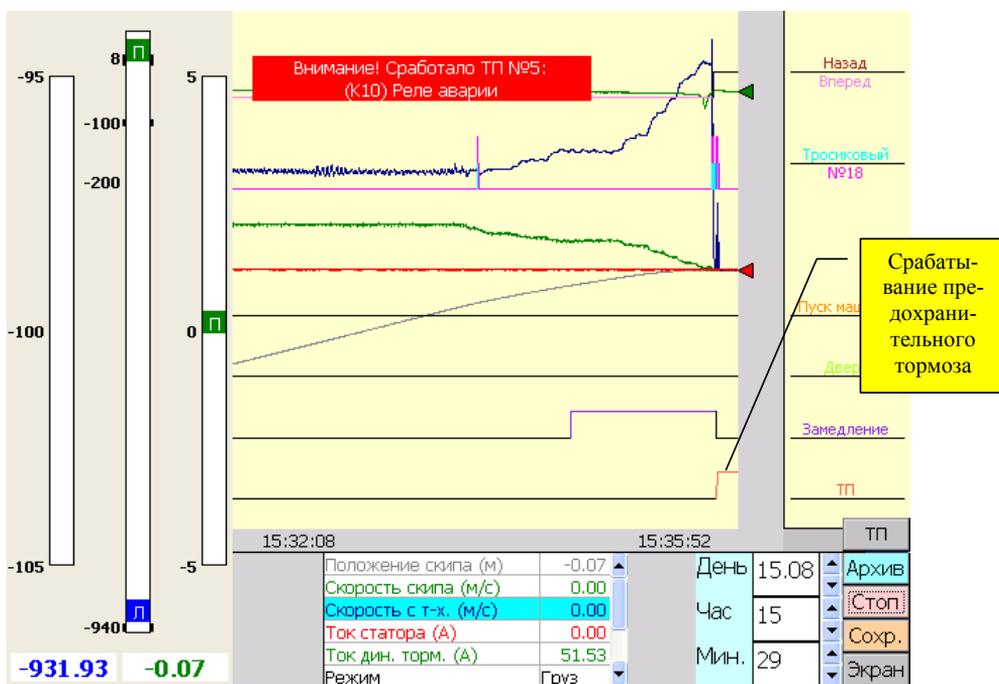


Рис. 3.4. Экран «режима просмотра графиков»: сообщение о причине включения ТП

Анализ работы программы РПУ-03.3 в режиме «Стоп»

Подробный анализ текущих значений графиков становится доступным в режиме «Стоп» после нажатия стилусом (указывающим пером для работы с сенсорным экраном) кнопки *Стоп*. Обновление «рабочей области» прекращается. Измерение текущих параметров переходит в фоновый режим.

Вид экрана в режиме «Стоп» приведен на рис. 3.5.

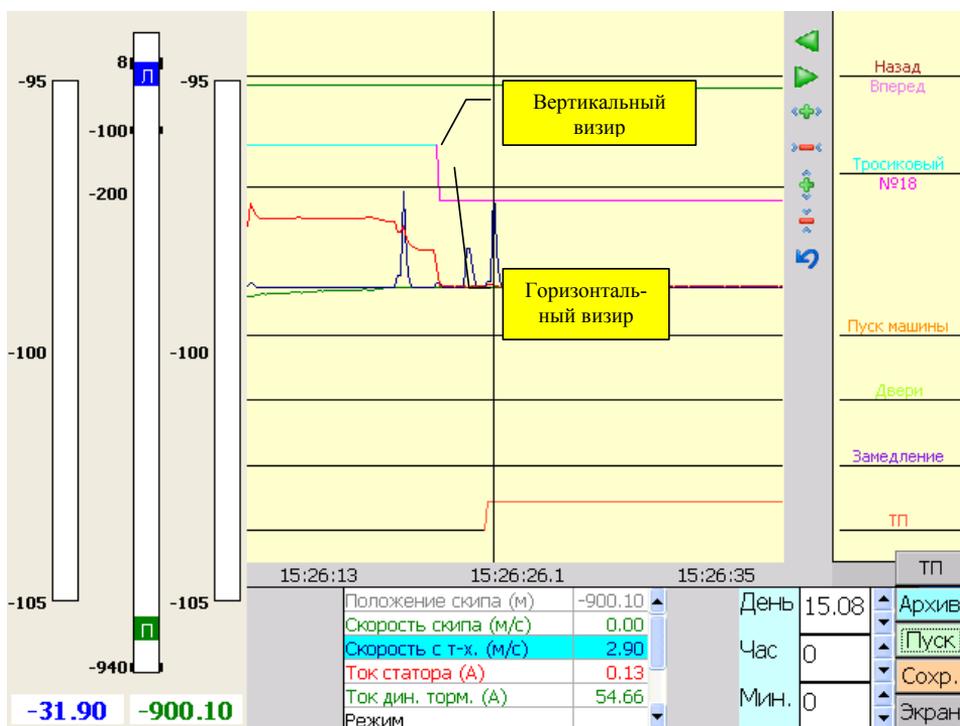


Рис. 3.5. Вид экрана в режиме «Стоп»

В рабочем окне появляются два визира (вертикальный и горизонтальный), привязанные к активному графику. Положение визира отображается по центру области временной шкалы. Визеры служат для подробного исследования значений аналоговых сигналов. Перемещение вертикального визира осуществляется нажатием стилуса на линию вертикального визира и повторным нажатием в нужной точке активного графика. Активный график подсвечивается голубым цветом в окне «Подробности». Для изменения активного сигнала необходимо выделить стилусом соответствующую строку в этом окне.

В режиме «Стоп» на экране в «области перьев» появляется панель управления, которая содержит следующие кнопки:

- ◀ – перемещение вертикального визира влево на одну точку;

-  – перемещение вертикального визира вправо на одну точку;
-  – растяжение временной оси;
-  – сжатие временной оси;
-  – растяжение оси ординат активного графика;
-  – сжатие оси ординат активного графика;
-  – отмена всех произведенных изменений графиков.

Для возврата из режима «Стоп» в основной режим следует нажать стилусом на кнопку *Пуск*.

3.3. Режим программы РПУ-03.3 «Просмотр архивов»

Для перехода в режим «Просмотр архивов» необходимо выбрать с помощью стилуса конкретные дату и время замеров в области экрана «Поля выбора даты/времени», а затем нажать кнопку *Архив*.

Вид экрана в режиме «Просмотра архивов» представлен на рис. 3.6.

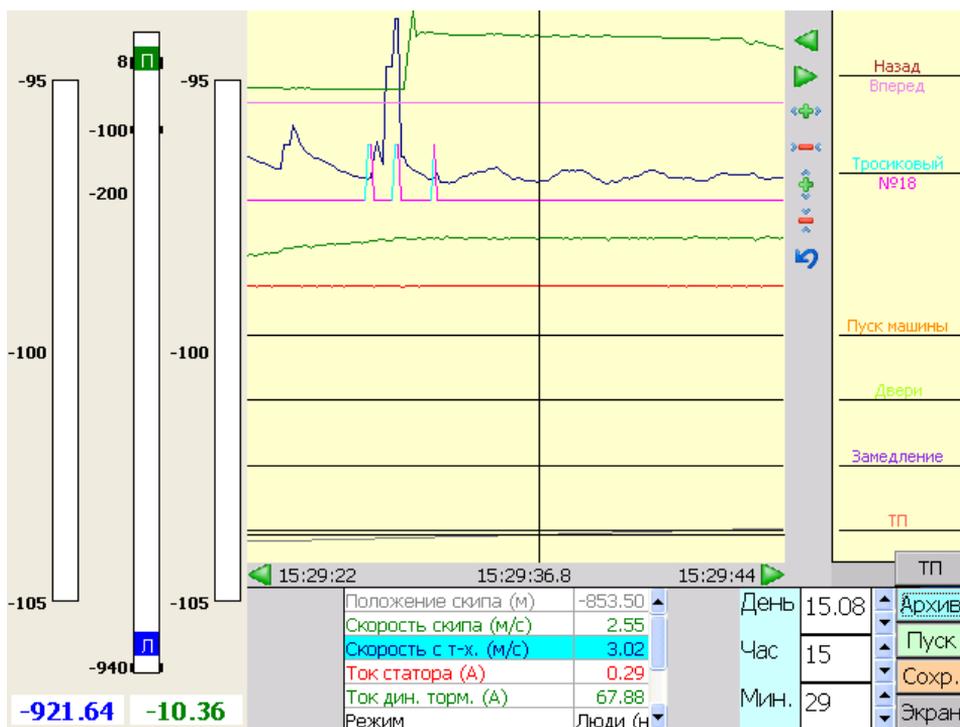


Рис. 3.6. Экран режима «просмотр архивов»

Возврат программы в основной режим осуществляется нажатием на кнопку *Пуск*. Работа с графиками совпадает с описанным выше режимом «Стоп». Для удобства работы на шкале времени выведены две дополнительные кнопки быстрого перемещения:

-  – перемещение влево на интервал 2 мин;
-  – перемещение вправо на интервал 2 мин.

Просмотр списка предохранительных торможений за сутки

Для просмотра списка ТП необходимо выбрать с помощью стилуса конкретную дату в области экрана «поля выбора даты/времени», а затем нажать кнопку *ТП*.

При этом на экране появится окно со списком предохранительных торможений. Вид экрана представлен на рис. 3.7.

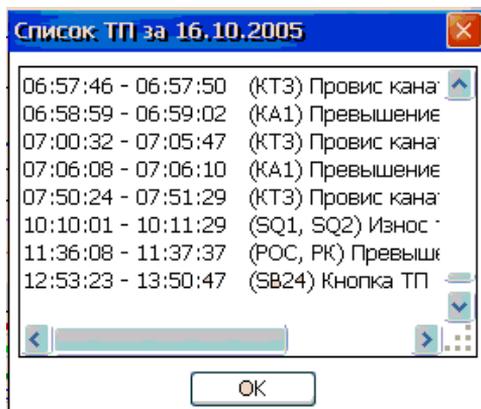


Рис. 3.7. Список предохранительных торможений

Для окончания работы со списком предохранительных торможений следует нажать стилусом кнопку *OK*.

3.4. Сохранение архивных данных РПУ-03.3 на USB флэш-диске

Для сохранения архивных данных на USB флэш-диске необходимо установить в разъем панельного компьютера USB флэш-диск.

Задать с помощью стилуса конкретную дату в области экрана «поля выбора даты/времени» и нажать кнопку *Сохранить*. После этого появляется следующее предупреждающее сообщение (рис. 3.8).

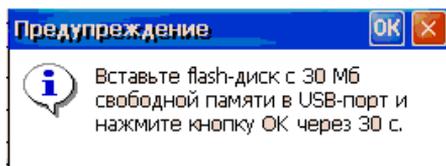


Рис. 3.8. Предупреждающее сообщение при сохранении данных

Задержка в 30 с вызвана инициализацией флэш-диска операционной системой. После нажатия на кнопку *OK* начинается процесс переноса данных (рис. 3.9).

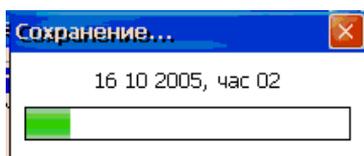


Рис. 3.9. Сохранение данных

В случае неисправности флэш-диска или отсутствия необходимого объема свободного пространства выводится сообщение об ошибке (рис 3.10).

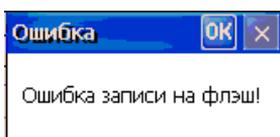


Рис. 3.10. Сообщение об ошибке

Длительность процесса переноса зависит от интенсивности работы подъемной машины и ориентировочно составляет 2–3 мин.

Синхронизация системного времени

В программе РПУ-03.3 предусмотрена процедура коррекции системного времени. Окно установки времени (рис. 3.11) предлагает скорректировать часы автоматически, один раз в неделю. Допустимо изменять системное время не более чем на 3 мин.

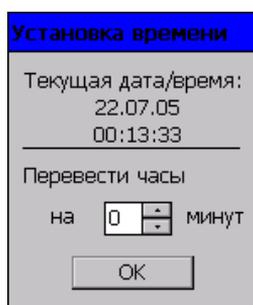


Рис. 3.11. Окно установки времени

Пользователь может установить с помощью соответствующих кнопок необходимое смещение времени в минутах вперед либо назад и нажать на кнопку *OK*.

3.5. Описание программного обеспечения РПУ-03.5

Программа рабочей станции РПУ-03.5 предназначена для непрерывного контроля параметров подъемной установки во всех режимах ее работы. Вид экрана монитора (представление текущих значений и графиков контролируемых параметров) зависит от специализации шахтной подъемной установки.

Программа РПУ-03.5 позволяет осуществлять:

- просмотр и регистрацию текущих и сохраненных параметров ШПУ;
- просмотр информации о статистике производительности ШПУ;
- масштабирование просматриваемых данных;
- архивирование статистики работы ШПУ по сменам;
- архивирование полученных данных (текущее сохранение замеров в течение 1 месяца);
- просмотр результатов измерений по локальной сети предприятия.

Загрузка программы

Программа запускается автоматически в режим исполнения после включения промышленного компьютера.

3.6. Работа с программным обеспечением РПУ-03.5 на базе WinCC

Общий вид экрана программы РПУ-03.5, реализованной на базе WinCC, представлен на рис. 3.12. Вид экрана может отличаться в зависимости от специализации ШПУ и функциональности РПУ-03.5. На рисунке представлено основное окно программы регистратора многоканатной скиповой подъемной установки.

Верхняя часть экрана содержит основные текущие параметры работы подъемной установки: точные координаты положения скипов, направление их движения (подкрашенные зеленым цветом указатели), скорость, ток якоря двигателя и режим работы. Ниже выводится имя пользователя, зарегистрировавшегося в системе РПУ-03.5. Полоса во всю ширину экрана является индикатором наложения предохранительного тормоза с указанием причины ТП. В случае, если машина заряжена, индикатор окрашивается в зеленый цвет и отображает соответствующую надпись. Аналогичным образом отображаются аварийные сообщения о превышении температур и не растормаживании машины.

Нижняя часть экрана состоит из кнопок переключения между функциональными экранами и вызова программ просмотра статистических и графических архивов. Каждой кнопке сопоставлена горячая клавиша

F1 – F12. Верхняя и нижняя части экрана остаются неизменными при смене функциональных кадров, занимающих область посередине экрана. При просмотре состояния подъемной установки и архивов текущий контроль подъемной установки не прекращается.

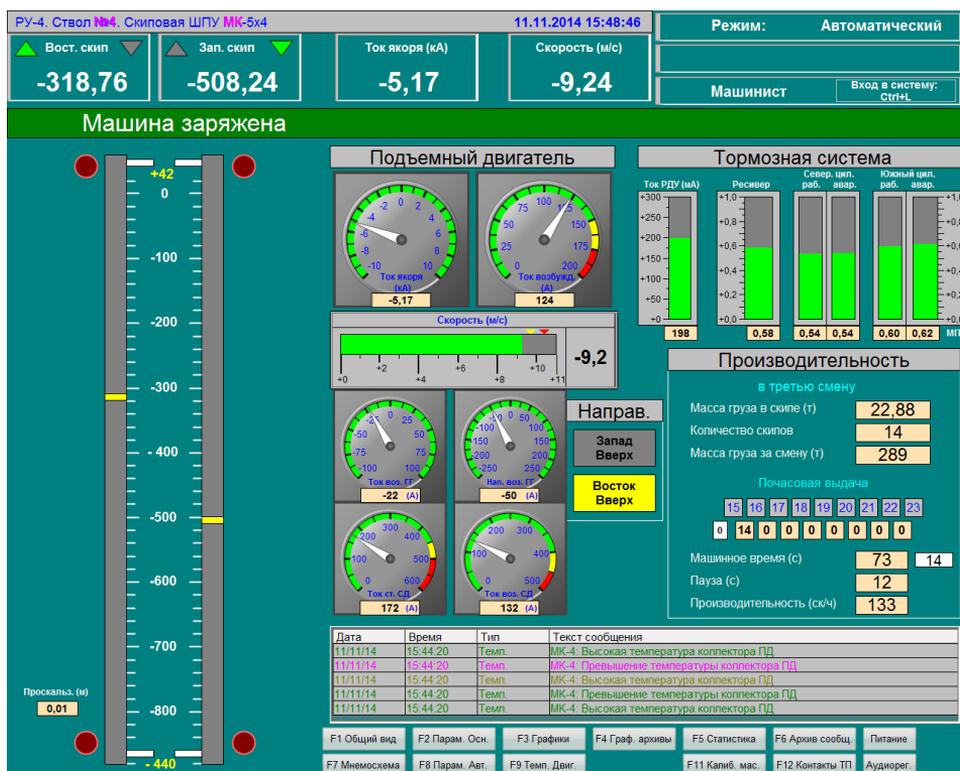


Рис. 3.12. Экран монитора при работе подъемной установки

В левой части экрана общего вида отображается положение сосудов в стволе и состояние датчиков прихода на отметки разгрузки и загрузки. Схематично представлен шахтный ствол, подъемные сосуды изображены желтыми прямоугольниками, а приемные площадки – белыми прямоугольниками, примыкающими к изображению шахты ствола. При подходе скипа к зонам загрузки и разгрузки положение скипа отображается в виде желтой стрелки на дополнительной шкале в увеличенном масштабе. Шкала строится относительно точной отметки и показывает приближение скипа к ней. Выше шкалы указывается название горизонта («загрузка», «разгрузка»).

Ниже шкалы отображается величина проскальзывания или пробуксовки каната по канатоведущему или отклоняющему шкиву. Эта величина рассчитывается как разность пройденного канатом пути по канатоведущему и отклоняющему шкиву.

Правая часть экрана разбита на пять участков.

На первом участке (слева) выведена информация о работе подъемного двигателя и системы Г-Д, которая содержит текущие значения силы тока и напряжения в контролируемых цепях электропривода подъемной машины, а также скорости движения подъемных сосудов.

На втором участке (вверху справа) представлены параметры работы тормозной системы: ток регулятора давления, давление в тормозных цилиндрах, давление в воздухохоборнике.

На третьем участке (по центру) приведены данные по контактным цепям автоматики, содержащие состояние реле направления движения подъемной машины.

На четвертом участке (посередине справа) приведены данные по количеству выданной горной массы по графику, установленному на руднике, продолжительность подъема, время паузы и производительность подъемной установки. Справа от окна машинного времени бежевого цвета, показывающего текущее машинное время, находится окно белого цвета, отображающее машинное время предыдущего подъемного цикла.

В режиме «ревизия» вместо данных по выдаче руды расположена информация о поданных сигналах с горизонтов и тросиком (рис. 3.13).



Рис. 3.13. Вид части основного экрана в режиме «ревизия».

Поданные сигналы из ствола

При поступлении сигнала зеленые прямоугольники закрашиваются сиреневым цветом, если сигналы подаются с горизонтов, и красным цветом для сигнала, поданного тросиком. Зеленый цвет означает отсутствие сигналов. Количество цветных прямоугольников равно количеству поданных сигналов. Через пять секунд после начала подачи последнего сигнала следующая строка очищается от старой информации. Для однозначности восприятия сигналы воспроизводятся на трех линейках. Таким образом, на экране видны последний и два предшествующих ему сигнала. Информация о поданных сигналах регистрируется в архивах программы.

На пятом участке (внизу) располагается список последних аварийных событий. К таким событиям относятся наложения ТП, отключение питания РПУ-03.5, приближение значений температур к уставкам (предупредительная сигнализация), превышение уставок температур, контроль проскальзывания каната, контроль растормаживания машины по разнице давлений. В таблице факт возникновения аварийного события фиксируется текстом красного или оранжевого цвета. При исчезновении аварийного события (зарядка машины, уменьшение значений температур до допустимых величин) в таблице появляется новая строка с тем же текстом сообщения зеленого цвета.

Экран просмотра текущих значений параметров

Кнопка *F2* *Парам. Осн.* предназначена для вывода экрана со всеми аналоговыми сигналами, регистрируемыми в системе РПУ-03.5. Такой просмотр удобен для комплексной проверки датчиков и сопоставления различных сигналов. Сигналы сгруппированы по функциональному признаку (рис. 3.14).

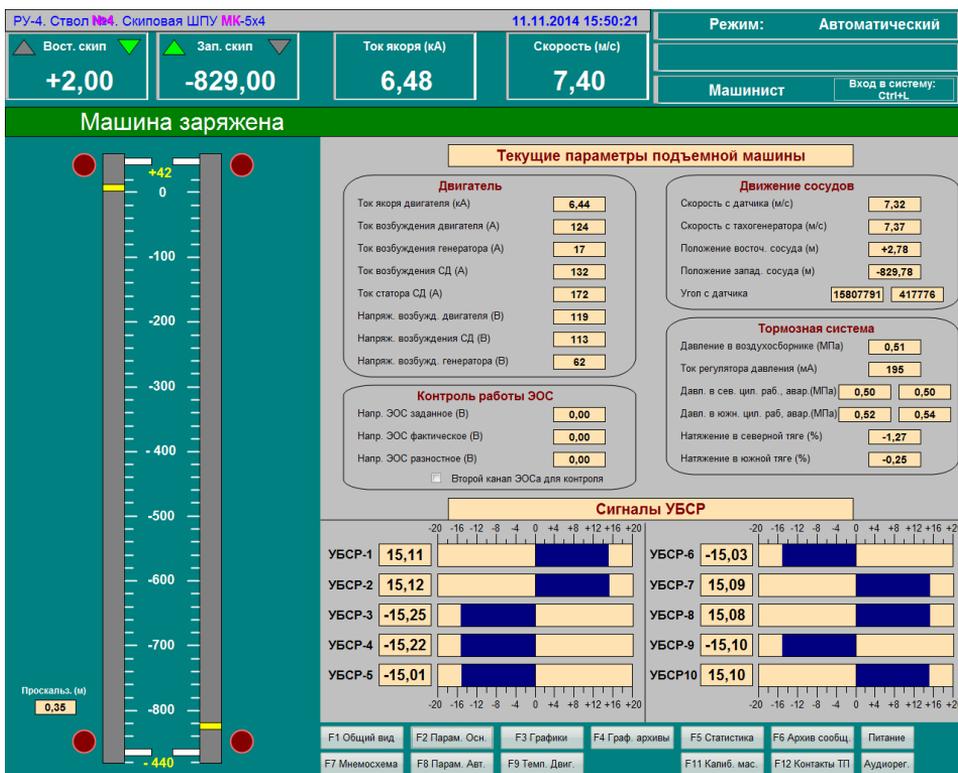


Рис. 3.14. Экран «Текущие параметры подъемной машины»

Полный перечень регистрируемых дискретных сигналов можно посмотреть по кнопке *F8* *Парам. Авт.* (рис. 3.15). На экране «Контакты цепей автоматики» темно-зеленым цветом выводятся разомкнутые контакты, а светло-зеленым – замкнутые.

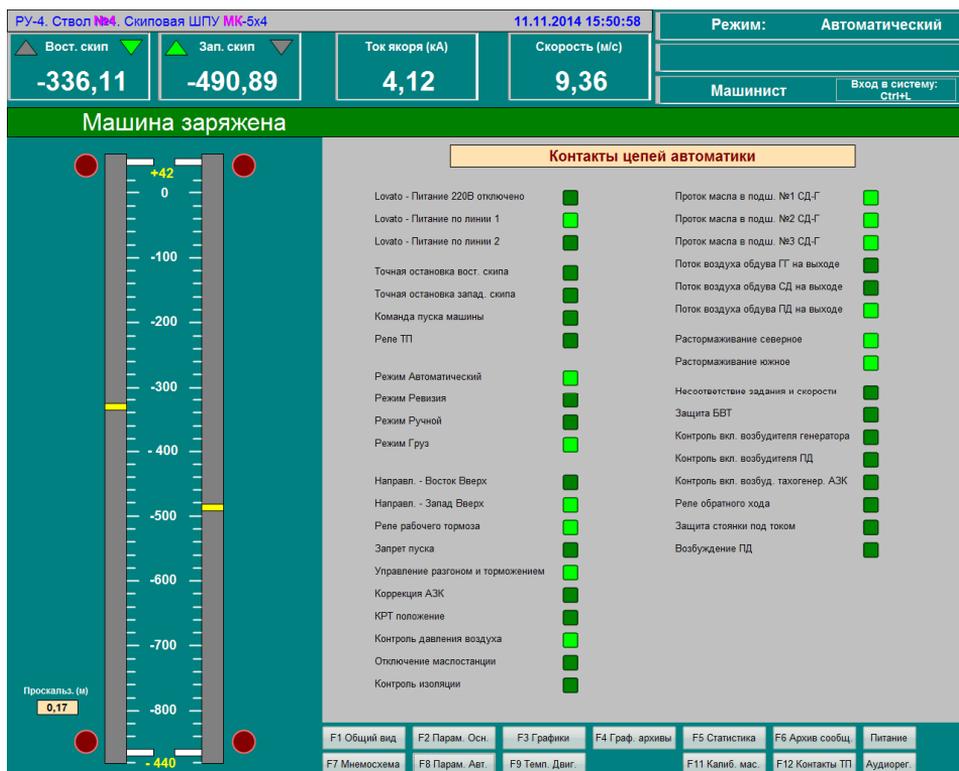


Рис. 3.15. Экран «Контакты цепей автоматики»

Кнопка *F6* *Архив сообщений* выводит на экран окно со списком произошедших аварийных событий (рис. 3.16). Под событием понимаются наложение предохранительного тормоза и зарядка подъемной машины, отключение питания РПУ-03.5, превышение уставок температур и приближение к уставкам (предупредительная сигнализация), проскальзывание каната, нерастормаживание машины, определенное по разнице давлений.

Список содержит пять столбцов:

- дату и время, когда данное событие произошло;
- тип события;
- расшифровка сообщения.



Рис. 3.16. Вид экрана со списком архива тревог

Экран просмотра архива сообщений

В таблице факт возникновения предупреждающего события фиксируется текстом красного, желтого или розового цвета. При исчезновении тревоги (зарядка машины, восстановление питания, установка температуры в допустимых пределах) в таблице появляется новая строка с тем же текстом сообщения зеленого цвета.

Сверху таблицы событий располагается панель управления списком событий (рис. 3.17). Список является компонентом отображения архива тревог программной среды WinCC.



Рис. 3.17. Вид панели управления списком событий

Назначение кнопок панели управления:

1. Список текущих тревог

В списке приводятся только текущие тревожные сообщения, таблица принимает вид, приведенный на рис. 3.18.

Дата	Время	Тип	Текст сообщения
22.07.08	12:37:59	ТП	(КА) Кнопка аварийной остановки

Рис 3.18. Список текущих тревог

2. Обновляемый список тревог из архива

Окно принимает вид, приведенный на рис. 3.16, при этом список является пополняемым новыми событиями. Положение кнопки-переключателя 4 на панели управления определяет, будет ли происходить перемотка полосы прокрутки на вновь возникшее событие.

3. Замороженный список тревог из архива

Окно принимает вид, приведенный на рис. 3.16, при этом список событий загружается из архива только раз при переходе в этот режим.

4. Переключатель автоматического скроллинга

Положение кнопки-переключателя определяет, будет ли происходить перемотка полосы прокрутки на каждое возникшее событие.

5. Фильтр событий

Выводит диалоговое окно, представленное на рис. 3.19, позволяющее отобразить в списке события, удовлетворяющее заданным условиям (например, за определенный промежуток времени).

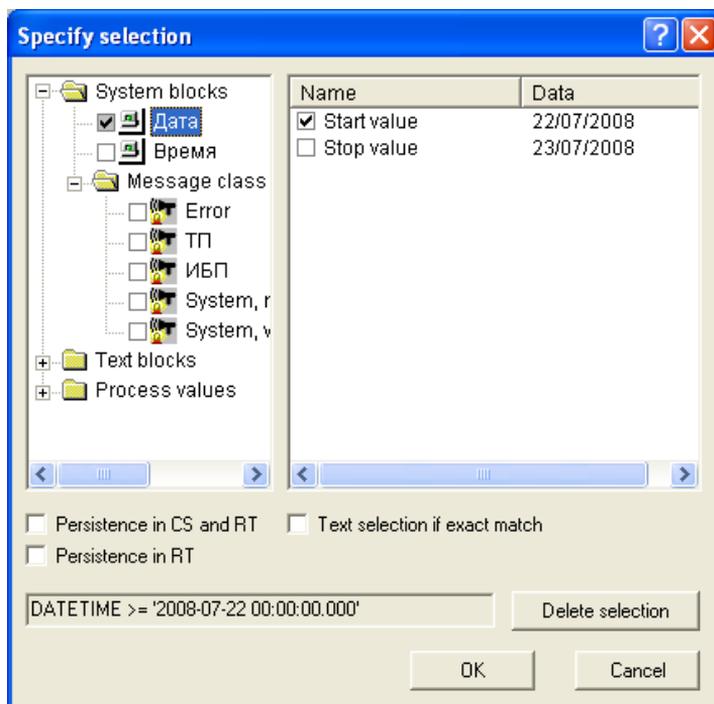


Рис. 3.19. Вид окна настройки фильтрации

В дереве слева помечаются поля, по которым будет произведена фильтрация. В качестве условий выборки может выступать:

- выборка, начиная с заданной даты (пометить переключатель *start value* в разделе *System blocks/Дата* и/или разделе *System blocks/Время*);
- выборка событий до определенного момента времени (пометить переключатель *stop value* в разделе *System blocks/Дата* и/или разделе *System blocks/Время*);
- выборка сообщений заданного класса: ТП, ИБП, превышений температур.

Кнопка «Delete selection» осуществляет сброс установленного фильтра. Переключатель «Persistence in RT» позволяет сохранить выбранный фильтр. Это означает, что при повторном открытии экрана архива сообщений в списке отобразятся только те события, которые удовлетворяют заданным ранее условиям.

Кнопки с номерами 6–9 осуществляют навигацию по таблице.

6 – Перейти к первому событию в списке

7 – Перейти к последнему событию в списке

8 – Перейти к следующему событию

9 – Перейти к предыдущему событию

10 – Сортировка событий

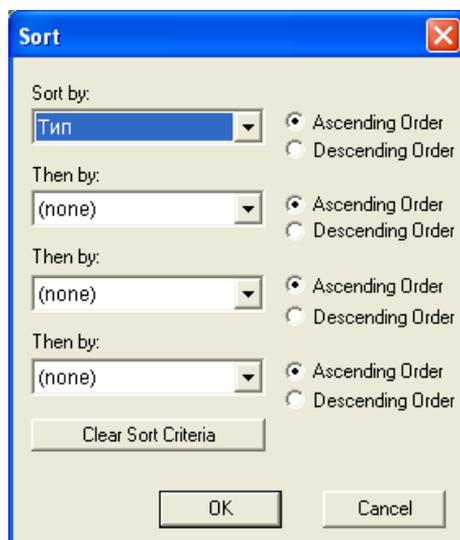


Рис. 3.20. Вид окна настройки сортировки

Настраивает сортировку строк в списке событий. Позволяет сортировать список по любым полям таблицы по возрастанию или убыванию. Порядок сортировки определяется заданными полями в выпадающих списках сверху вниз (рис. 3.20). Переключатель *Ascending Order* означает сорти-

ровку по возрастанию, *Descending Order* – по убыванию. Кнопка *Clear Sort Criteria* сбрасывает все настройки условий сортировки.

Экран просмотра текущих температур

Кнопка *F9 Темпер. Двиг.* служит для вывода на экран формы, содержащих значения измеряемых температур по подъемному двигателю (рис. 3.21). В зависимости от комплектации РПУ-03.5 измерения температур могут проводиться в системе ГД, в системе водяного охлаждения и других элементах ШПУ.

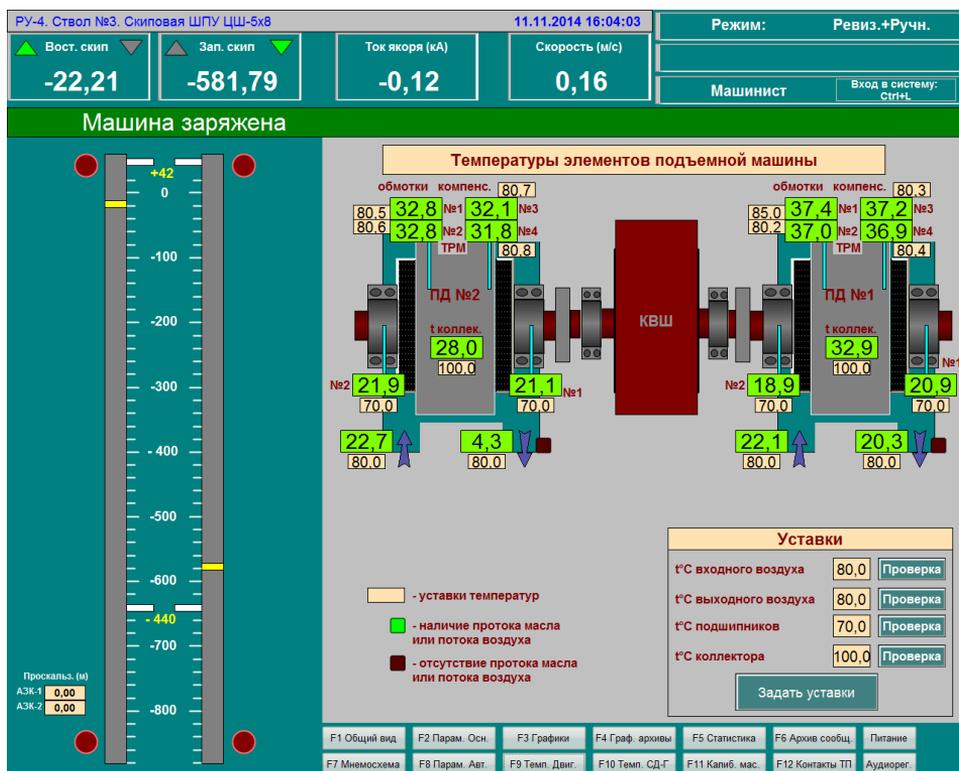


Рис. 3.21. Экран просмотра текущих температур элементов двигателей

Все значения на рис. 3.21 имеют размерность градус Цельсия. Цвет фона каждого параметра зависит от его значения. Зеленым цветом подсвечиваются окна, отображающие допустимые значения температур. Высокие температуры выводятся в окнах желтого цвета, сигнализируя о приближении значений температур к уставкам. Величина предупредительного уровня для каждой температурной точки вычисляется программой автоматически и составляет 90 % от значения критической температуры соответствующей точки. При превышении температурных уставок цвет фона окна меняется на красный. При отсутствии сигнала с датчика температуры окна

вместо цифрового значения отображаются «***». Рядом с окном каждой температурной точки отображается соответствующее значение уставки в окне бежевого цвета.

Значения уставок температур по точкам, приведенным на экране, сгруппированы в нижней части экрана в окне «Уставки». Рядом с каждой температурной уставкой расположена кнопка *Проверка*, при нажатии которой происходят проверка соответствующего температурного сигнала на достижение критического уровня и отображение сообщения на экране оператора. При отпускании кнопки *Проверка* проверка сигнала заканчивается и контроль температур продолжает работать в обычном режиме.

Наличие протока масла в подшипниках или потока воздуха на выходе из двигателей отображается в небольшом квадрате, расположенном на схеме в точке установки датчика. Подсветка квадрата зеленым цветом означает наличие протока масла или потока воздуха, а моргание красным цветом означает его отсутствие.

Экран просмотра температурных уставок

Экран задания температурных уставок (рис. 3.22) вызывается из окон просмотра температур по нажатию кнопки *Задать уставки*.

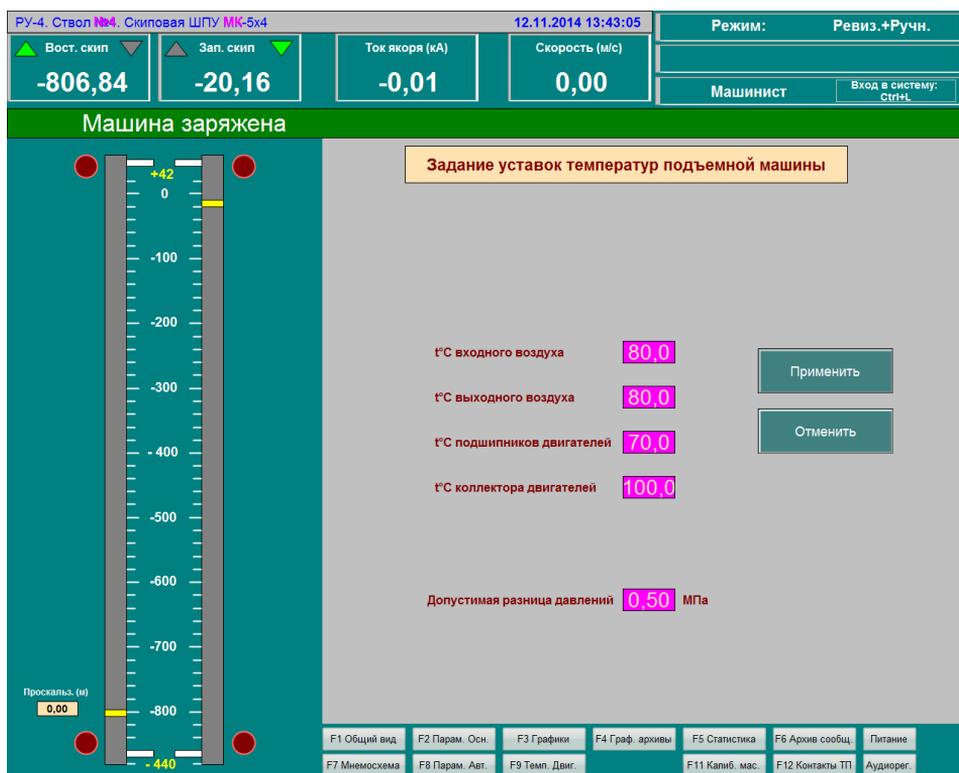


Рис. 3.22. Окно задания температурных уставок РПУ-03.5

На этом же экране задается допустимая разница в МПа между давлением в воздухоборнике и давлением в рабочих цилиндрах. Это значение используется РПУ-03.5 для контроля растормаживания машины и вывода сообщения машинисту в случае значительной разницы.

Для изменения значения уставки необходимо щелкнуть в соответствующее окно ввода, ввести новое значение и нажать *Enter*. По окончании ввода величин следует нажать кнопку *Применить*.

Экран калибровки массы поднимаемого груза

Для расчета коэффициента перевода произведения токов в массу поднимаемого груза программе РПУ необходимо зафиксировать значения токов при подъеме пустых и груженых скипов и величину массы поднимаемого груза.

Для изменения калибровочных коэффициентов требуется нажать кнопку *F11 Калибр. массы*. При ее нажатии окно примет вид, представленный на рис. 3.23.

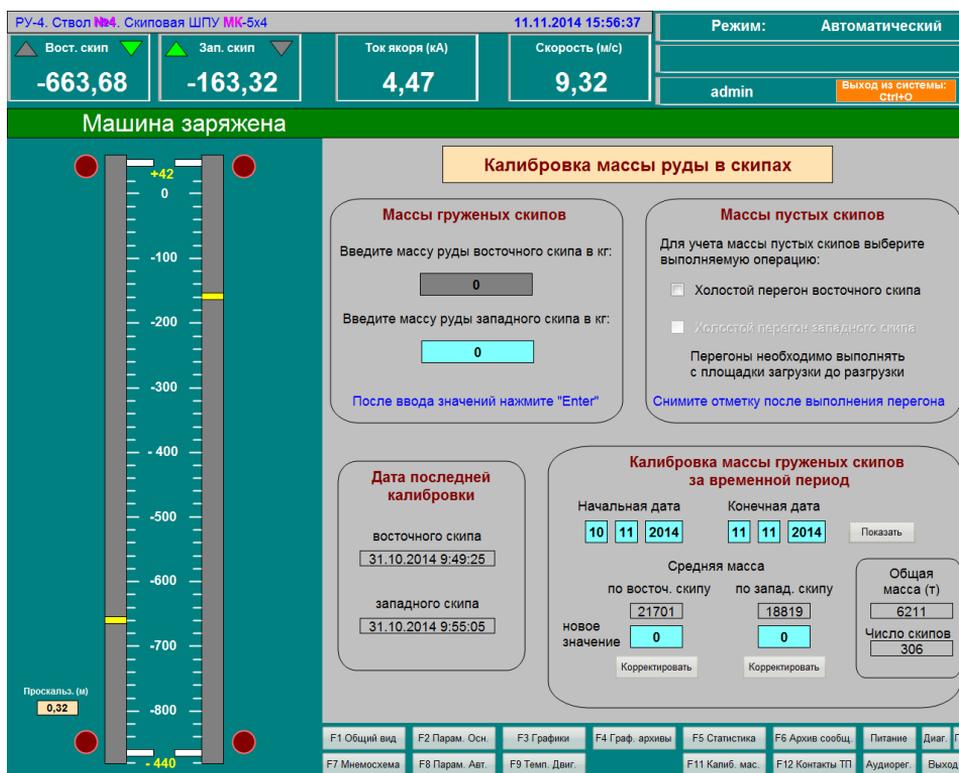


Рис. 3.23. Экран калибровки массы поднимаемой руды в скипах

В левой нижней части функционального экрана отображается дата последней калибровки по каждому из скипов.

Процедура калибровки может быть выполнена двумя способами. Первый способ предпочтителен для первоначальной калибровки массы скипов, который позволяет задать в программе РПУ-03.5 значения токов якоря и возбуждения двигателя при подъеме пустых и груженных скипов с известной массой поднимаемой руды. Второй способ калибровки позволяет скорректировать массу поднимаемой руды по статистическим данным рудника.

Процедура калибровки массы **первым способом**:

1. Отметить «щелчком мыши» пункт: холостой перегон восточного скипа.
2. На рабочей скорости произвести подъем указанного *пустого* сосуда до точки стопорения.
3. Снять отметку.
4. Повторить операции пп. 1–3 для второго сосуда.
5. Загрузить восточный сосуд.
6. На рабочей скорости произвести подъем сосуда до точки стопорения.
7. Ввести по поднятому сосуду точное значение массы породы в соответствующее поле вкладки «Калибровка массы руды в скипах». Нажать кнопку «Enter» на клавиатуре.
8. Повторить операции пп. 5–7 для второго сосуда.

Холостые перегоны (пп. 1–4) сосудов можно не выполнять, если необходимо скорректировать только массу груженого сосуда, и при подъеме пустого скипа система не показывает больших значений. Если взвешивание перестало работать и система показывает массу 0,0 т при подъеме любого скипа, выполнять холостые перегоны нужно обязательно.

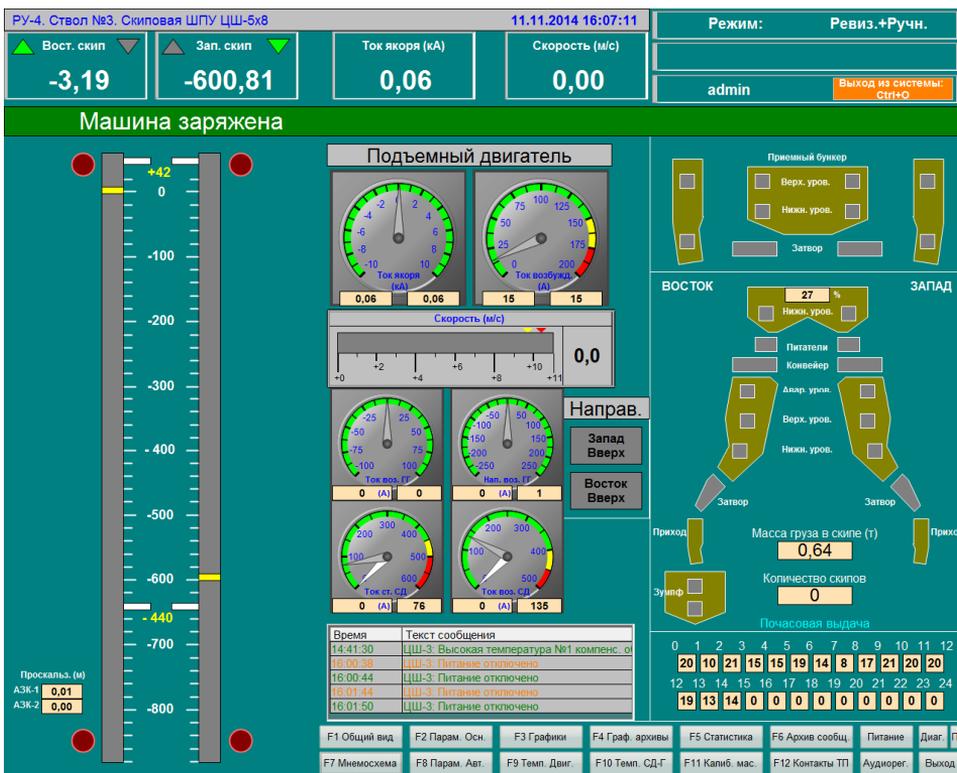
Для калибровки **вторым способом** необходимо:

1. Задать начальный и конечный промежуток времени в окне «Калибровка массы груженных скипов за временной период» так, чтобы в этот временной промежуток не было произведено калибровок. Дата последней калибровки массы по каждому из скипов приведена в окне «Дата последней калибровки».
2. Нажать кнопку *Показать* рядом с окнами ввода даты. В полях ниже появится средняя масса за выбранный временной промежуток по левому и правому скипу.
3. Ввести с клавиатуры новое значение, известное по данным рудника, по левому и правому скипу в нижнее окно и нажать *Enter*.
4. Нажать кнопку *Корректировать* для записи корректировочных коэффициентов в программу РПУ. В случае успешной записи под кнопкой появится надпись «ОК».

При выборе временного периода и нажатии на кнопку *Показать* в п.2 система определяет общее число поднятых скипов и массу полезного груза за указанный временной промежуток. Эти данные отображаются в правом нижнем углу экрана и могут быть использованы для быстрого подсчета выдачи за месяц.

Экран мнемосхемы, отражающей работу дозирующих устройств

Нажатие на кнопку *F7 Мнемосхема* приводит к выводу экрана, содержащего информацию о заполнении нижнего и приемного (верхнего) бункеров, работе питателей и затворов, а также о приходе скипов на точные отметки загрузки. Вид экрана в режиме просмотра мнемосхемы приведен на рис. 3.24.



Прямоугольники серого цвета сигнализируют о выключенном состоянии устройства (датчиков уровня, затворов, и т.п.) Подсветка прямоугольников красным и зеленым цветом означает включенное состояние.

Дополнительно отображаются почасовая выдача скипов за полные сутки, масса поднимаемого груза в скипе и количество скипов, выданных за смену.

В центре экрана располагается та же информация, что и на экране общего вида.

Экран отображения состояния контактов цепи ТП

Экран *F12 Контакты ТП* содержит информацию о контактах цепи ТП подъемной машины: их наименование, последовательность в цепи и состояние. Вид экрана приведен на рис. 3.25.

Прямоугольник темно-зеленого цвета сигнализирует о том, что контакт цепи ТП находится в замкнутом состоянии. Светло-зеленый цвет означает, что контакт цепи ТП разорван.

Данный экран содержит актуальную информацию, которая обновляется один раз в секунду.

Экран параметров питания РПУ-03.5

Экран *Питание* содержит информацию о напряжении между фазами и частоту переменного тока по каждой из линий L1 и L2. Прямоугольником светло-зеленого цвета показана линия, по которой в данный момент осуществляется питание РПУ-03.5. Вся информация поступает с устройства автоматического ввода резерва (АВР), например Lovato ATL20.

Вид экрана приведен на рис. 3.26.

Экран просмотра текущих данных в виде графических сигналов

Текущие данные аналоговых сигналов выводятся на элементе просмотра графиков, который расположен на графическом экране, вызываемом по кнопке *F3 Графики*. Диаграммы изменения температур и сигналов УБСР вызываются при помощи переключателя в верхней части экрана. Изображение элемента просмотра графиков и назначение его областей представлено на рис. 3.27.

Элемент просмотра состоит из нескольких областей:

- В «области построения» строятся трассы текущих данных, и наносится горизонтальная сетка по осям значений.
- В области «время» выводится дата и время для области построения.
- В области «подробности» выводятся названия перьев, связанных с сигналами, текущие значения, единицы измерения, момент времени измерения.

На экран могут быть выведены графики аналоговых сигналов, перечень которых зависит от комплектации РПУ-03.5 и типа ШПУ.

Вертикальная линия в области построения может перемещаться с помощью мыши вдоль временной оси. Она служит для отображения в окне подробностей значений сигналов на выбранный момент времени.

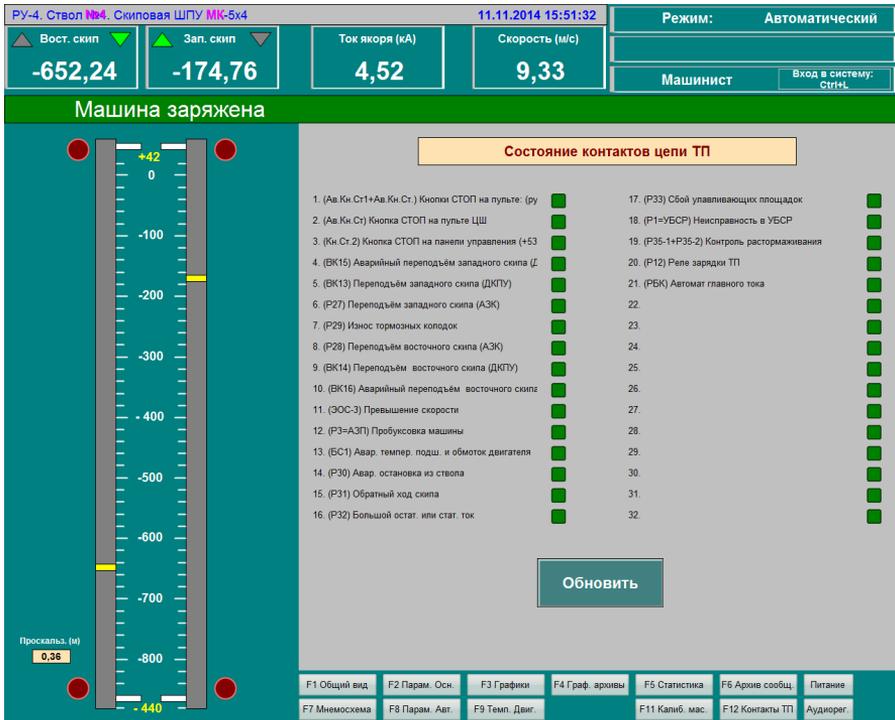


Рис. 3.25. Экран просмотра состояния контактов цепи ТП

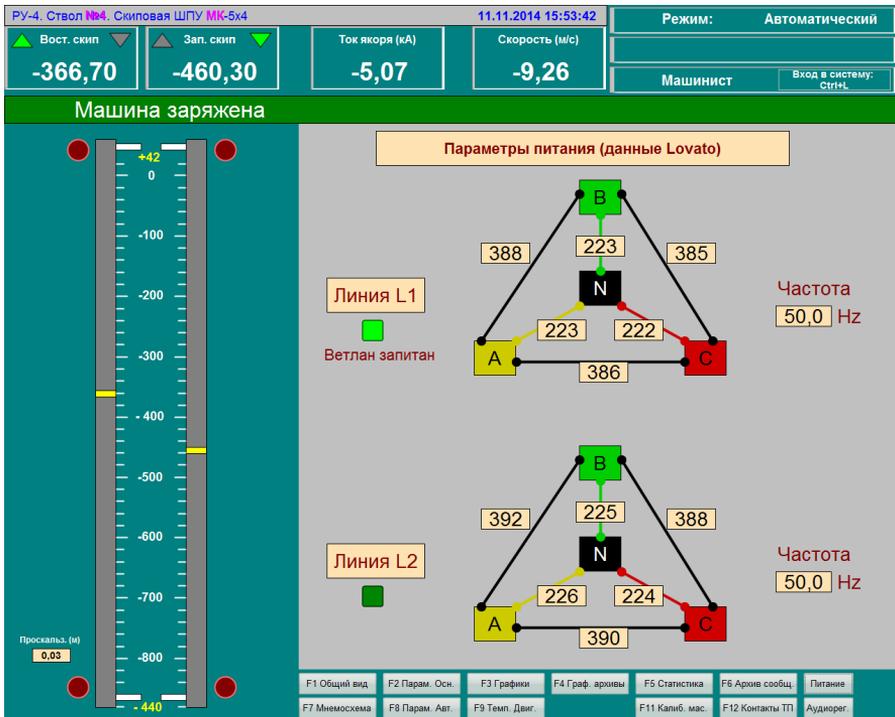


Рис. 3.26. Экран просмотра параметров питания PPU-03.5

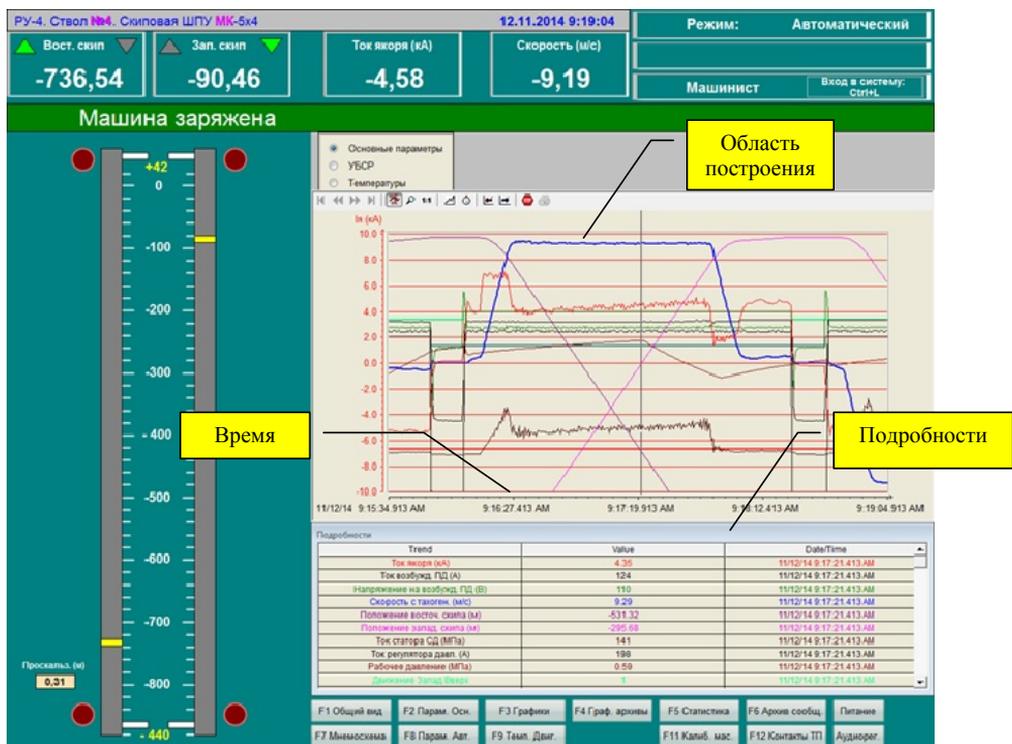


Рис. 3.27. Графики текущих данных о работе подъемной машины

Работа с инструментальной панелью просмотра графиков

Наверху в области построения графиков располагается инструментальная панель, внешний вид которой показан на рис. 3.28.

Кнопки перемещения по архивным данным

С помощью кнопок на панели инструментов графического окна можно просматривать архив. Кнопки перемещения по архиву выполняют следующие функции.

⏪ В графическом окне отображаются значения тегов в указанном диапазоне времени, начиная с первого архивного значения.

⏮ В графическом окне отображаются значения тегов в предыдущем интервале времени на основе значения интервала времени, отображаемого в настоящий момент.

⏭ В графическом окне отображаются значения тегов в следующем интервале времени на основе значения интервала времени, отображаемого в настоящий момент.

⏩ В графическом окне отображаются значения тегов в указанном интервале времени, заканчивая последним архивным значением.

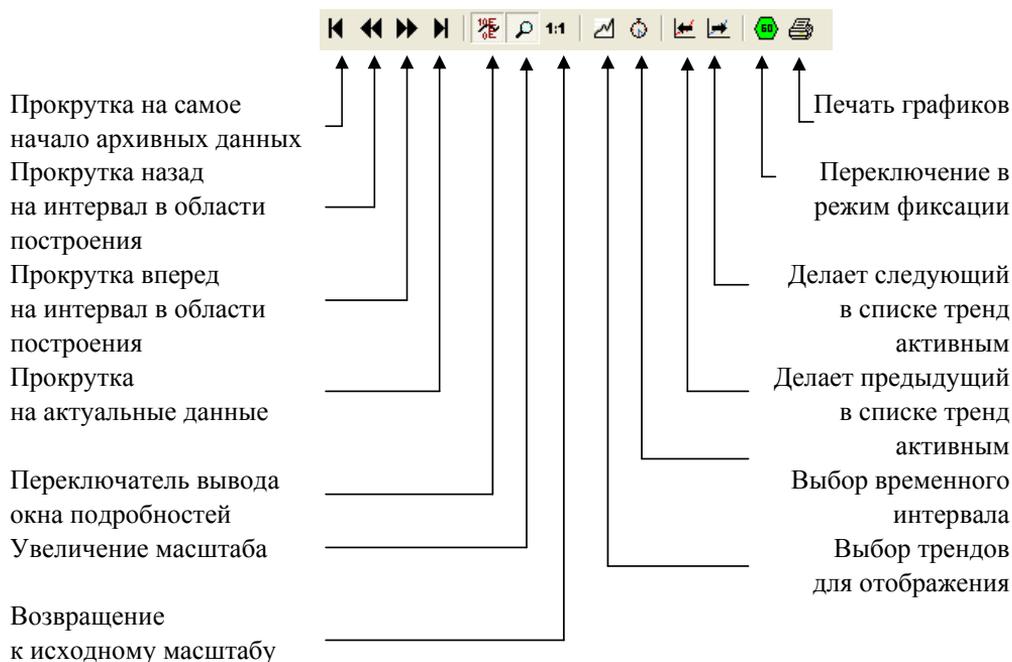


Рис. 3.28. Инструментальная панель просмотра графиков

Кнопка выбора сигналов для отображения

При вызове функции выбора трендов для отображения открывается диалоговое окно (рис. 3.29), позволяющее показать или спрятать диаграммы сигналов.

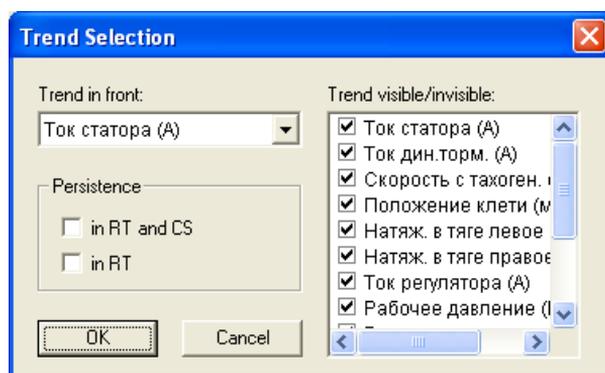


Рис. 3.29. Диалоговое окно выбора сигналов для отображения

Trend in Front задает график на переднем плане, значения которого выводятся в первой строке таблицы подробностей. График переднего плана задает также параметры горизонтальной сетки и ось значений.

В списке *Trend visible/invisible* помечаются графики, которые следует выводить в области просмотра.

В зависимости от настройки параметра *Persistent in RT* (Сохранять настройки в RT) определяется, будут ли загружены данные параметры при повторном обращении к графическому окну.

 *Кнопка выбора временного интервала*

С помощью функции *Select Time Range* (Выбор диапазона времени) открывается диалоговое окно (рис. 3.30) для указания диапазона времени, предназначенного для отображения.

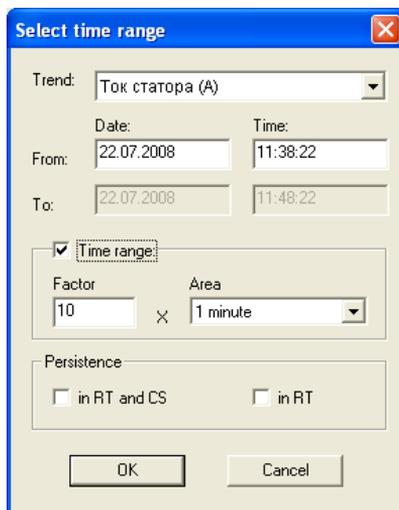


Рис. 3.30. Диалоговое окно выбора диапазона времени

Интервал времени, который будет отображаться в окне таблиц, можно задать следующим образом:

- указав начальную и конечную точку (параметр *Time Range* (Диапазон времени) не включен);
- указав время начала и диапазон времени (параметр *Time Range* (Диапазон времени) включен). Длина отображаемого интервала времени определяется умножением значения *Factor* (Множитель) на значение *Range* (Диапазон).

В зависимости от настройки параметра *Persistent in RT* (Сохранять настройки в RT) определяется сохранение измененных параметров после изменения интервала отображения.

 *Кнопка «Режим фиксации»*

С помощью функции *Start/Stop Update* (Запуск/останов обновления) можно остановить или продолжить выполнение обновления графических данных. При остановке обновления можно изменить отображаемый вре-

менной интервал и, следовательно, отобразить значения измерений из архива значений процесса в окне таблицы.

 Кнопка увеличения масштаба

Для увеличения области построения по горизонтальной и/или вертикальной осям в режиме фиксации следует нажать соответствующую кнопку и далее выбрать прямоугольную область растяжки в области построения графиков.

3.7. Работа с программным обеспечением РПУ-03.5 на базе Genesis32

Общий вид экрана программы РПУ-03.5 на базе Genesis32

Общий вид экрана программы РПУ-03.5, реализованной на базе Genesis32, представлен на рис. 3.31. Вид экрана может отличаться в зависимости от специализации ШПУ и функциональности РПУ-03.5. На рисунке представлено основное окно программы регистратора двух концевой скиповой подъемной установки с приводом по системе Г-Д.

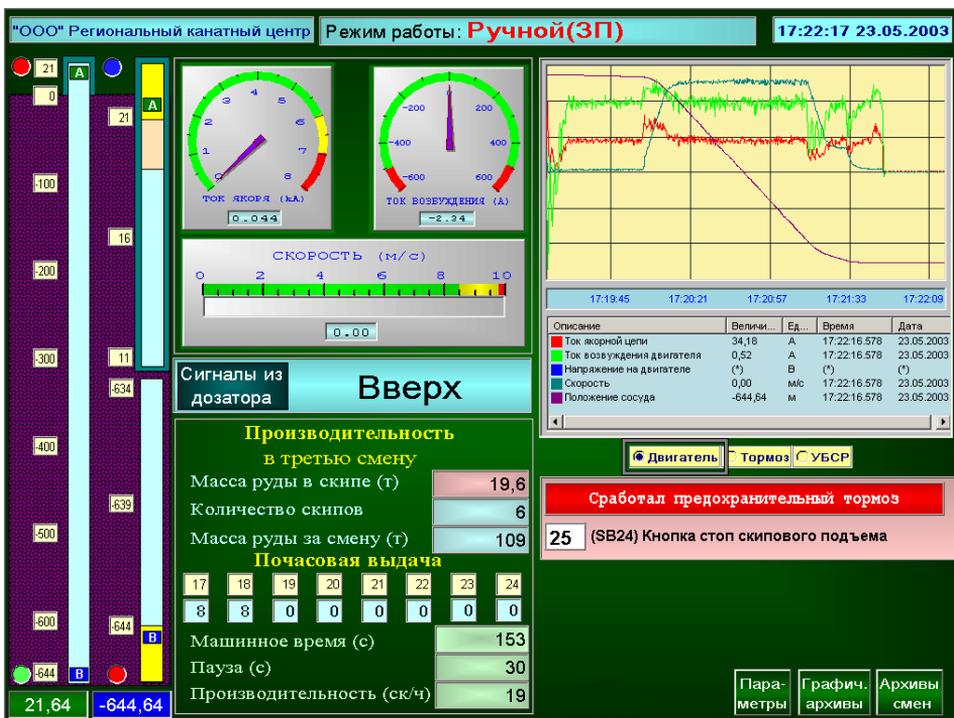


Рис. 3.31. Экран монитора

В левой части экрана отображаются положение скипов (подъемных сосудов) в стволе шахты и приход скипов на отметки загрузки и разгрузки. По-

положение каждого скипа отображается разным цветом (левый – зеленым, правый – синим). На первой линейке показано положение скипа по всей глубине подъема, на соседних линейках в увеличенном масштабе – положение скипов на конечных участках. Желтый участок линейки соответствует зоне переподъема. Коричневый участок соответствует положению скипа в зоне направляющих. Внизу приведены точные координаты положения скипов.

Правая часть экрана разбита на пять участков.

В левом верхнем углу выведены текущие значения силы тока в контролируемых цепях электропривода подъемной машины и скорости движения скипов в шахтном стволе.

В верхнем правом углу представлена графическая область (область построения графиков), на которой выводятся графики контролируемых параметров в режиме реального времени, экран текущих значений контролируемых параметров и кнопки выбора выводимых графиков ШПУ (Двигатель, Тормозная система, УБСР).

Справа внизу расположены кнопки вызова информации о текущих значениях параметров и просмотра архивов.

Слева внизу приведены статистические данные о производительности ШПУ: суммарная производительность за смену (согласно графику смен, установленному на руднике), почасовая производительность, масса поднятой руды, продолжительность текущего подъема скипа, время паузы на загрузку-разгрузку скипов.

Ниже области построения графиков выводятся сообщения анализатора защит АнЗ-03. При срабатывании предохранительного тормоза в этой области выводится соответствующее сообщение с указанием причины наложения тормоза.

Работа программы в режиме «ревизия»



Рис. 3.32. Сигналы из ствола (подано три сигнала)

При положении переключателя режимов работы на пульте управления подъемной машины «ревизия» на экране монитора вместо данных по выдаче выводится информация о поданных сигналах из ствола (рис. 3.32).

При поступлении сигнала на зеленой горизонтальной полоске короткие участки закрашиваются красным цветом (пропорционально длительности поданного сигнала), если подан сигнал из системы ШСС.

Количество красных участков равно количеству поданных сигналов. Через пять секунд после начала подачи сигнала очищается от старой информации следующая строка. Прекращение сигнала изменяет красный цвет полосы на зеленый. Для однозначности восприятия сигналы воспроизводятся на трех линейках. Таким образом, на экране видны последний сигнал и два предшествующих ему сигнала.

Информация о поданных сигналах регистрируется в архивах программы.

Работа программы в режиме «Перестановка барабанов»

При положении переключателя режимов работы на пульте управления подъемной машины «Перестановка» на экране монитора вместо данных по выдаче выводится информация о положении зубчатых шестерен вала машины и переставного барабана (рис. 3.33).

При вращении вала двигателя на экране монитора выводится значение, мм, перемещения скипа, пересчитанное к смещению каната, и в целях удобства работы машиниста относительное положение зубчатых шестерен вала машины и переставного барабана. Это позволяет произвести точное совмещение шестерен из кабины машиниста без посторонней помощи.



Рис. 3.33. Положение зубчатых шестерен вала машины и переставного барабана

Область построения графиков

Текущие данные аналоговых сигналов выводятся в области построения графиков, представленной на рис. 3.34.

Область построения графиков состоит из нескольких зон.

В зоне построения графиков выводятся кривые текущих измеренных величин и наносится сетка по осям координат. Вертикальные оси имеют обозначение текущего времени. В зоне «подробности» выводятся названия перьев, связанных с текущими значениями измеряемых величин, единицы измерения, момент времени и дата измерений.

Переход с просмотра параметров одной системы (например «Двигатель») на просмотр параметров другой системы (например «Тормоз») осуществляется активацией соответствующего окна в зоне выбора набора сигналов.

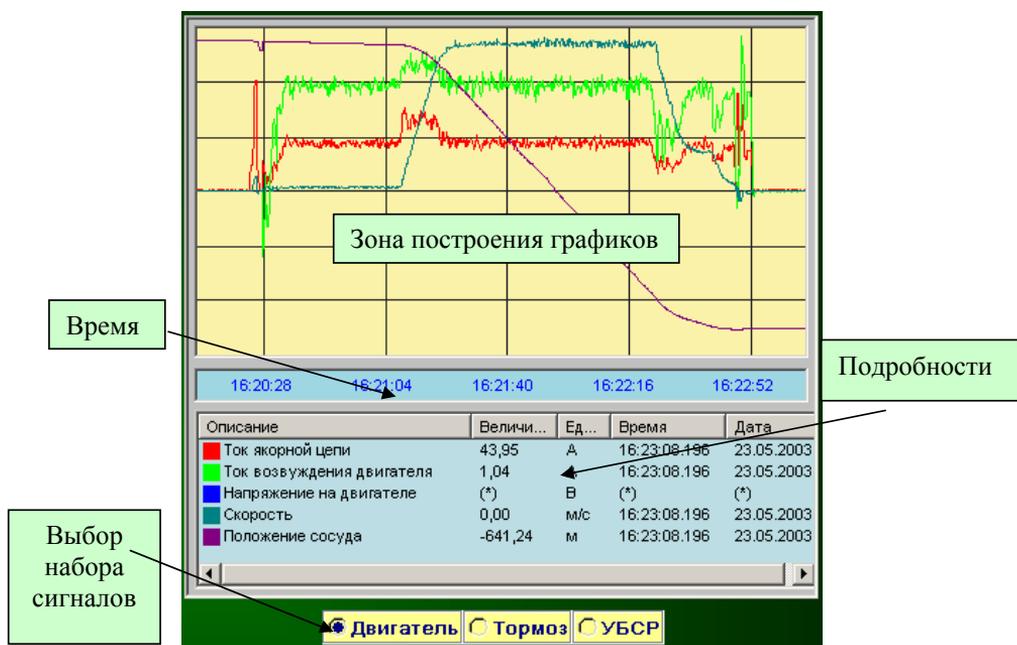


Рис. 3.34. Область построения графиков

Активация правой клавишей мыши строки представленного параметра в зоне «подробности» приводит к появлению контекстного меню, которое предназначено для управления параметрами графиков, выводимых выбранным пером.

Список действий выполняемых из контекстного меню:

- *Option* – опции;
- *Formatting* – форматирование;
- *Edit* – редактирование;
- *Time Shift* – временной сдвиг;
- *Delete* – удаление;
- *Cancel* – отмена.

При перемещении курсора к строке *Option* появляется дополнительное меню:

- *Visible* – видимое перо;
- *Samples* – отсчеты;
- *Pen Marker* – маркер пера;
- *Alarm Lines* – линии тревог;
- *Stair Plot* – ступенчатый график;
- *Show Range* – показать диапазон;
- *Autoscale Range* – автоподбор диапазона.

Отметка строки *Visible* (видимое перо) позволяет включить вывод графика пером, над названием которого вызвано контекстное меню. Снятие данной отметки приводит к прекращению вывода графика. Сбор данных при этом не прекращается.

Отметка строки *Samples* (отсчеты) включает отображение отсчетов, на основе которых выполняется построение графика.

Отметка строки *Pen Marker* (маркер пера) позволяет включить изображение маркера на правой границе области построения.

Отметка строки *Alarm Lines* (линии тревог) позволяет включить отображение линий в области построения графика на уровнях, соответствующих предельным значениям, заданным для пера.

Отметка строки *Stair Plot* (ступенчатый график) приводит к тому, что построение графика начинает выполняться методом ступенчатой интерполяции.

Выбор строки *Show Range* (показать диапазон) приводит к появлению диапазона изменений выбранного пера слева от области построения.

Выбор строки *Autoscale Range* (автоподбор диапазона) позволяет автоматически подобрать диапазон измерений вдоль вертикальной оси.

При подведении курсора к строке *Formatting* (форматирование) появляется дополнительное меню:

- *Set As Default Pen Order* – установить исходный порядок перьев;
- *Set As Default Pen Spacing* – установить исходные промежутки.

Команда *Установить исходный порядок перьев* позволяет выставить взаимное расположение строк в таблице подробностей, установленное во время разработки.

Команда *Установить исходные промежутки* позволяет автоматически установить исходную ширину столбцов таблицы подробностей, установленное во время разработки.

Команда *Edit* – (редактирование) позволяет выполнить конфигурирование пера в диалоговой панели свойств пера.

Команда *Time Shift* – (сдвиг времени) становится доступной только в режиме фиксации (кнопка  на инструментальной панели, вызываемой двойным нажатием левой кнопки мыши в зоне построения графиков) и предназначена для сравнительного анализа графических зависимостей путем смещения графика, по оси времени на требуемый интервал.

Интервал сдвига задается в диалоговой панели *Установка сдвига времени для перьев*, изображение которой приведено на рис. 3.35.

Группа параметров *Сдвиг времени на* предназначена для установки относительного интервала сдвига графиков по оси времени.

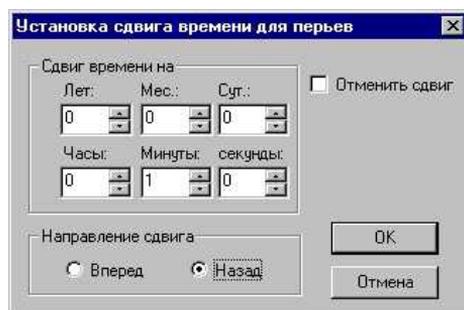


Рис. 3.35. Диалоговая панель
Установка сдвига времени для перьев

Переключатель *Направление сдвига* определяет, в какую сторону должен быть осуществлен сдвиг.

Для восстановления первоначального положения графиков по оси времени следует вызвать диалоговую панель «Установка сдвига времени для перьев», установить галочку в поле *Отменить сдвиг* и нажать кнопку *Ok*.

Допускается другой способ сдвига графиков по оси времени. Для его применения следует привести область построения графиков в режим фиксации, выбрать название пера, график которого подлежит сдвигу, и, удерживая клавишу *Ctrl* в нажатом состоянии, перемещать мышь с нажатой клавишей в направлении прошлого или будущего вдоль оси времени. При этом рядом с курсором появляется символ сдвига, а выбранный график будет перемещаться в выбранном направлении.

Отображением графиков можно управлять с помощью инструментальной панели просмотра графиков. Для этого необходимо нажатием левой клавишей мыши (двойной щелчок) на области построения графиков вызвать появление инструментальной панели, внешний вид которой показан на рис. 3.36.

Кнопка управления перьями  позволяет добавить, удалить и изменить параметры перьев. Нажатие данной кнопки приводит к появлению диалогового окна «Конфигурация перьев графика», внешний вид которой показан на рис. 3.37.

Кнопки *OPC Tags* (тэги OPC), *Tags Menu* (меню тэгов) и *Delete* (удалить перо) используются при разработке программы, их нажимать не следует.

Для изменения свойств пера нажать левой кнопкой мыши на название пера. Строка с выделенным пером будет отмечена синим цветом. При нажатии на кнопку *Edit* (редактировать) вызывается диалоговая панель свойств пера (рис. 3.38).

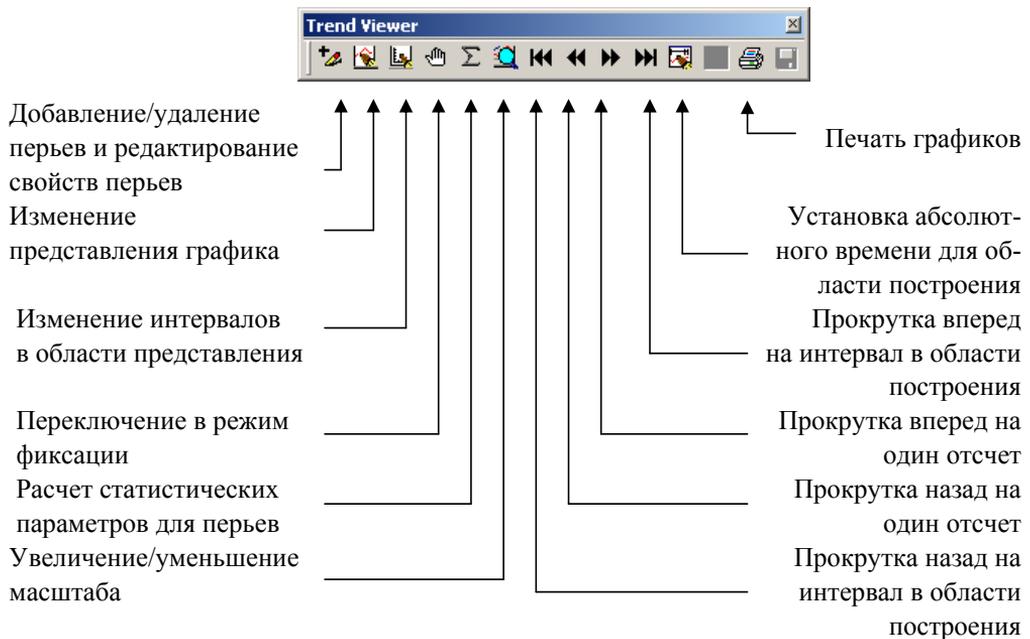


Рис. 3.36. Инструментальная панель просмотра графиков

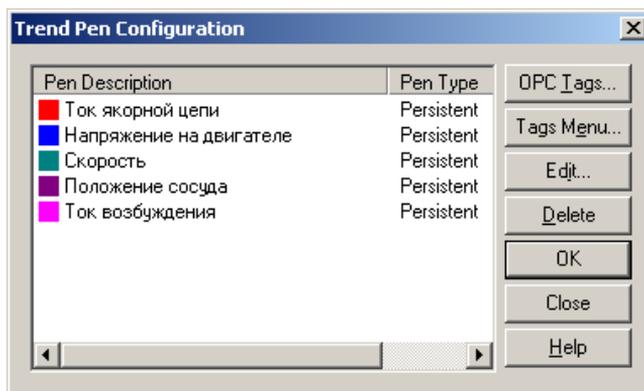


Рис. 3.37. Диалоговое окно «Конфигурация перьев графика»

Окно имеет три страничные закладки: *General* (общие), *Alarms* (уровни тревог), *Ranges* (диапазоны).

Страница свойств *General*.

Поле *Tag* – *Тэг* содержит название источника данных, с которым связано перо. Данное поле не может быть изменено пользователем.

Поле *Desc* – *Имя пера* содержит текущее имя пера, которое может быть изменено пользователем.

Поле *Units* – *Единицы* предназначено для ввода названия единиц измерения для значений редактируемого пера (например, м/с, «Атм», «%»).



Рис. 3.38. Диалоговая панель «Редактировать параметры пера».
Страница свойств *General* (общие)

Страница свойств *Alarms* (уровни тревог) (рис. 3.39) позволяет задать значения аварийных уровней для выбранного пера (*Low* – низкий, *Low Low* – сверх низкий, *High* – высокий, *High High* – сверх высокий). При установке галочки *Show Alarm Lines* (отобразить аварийные уровни) произойдет отображение заданных аварийных уровней тонкими линиями в области построения.

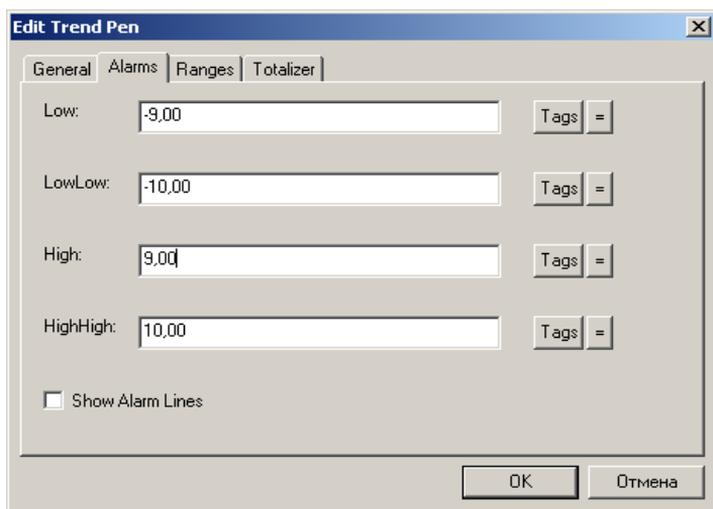


Рис. 3.39. Страница свойств *Alarms* (уровни тревог)

Страница свойств *Ranges* (диапазоны) приведена на рис. 3.40. Данная страница свойств позволяет задавать границы диапазона для выбранного пера, которыми будет ограничиваться область построения графика.

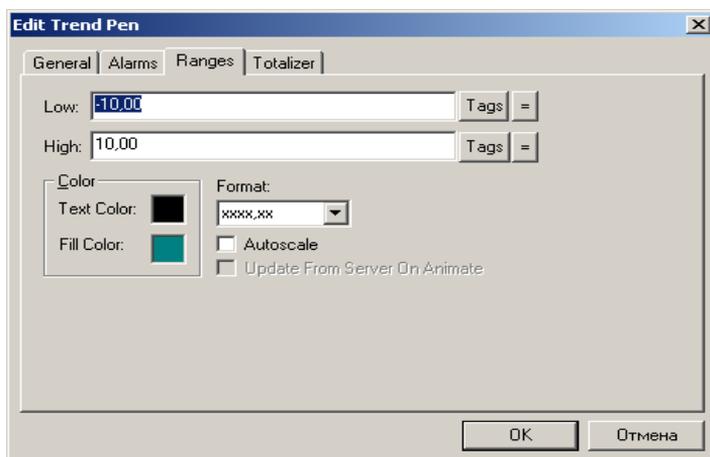


Рис. 3.40. Страница свойств *Ranges* (диапазоны)

Не рекомендуется менять установленных значений, кроме полей *Low* – Нижняя граница и *High* – Верхняя граница.

Кнопка *Управления перьями*  приводит к появлению диалогового окна *Редактировать представление*, внешний вид которого показан на рис. 3.41.

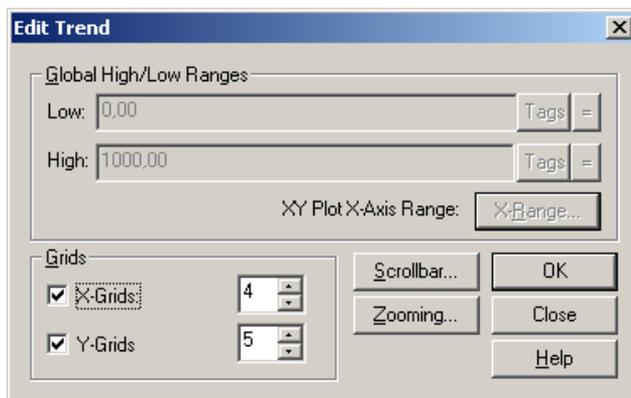


Рис. 3.41. Диалоговое окно *Редактировать представление*

Группа параметров *Grids* (линии сетки) позволяет отключить отображение горизонтальных и/или вертикальных линий сетки в области построения, а также установить их количество.

Кнопка *Scrollbar* (полоса прокрутки) позволяет установить временной интервал пролистывания области построения при помощи специальной горизонтальной полосы прокрутки, которая располагается у нижней границы области построения.

Диалоговое окно, вызываемое по нажатию кнопки *Scrollbar* (полоса прокрутки), показано на рис. 3.42.

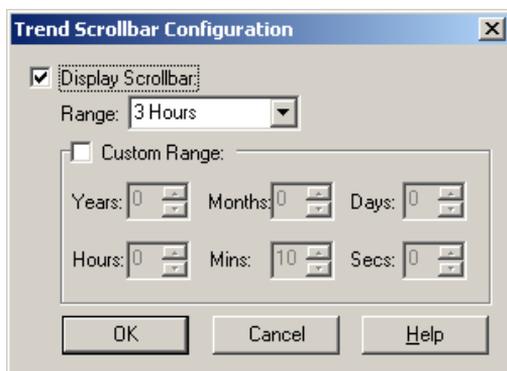


Рис. 3.42. Диалоговое окно *Scrollbar* (полоса прокрутки)

Активация «√» кнопки *Display Scrollbar* (показать полосу прокрутки) позволяет управлять отображением полосы прокрутки по оси времени. Выпадающий список *Range* (диапазон) позволяет выбрать один из предопределенных диапазонов времени, охватываемых полным перемещением движка полосы прокрутки.

Группа параметров *Custom Range* (произвольный диапазон) предназначена для установки произвольного диапазона времени, охватываемого полосой прокрутки.

Кнопка *Zooming*  (масштабирование) (см. рис. 3.36) предназначена для выбора дискретности изменения масштаба отображения по горизонтальной и вертикальной оси графика (рис. 3.43).



Рис. 3.43. Диалоговое окно *Настройка масштабирования*

Если отметка с одного из флажков снята, то изменение масштаба по данной оси координат производиться не будет. Окно *Percentage Zoom* (процентное изменение масштаба) позволяет установить степень изменения масштаба при нажатии на кнопку .

Кнопка *Изменить интервал для области построения*  приводит к появлению диалогового окна *Редактирование периода графиков*, внешний вид которого показан на рис. 3.44.

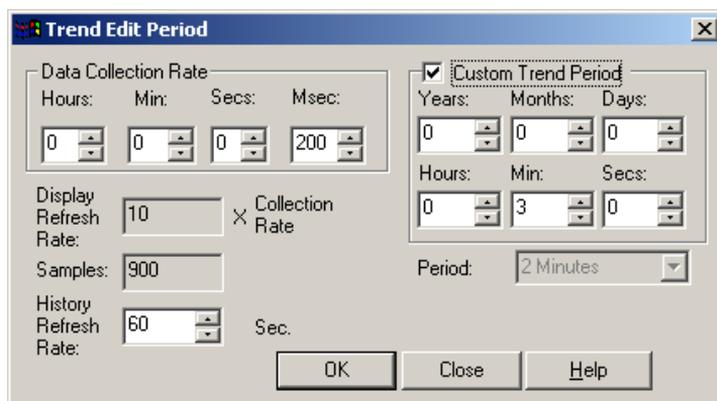


Рис. 3.44. Диалоговое окно *Редактирование периода графиков*

Снятие флажка «» *Custom Trend Period* (произвольный период) активизирует выпадающий список *Period* (интервал в области построения), который позволяет выбрать один из predetermined интервалов.

Поле *Data Collection Rate* (период обновления данных) архива изменять не рекомендуется.

Нажатие кнопки *Режим фиксации*  (см. рис. 3.36) приводит к фиксации зоны построения графика (прекращение периодического обновления области построения) без остановки процесса сбора данных. После фиксации графика можно увеличить любой фрагмент видимой части области построения. Для этого следует нажать и удерживать клавишу *Shift*, после чего, нажав и удерживая левую клавишу мыши, выделить внутри графика прямоугольную область увеличения. Восстановить исходный размер области можно либо повторным нажатием кнопки фиксации, либо нажатием правой кнопки мыши в области построения. Для восстановления обновления зоны построения графиков необходимо повторно нажать кнопку *режим фиксации* .

Кнопка *Увеличение области построение по осям*  служит для увеличения области построения по горизонтальной и/или вертикальной осям в режиме фиксации. Повторное нажатие приводит к дополнительному увеличению. Шаг увеличения задается в диалоговом окне *Настройка масштабирования*.

Кнопка *Статистика*  позволяет отобразить статистические параметры перьев, отображаемых в области построения. Нажатие данной кнопки приводит к появлению диалогового окна *Статистические параметры*, внешний вид которого показан на рис. 3.45.

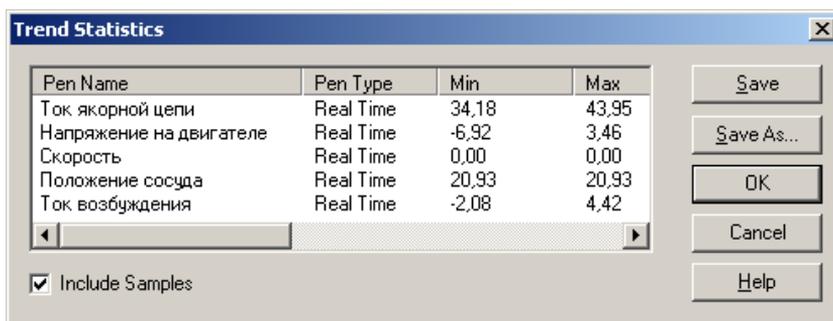


Рис. 3.45. Диалоговое окно *Статистические параметры*

При выполнении данной функции определяются следующие параметры:
 – минимальное значение в интервале (в пределах периода сбора данных);

– максимальное значение в интервале (в пределах периода сбора данных);

– среднее значение в интервале (в пределах периода сбора данных);

– отклонение (в пределах периода сбора данных);

– объем выборки (меньше или равно количеству отсчетов);

– дата и время.

Указанные параметры могут быть сохранены либо в предварительно заданном файле статистики (кнопка *Сохранить*) либо в выбранном пользователем (*Сохранить как*). В режиме фиксации в диалоговой панели *Статистические параметры* становится активным флажок «√» *Включить отсчеты*. Установка флажка «√» позволяет сохранить в выбранном файле статистики всех отсчетов перьев.

Кнопки *Пошаговый проход по области построения на один отсчет* «⏪ ⏩» позволяют осуществлять пошаговый проход по графикам выполнив следующие действия:

– при просмотре текущих данных перевести элемент просмотра графиков в режим фиксации (при просмотре архивов этого не требуется, т.к. он всегда находится в режиме фиксации);

– поместить курсор мыши в область графика, от которого требуется начать пошаговый проход и нажать левой кнопкой мыши на кнопках «⏪ ⏩»;

– в области построения на графиках появятся символы пошагового прохода, которые будут перемещаться по графикам. В таблице, расположенной в нижней части элемента просмотра графиков, будет происходить смена значений, времен и других атрибутов, соответствующих местоположению символов пошагового прохода.

Кнопки *Пропустить на интервал в области построения*  

Пропустить на интервал в области построения осуществляется следующим образом:

– при просмотре текущих данных необходимо перевести элемент просмотра графиков в режим фиксации (при просмотре архивов этого не требуется, так как он всегда находится в режиме фиксации);

– нажать левой кнопкой мыши на кнопке  и/или 

– в области построения на графиках появятся символы пролистывания, которые будут перемещаться по графикам. В таблице, расположенной в нижней части элемента просмотра графиков, будет происходить смена значений, времен и других атрибутов, соответствующих местоположению символов пролистывания. При этом область построения будет смещаться на величину, равную интервалу в области построения.

Кнопка *Согласование времени* 

При просмотре данных архива возможна ситуация, когда момент времени, интересующий пользователя, находится в прошлом. Для согласования абсолютного времени, отображаемого в области построения, с временем, относящимся к выборке, необходимо перевести область построения графиков в режим фиксации, после чего нажать левой кнопкой мыши на кнопке *Согласовать время*. На экране монитора будет показано диалоговое окно *Согласовать время для графика* (рис. 3.46).



Рис. 3.46. Диалоговое окно *Согласовать время для графика*

Поле данной диалоговой панели позволяет сместить область построения в нужную точку времени, включая дату, а также изменить интервал в области построения.

Кнопка *Календарь* служит для выбора даты отдаленной от текущего момента времени. Внешний вид календаря показан на рис. 3.47.

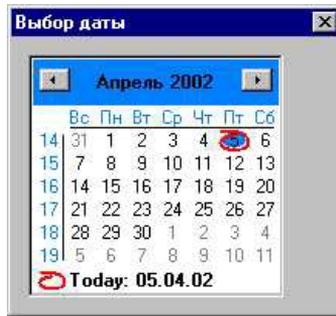


Рис. 3.47. Диалоговая панель
Выбор даты

Кнопками с изображениями стрелок выбирается месяц и год. Выбор даты осуществляется двойным щелчком левой клавиши мыши на соответствующем числе, как показано на рис. 3.47.

3.8. Просмотр архивов смен

Для быстрого доступа к статистической информации о работе подъемной машины в нижней части основного экрана программы РПУ-03.5 на базе WinCC имеется кнопка *F5 Статистика* (кнопка *Архивы смен* в программе на базе Genesis32). После нажатия этой кнопки выводится диалоговое окно *Данные архива за смену*, изображенное на рис. 3.48.

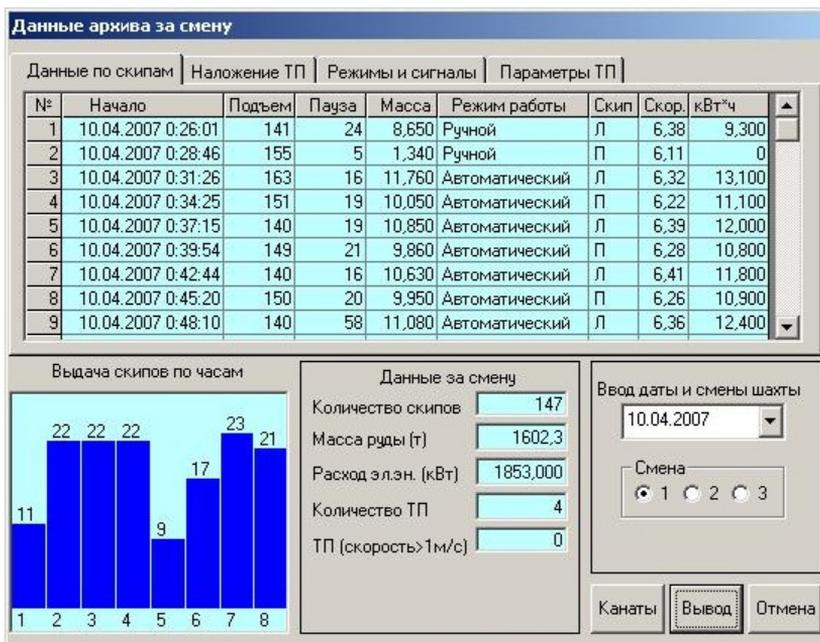


Рис. 3.48. Диалоговое окно *Данные архива за смену*

Чтобы вызвать информацию о работе подъема за смену, необходимо задать день и номер интересующей смены. День выбирается с помощью встроенного календаря. Календарь выводится после нажатия на кнопку *Дата* . Вид календаря представлен на рис. 3.47. Текущий день обведен красным кругом.

Смена выбирается из группы *Смена* по соответствующему полю.

После выбора даты и номера смены, нужно нажать на кнопку *Вывод*. Данными будут заполнены четыре таблицы, разделенные закладками, поля суммарных данных за смену и графическая область почасовой выдачи.

Суммарные данные за смену включают следующую информацию:

- количество поднятых скипов;
- массу поднятой руды;
- средний расход электроэнергии подъемного двигателя в пересчете на одну тонну поднятой руды;
- общее количество срабатываний предохранительного торможения, в том числе на скорости превышающей 1 м/с.

В области диаграммы почасовой выдачи скипов выведена информация о ритме выдачи руды. Над столбцом стоит число скипов, выданных за соответствующий час.

В таблицах представлена более детальная информация о работе скипового подъема. Таблица с закладкой *Данные по скипам* может содержать следующие столбцы:

- номер по порядку;
- начало подъема скипа с точностью до секунды;
- длительность подъема, с;
- пауза после подъема, с;
- масса поднятой руды, т.
- режим работы, при котором закончился подъем;
- какой скип поднимался (правый или левый, А или Б);
- скорость скипа в середине ствола, м/с;
- средний расход электроэнергии при подъеме скипа в пересчете на 1 т кВт·ч/т;
- жесткость каната мм/т (удлинение каната, пересчитанное на тонну руды);
- напуск каната, мм.

Таблица с закладкой *Предох. торможение* содержит столбцы:

- номер по порядку;
- время наложения предохранительного тормоза;

- причина, вызвавшая предохранительное торможение (сокращенное название реле или выключателя);
- режим работы машины в момент наложения предохранительного тормоза;
- скорость движения подъемного сосуда в момент наложения предохранительного тормоза. Положительный знак скорости – движение вперед, отрицательный – движение назад;
- положение правого сосуда в стволе в момент наложения предохранительного тормоза.

При подведении курсора мыши к сокращенному названию причины ТП появляется подсказка с полным названием причины.

Таблица с закладкой *Режимы и сигналы* содержит следующие столбцы:

- номер по порядку;
- время включения режима работы или время начала подачи сигнала из ствола;
- включенный режим работы подъемной установки;
- код поданного сигнала;
- положение скипа, соответствующее времени включения режима.

В колонке *Сигн.* дополнительно выводятся сведения об источнике сигнала. Например, «2Ств.» – означает, что подано два сигнала из системы ШСС, «1Рад.» – подан один сигнал из системы «Радуга».

Таблица с закладкой *Параметры торможения* содержит следующие столбцы:

- номер по порядку;
- время наложения предохранительного торможения;
- скорость сосудов, м/с, в момент наложения ТП;
- время торможения, с, до полной остановки сосудов;
- время холостого хода, с, для левой тяги;
- время холостого хода, с, для правой тяги.

Просмотр данных по канатам

После нажатия кнопки *Канаты* выводится диалоговое окно *Данные по канатам*, изображенное на рис. 3.49.

Кнопка *Отмена* закрывает диалоговое окно. Кнопки *Канат А* и *Канат Б* служат для вывода информации о навешенном канате и канатах, сведения о которых присутствуют в базе. Более часто встречается обозначение *Правый канат* и *Левый канат*. Таблица содержит следующие столбцы:

- номер по порядку;
- место навески каната (правый или левый канат, А или Б);
- дата навески;
- дата снятия или, если канат находится в работе, то в этом столбце присутствует текст «Работает»;
- завод-изготовитель каната;
- ГОСТ или заводской номер;
- число циклов, совершенных канатом от начала навески;
- число предохранительных торможений, наложенных на скорости более 1 м/с для соответствующего каната.

Данные по канату А								
№	Место	Дата навески	Дата снятия	Завод	Гост	Циклы	Число ТП	Же
1	А	8 Март 2003 г.	Работает	Харцизский СПК		15745	3165	10

Графики Перестановки Канат А Канат Б Новый Отмена

Рис. 3.49. Диалоговое окно *Архивы по канатам*

Кнопка *Графики* выводит диалоговое окно просмотра графических зависимостей от времени по удлинению и жесткости каната. Вид окна представлен на рис. 3.50.



Рис. 3.50. Диалоговое окно *Графики удлинения и жесткости каната*

Перемещение по графику осуществляется либо указателем мыши, либо нажатием на клавиши клавиатуры *Влево* или *Вправо*. В окнах под графиком выводится дата замера и рассчитанное значение удлинения или жесткости, в зависимости от выбора типа графика.

Кнопка *Перестановки* выводит окно просмотра данных по перестановкам барабана. Список перестановок выводится от момента навески каната. Для выбора каната служат кнопки *Канат А* и *Канат Б*.

Кнопка *Новый* выводит диалоговое окно, предназначенное для ввода информации о новом канате. Вид окна *Новый канат* представлен на рис. 3.51.

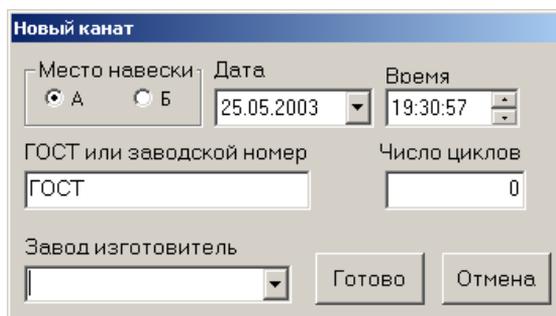


Рис. 3.51. Диалоговое окно *Новый канат*

Для ввода сведений о новом канате следует указать следующие данные. В группе параметров *Место навески* выбрать А или Б (правый или левый канат).

Начальные значения даты и времени соответствуют моменту времени открытия диалогового окна. Если требуется изменить эти значения, то щелчком мыши на кнопке  поля даты вызывается календарь, на котором выбирается произвольная дата.

Изменение времени производится следующим образом: щелчком мыши в поле *Время* выделяются часы, минуты или секунды. Затем, нажимая на кнопки , значения времени либо увеличиваются, либо уменьшаются.

В поле *Завод-изготовитель* вводится с клавиатуры соответствующий текст. Имеется другая возможность, с помощью которой можно выбрать уже заранее введенные названия заводов. При нажатии на кнопку  появляется выпадающий список, из которого выбирается завод-изготовитель.

В поле *ГОСТ* или *заводской номер* с клавиатуры вводится соответствующий текст.

Если до ввода данных канат совершил определенное число циклов, в поле *Число циклов каната* вводится это число.

По завершении ввода информации следует нажать кнопку *Готово*. Для исключения ошибок и ввода ложной информации предусмотрен вывод дополнительного предупреждающего диалогового окна (рис. 3.52).

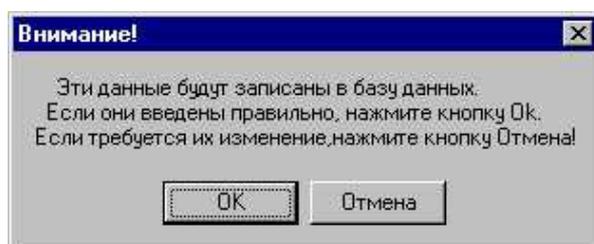


Рис. 3.52. Предупреждающее диалоговое окно

После нажатия на кнопку *Ok* в базу данных будет введен новый канат, а в данных по предыдущему канату будет занесена дата снятия. Нажатие на кнопку *Отмена* вернет пользователя в диалоговое окно *Новый канат*.

3.9. Просмотр графической информации из архива РПУ-03.5

Вызов окна программы просмотра графических архивов осуществляется щелчком мыши на кнопке главного окна «*Графич. архивы*». На экран выводится окно, вид которого представлен на рис. 3.53.

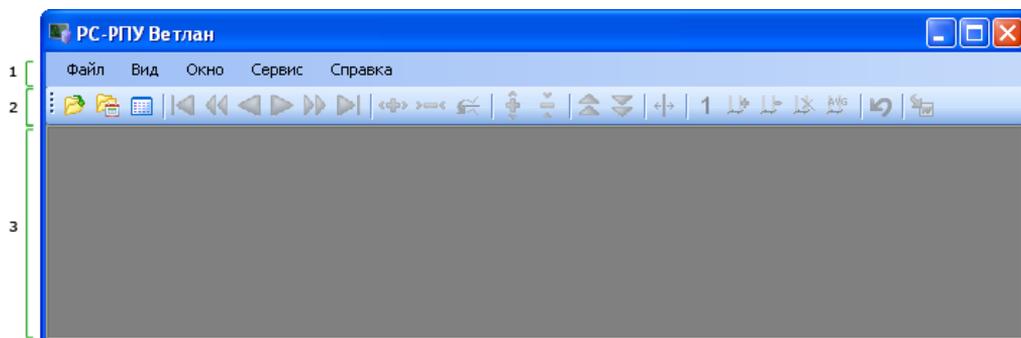


Рис. 3.53. Основное окно программы просмотра графического архива

Окно программы состоит из следующих элементов:

1 – панель меню, содержит пункты, сгруппированные по функциональности;

2 – панель инструментов, предоставляет основные возможности по работе с файлами данных и графиками;

3 – рабочая область.

До загрузки данных из архива рабочая область окна программы пуста и на панели инструментов активны только три кнопки: (слева направо)

Открыть файл, Просмотр исторических данных и Отобразить окно данных за смену.

Для просмотра архива следует щелкнуть левой клавишей мыши на кнопке вызова *Просмотр исторических данных* (вторая кнопка слева) или выбрать в меню *Файл* пункт *Просмотр данных*. Появится окно (рис. 3.54), в котором необходимо выбрать интересующую дату, время начала и интервал просмотра.

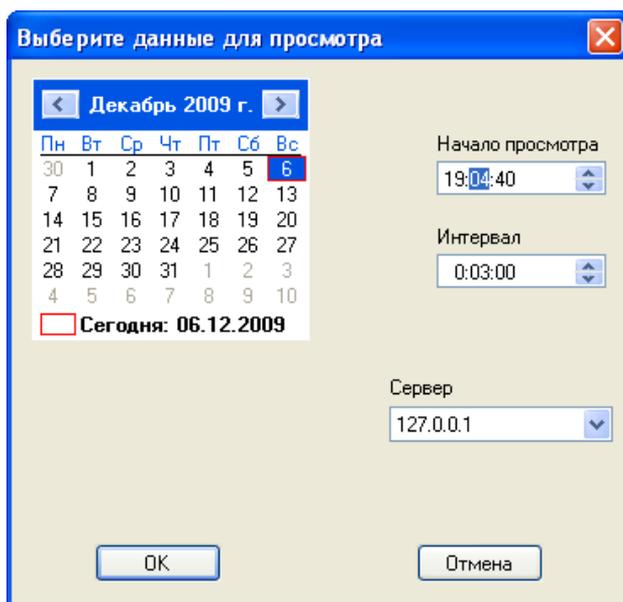


Рис. 3.54. Окно выбора интервала просмотра

В поле *Сервер* необходимо выбрать наименование компьютера, работающего под управлением программного комплекса «Ветлан». Таким образом, данные могут быть прочитаны по сети или с локального компьютера.

Чтение архива может длиться от 10 до 30 с. После завершения чтения выводится окно с графиками, вид которого показан на рис. 3.55.

Графическая информация хранится 30 дней. Затем новые данные постепенно замещают старые, благодаря чему память компьютера не переполняется. При попытке вывести более старые данные область построения графиков будет пустой.

Когда данные архива выбраны, в рабочей области окна программы представлены их графическая интерпретация и описание. На панели инструментов кнопки работы с графиками теперь активны (рис. 3.55).

Рабочая область разделена по горизонтали на две части:

a – область графического представления параметров работы ШПУ;

b – список параметров работы подъемной установки, доступных для вывода в графической области окна (построение графика параметра). Список содержит значения параметров, соответствующих положению визира.

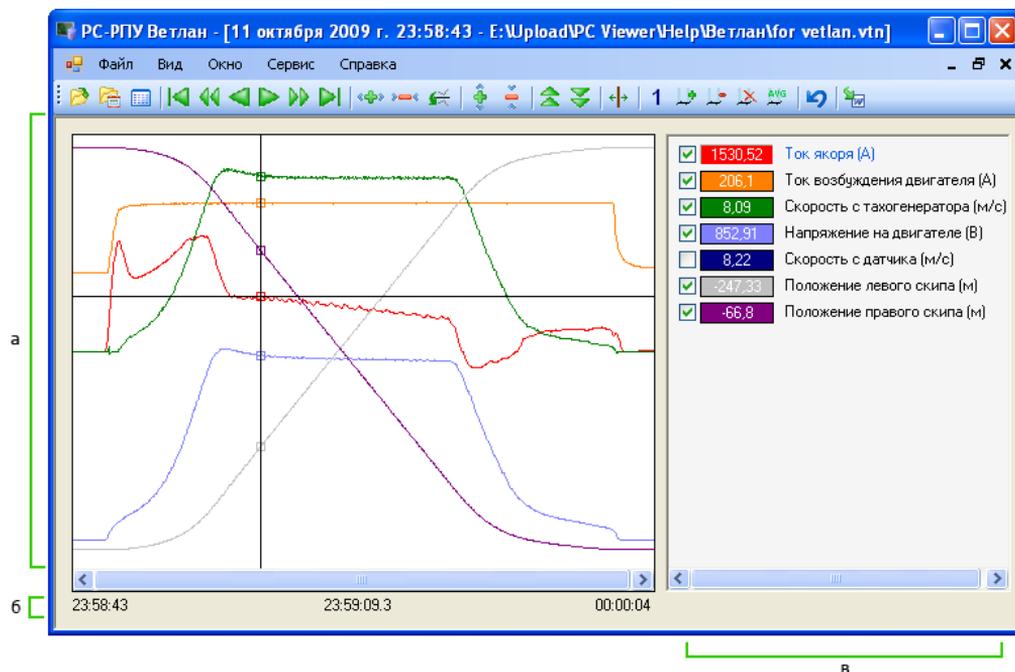


Рис. 3.55. Окно просмотра с загруженными данными

В строке временных данных *b* выведено время начала (слева) и окончания (справа) замера параметров. В середине строки выведено время, соответствующее положению визира.

Основные операции при работе с программой:

- навигация по оси времени;
- отображение и скрытие графиков;
- изменение масштаба величин параметров;
- изменение положения графика по вертикали;
- изменение масштаба времени;
- инвертирование графиков;
- изменение начала отсчета координат времени;
- установка и удаление временных меток;
- установка и удаление маркеров;
- отображение или скрытие координатной сетки;

- экспорт графиков в Microsoft Word;
- совмещение графиков;
- просмотр данных за смену.

В рабочем окне имеется два визира (вертикальный и горизонтальный), привязанных к активному графику.

Перемещение визира по графику возможно с помощью мыши, клавиатуры или кнопок панели инструментов.

Навигация с помощью клавиатуры

Клавиши *Стрелка влево* и *Стрелка вправо* для перемещения визира на одну точку (0,1 с) в соответствующем направлении. Комбинация клавиш *Ctrl* и *Стрелка влево* или *Стрелка вправо* позволяет переместить визир сразу на 20 точек (2 с) в соответствующем направлении. Клавиша *Home* перемещает визир в начало замера (00:00,0), а клавиша *End* – в конец.

Навигация с помощью кнопок панели инструментов

Кнопки управления положением визира на панели инструментов приведены на рис. 3.56.



Рис. 3.56. Кнопки управления положением визира

Кнопка *а* – перемещение визира в начало часа, (координата 00:00,0). Соответствует нажатию клавиши *Home*;

б – перемещение визира на 20 точек влево (на 2 с). Соответствует нажатию клавиш *Ctrl + Стрелка влево*;

в – перемещение визира на одну точку влево (на 0.1 с). Соответствует нажатию клавиши *Стрелка влево*;

г – перемещение визира на одну точку вправо (на 0.1 с). Соответствует нажатию клавиши *Стрелка вправо*;

д – перемещение визира на 20 точек вправо (на 2 с). Соответствует нажатию клавиш *Ctrl + Стрелка вправо*;

е – перемещение визира в конец замера. Соответствует нажатию клавиши *End*.

Навигация с помощью мыши

Перемещение визира в желаемую точку в пределах графического окна осуществляется щелчком левой кнопки мыши в этой точке в любом положении по вертикали.

Отображение и скрытие графиков

После открытия файла данных графики всех параметров отображаются в графической области рабочего окна. Один из графиков является активным. В списке параметров он выделен другим цветом.

Управление отображением графиков выполняется в списке параметров работы (сигналов) подъемной установки, в правой части рабочего окна (элемент в рис. 3.55). Включить или отключить отображение графика можно установкой или снятием галочки в поле слева от названия соответствующего параметра. Активный график не отключается.

Выбор активного графика

Активным является график, по которому происходит слежение горизонтального визира. Чтобы сделать график активным, необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши на названии этого графика в области списка параметров ШПУ (элемент в рис. 3.55). Значение активного графика обводится рамкой, а его название подсвечивается синим цветом.

Параметры отображения графика

При нажатии на правую кнопку мыши на окне со значением соответствующего графика будут доступны дополнительные функции работы с графиками (рис. 3.57):

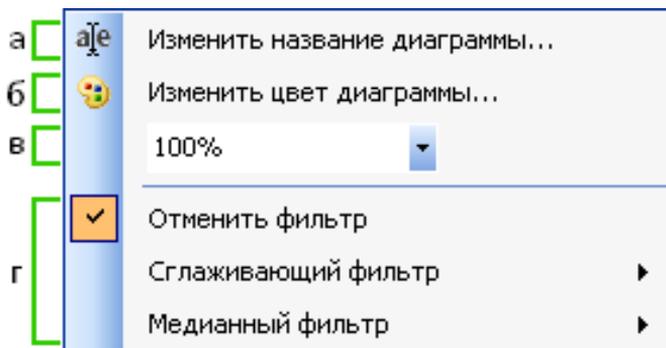


Рис. 3.57. Контекстное меню графического сигнала

- а) команда «Изменить название диаграммы...» позволяет поменять название сигнала;
- б) с помощью команды «Изменить цвет диаграммы...» можно изменить цвет начертания графика;
- в) в окне ввода отображается текущее значение масштаба графика по оси ординат. Новое значение можно ввести с клавиатуры или выбрать из выпадающего списка;

г) следующие команды относятся к опции фильтрации значений сигнала. Они позволяют выполнить сглаживание, применить медианный фильтр по заданному количеству точек или отменить произведенную фильтрацию.

Изменение масштаба величин параметров

Изменить масштаб отображения графика текущего параметра возможно с помощью двух кнопок на панели инструментов (рис. 3.58).



Рис. 3.58. Кнопки изменения масштаба по вертикали

Кнопки управления положением визира на панели инструментов:
а – растянуть по Y; *б* – сжать по Y.

Изменение масштаба и другие действия осуществляются только с активным графиком. На рис. 3.59 приведен пример изменения масштаба графика.

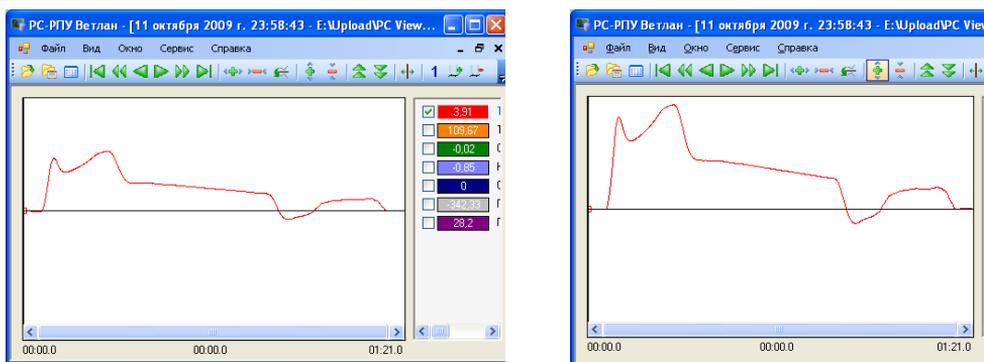


Рис. 3.59. Графики в исходном и увеличенном масштабах

Изменение положения графика по вертикали

Изменить положение активного графика по вертикали можно с помощью двух кнопок панели инструментов (рис. 3.60).

Кнопки управления положением графика:
а – поднять график; *б* – опустить график.



Рис. 3.60. Кнопки изменения положения графика по вертикали

На рис. 3.61 приведен пример изменения положения графика.

Величина смещения графиков устанавливается в окне *Параметры просмотра*, доступном через меню *Вид, Параметры*. Необходимое число можно ввести с клавиатуры в поле *Смещение графиков по вертикали (пикселей)* (рис. 3.62).

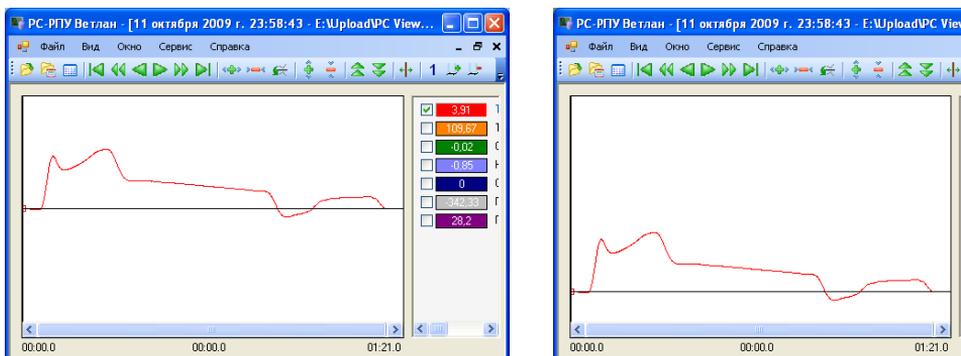


Рис. 3.61. Графики с исходным и со смещенным положением

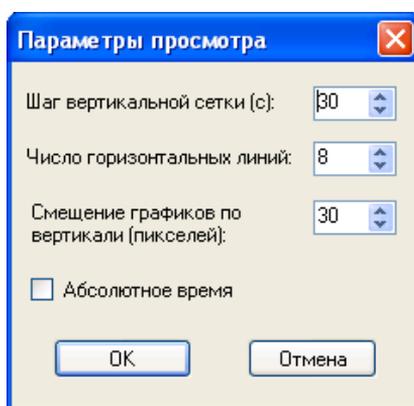


Рис. 3.62. Окно выбора параметров просмотра графиков

Изменение масштаба оси времени

Изменить масштаб оси времени можно с помощью двух кнопок панели инструментов (рис. 3.63).

Кнопки управления масштабом оси времени:

а – растянуть по X; *б* – сжать по X.



Рис. 3.63. Кнопки изменения масштаба оси времени

На рис. 3.64 приведен пример изменения масштаба по оси времени.

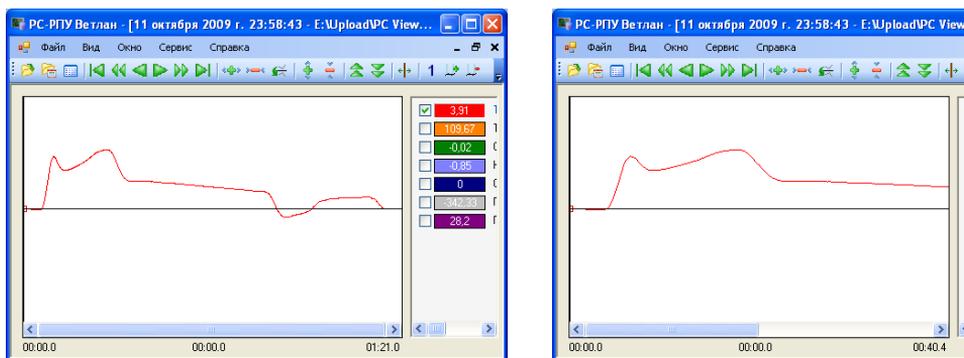


Рис. 3.64. Графики с исходным и увеличенным масштабом времени

Инвертирование графиков

Инвертирование активного графика относительно оси абсцисс происходит при нажатии кнопки  на панели инструментов программы. Операция влияет только на способ построения графика и не меняет значения сигнала.

Установка начала отсчета координат времени

Задать начало отсчета координаты времени можно с помощью кнопки панели инструментов *Установить начало отсчета* (рис. 3.65).



Рис. 3.65. Кнопка установки начала отсчета

Для установки нового начала отсчета необходимо установить визир в положение, соответствующее желаемому началу отсчета, и нажать кнопку *Установить начало отсчета* на панели инструментов. Кнопка на панели инструментов фиксируется в нажатом состоянии. Показания на шкале времени изменятся. Если визир не находился у левой границы окна, то левое значение времени на оси примет отрицательное значение. Ее величина будет соответствовать интервалу от начала отсчета до точки на левой границе окна. Среднее значение времени примет нулевое значение, т.к. визир и начало отсчета совпадают. Правое значение покажет величину интервала от начала отсчета до крайней правой точки окна. При перемещении визира в другую точку появится вертикальная линия бордового цвета, соответствующая точке начала отсчета (рис. 3.66), а среднее значение на временной шкале будет показывать смещение вертикального визира по времени относительно нового начала отсчета.

Вернуться к исходной шкале времени, т.е. отменить установку начала отсчета, возможно путем повторного нажатия кнопки панели инструментов *Установить начало отсчета*.

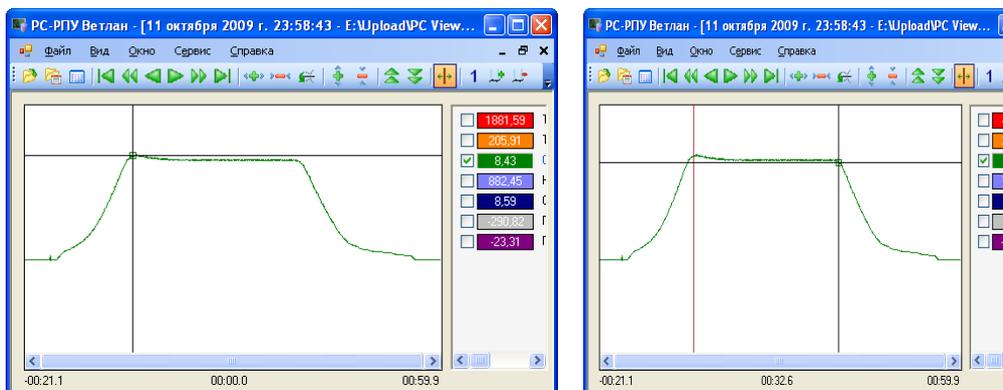


Рис. 3.66. Графики с исходным и измененным началом отсчета времени

Временные метки

Временные метки служат для измерения временных интервалов между точками графиков. Эта функция может быть удобна для определения времени разгона, машинного времени, времени замедления и дотяжки подъемной машины

Управление временными метками осуществляется кнопками панели инструментов (рис. 3.67).



Рис. 3.67. Кнопки управления временными метками

Кнопки управления временными метками:

а – уровень меток (первая, вторая и далее);

б – добавить метку, клавиша *Пробел*;

в – удалить ближайшую метку, клавиша *Delete*;

г – удалить все метки, клавиши *Shift + Delete*.

Для измерения временного интервала необходимо установить визир в положение начала необходимого отсчета времени (в характерную точку графика исследуемого параметра) и установить первую метку нажатием кнопки панели инструментов *Добавить метку*. В месте установки метки появится вертикальная линия голубого цвета. Затем следует добавить следующую метку в другой характерной точке или в конце предполагаемого

отрезка времени. В нижней части графического окна над временной шкалой появится строка, на которой выводятся значения продолжительности интервала времени между метками (рис. 3.68).

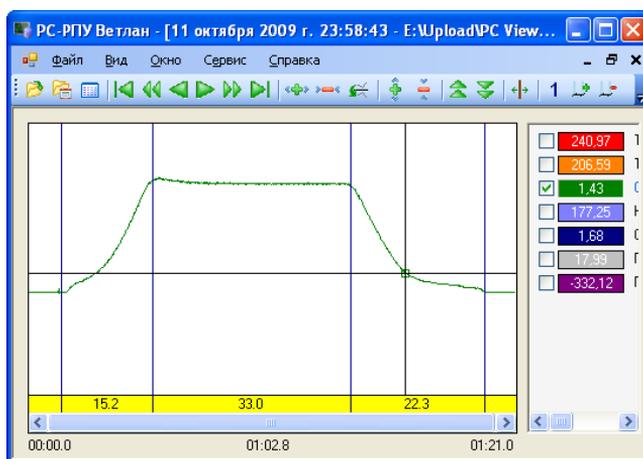


Рис. 3.68. Пример установки четырех временных меток

Для удаления временной метки следует установить визир рядом с ней и воспользоваться кнопкой меню *Удалить ближайшую метку*.

Удалить все установленные метки можно с помощью кнопки панели инструментов *Удалить все метки*.

Возможна установка двух уровней меток. Уровень меток устанавливается кнопкой панели инструментов *Уровень меток*.

Маркеры. Установка маркеров

Программа позволяет устанавливать два вида маркеров: подпись наименования параметра и значение параметра в точке (рис. 3.69).

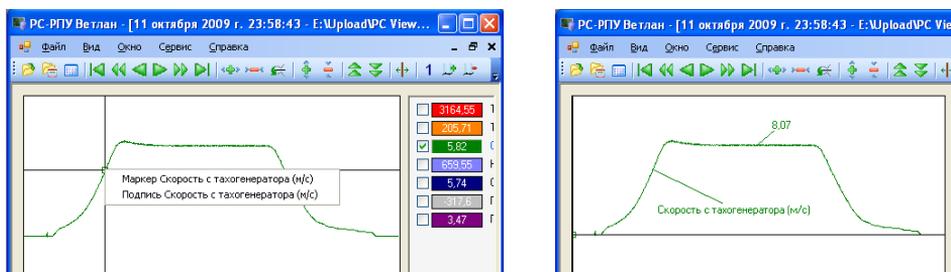


Рис. 3.69. Установка маркеров

Установка маркеров выполняется через контекстное меню. Необходимо установить визир в точку установки маркера. Точки пересечения визира и графиков параметров выделяются квадратами цвета, совпадающего

с цветом соответствующего графика. Контекстное меню можно вызвать в этих точках щелчком правой кнопки мыши. Контекстное меню содержит два пункта: *Маркер*, *Подпись*. Пункт меню *Маркер* позволяет установить значение параметра в этой точке. Пункт *Подпись* устанавливает наименование параметра, т.е. позволяет подписать график. После выбора одного из пунктов контекстного меню маркер с соответствующим значением привязывается к указателю мыши, фиксация положения маркера выполняется щелчком левой кнопки мыши.

Установленные маркеры можно удалить или изменить их положение выбором соответствующего пункта контекстного меню маркера.

Изменение положения маркера

Для изменения положения маркера нужно вызвать контекстное меню маркера щелчком правой кнопки мыши на установленном маркере и выбрать пункт меню *Переместить*. Маркер будет привязан к текущему курсору мыши. Установка нового положения маркера подтверждается щелчком левой кнопки мыши (рис. 3.70, а).

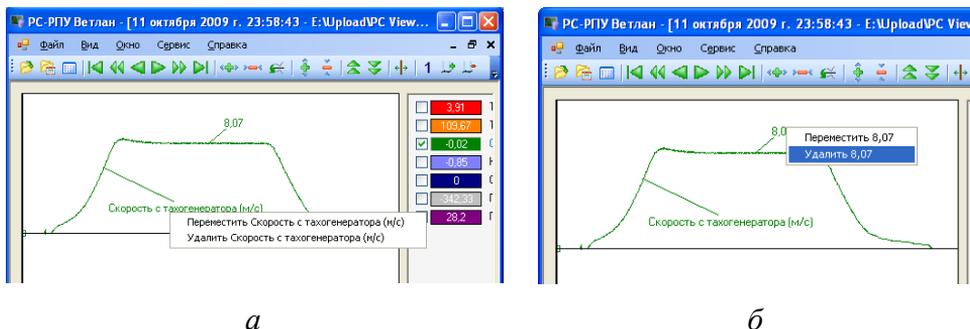


Рис. 3.70. Изменение положения и удаления маркера

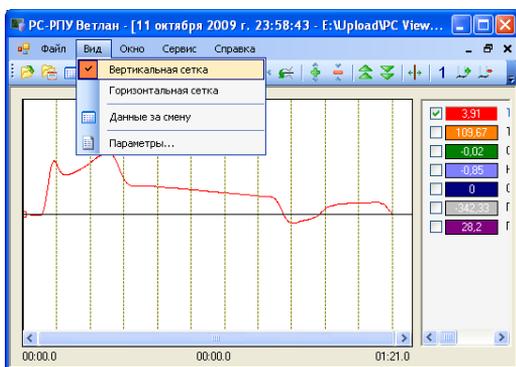
Удаление маркера

Удаление маркера осуществляется путем вызова контекстного меню установленного маркера (рис. 3.70, б) и выбора пункта меню *Удалить*.

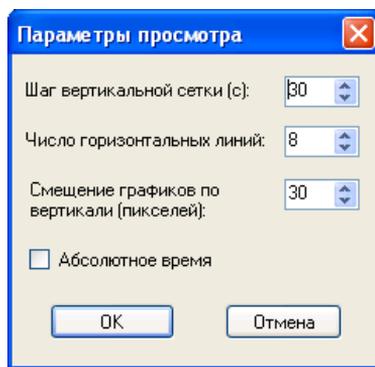
Координатная сетка

Отображение координатной сетки устанавливается через меню *Вид*. Пункты *Вертикальная сетка* и *Горизонтальная сетка* определяют, будет видна соответствующая координатная сетка или нет (рис. 3.71, а). Программное обеспечение позволяет включить обе или только одну координатную сетку.

Параметры координатных сеток устанавливаются в окне *Параметры просмотра*, доступном через меню *Вид, Параметры* (рис. 3.71, б).



а



б

Рис. 3.71. Установка и настройка координатной сетки

Для горизонтальной сетки устанавливается количество горизонтальных линий, видимых в окне графиков.

Количество линий вертикальной сетки определяется шагом в секундах.

Экспорт в Microsoft Word

Кнопка панели инструментов *Экспортировать в Word*  позволяет передать копию активного окна в текстовый процессор Microsoft Word. После нажатия кнопки *Экспортировать в Word* запускается программа Microsoft Word, создается новый документ и на страницу вставляется копия графической области активного окна как рисунок.

Пользователь самостоятельно сопровождает рисунок комментариями и выводами по параметрам работы подъемной установки.

Вычисление среднего, максимального и минимального значений на участке

Для проведения первичного анализа данных программа позволяет определить по каждому из параметров его среднюю величину, среднеквадратическое отклонение, максимальное, минимальное значения и временную координату, в которой эти значения достигаются. Для этого необходимо отметить участок для расчета временными метками первого уровня, установить вертикальный визир между ними и нажать кнопку  панели инструментов (рис. 3.72). Вычисленные данные по всем графическим сигналам будут переданы в виде таблицы в текстовый процессор Microsoft Word.

Построение производной функции

Для построения производной функции от графического сигнала необходимо воспользоваться пунктом *Производная* меню *Сервис*. В появившемся окне (рис. 3.73, а) выбрать график функции, производную которой

требуется построить, и базу вычислений, определяющую количество точек для нахождения значения производной в каждый момент времени. Для более зашумленного сигнала следует указывать большее значение, для более гладкого сигнала – меньшее. Также имеется возможность назначить имя новому графику, которое впоследствии можно изменить. При нажатии кнопки *OK* в списке параметров и в графическом окне появится новый сигнал (рис 3.73, б).

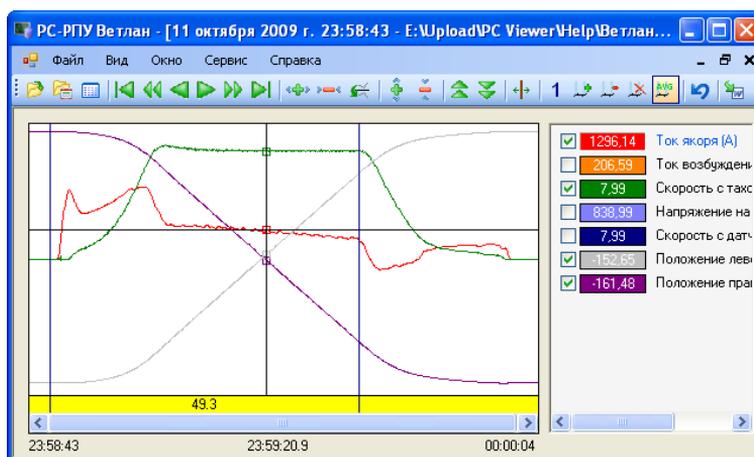
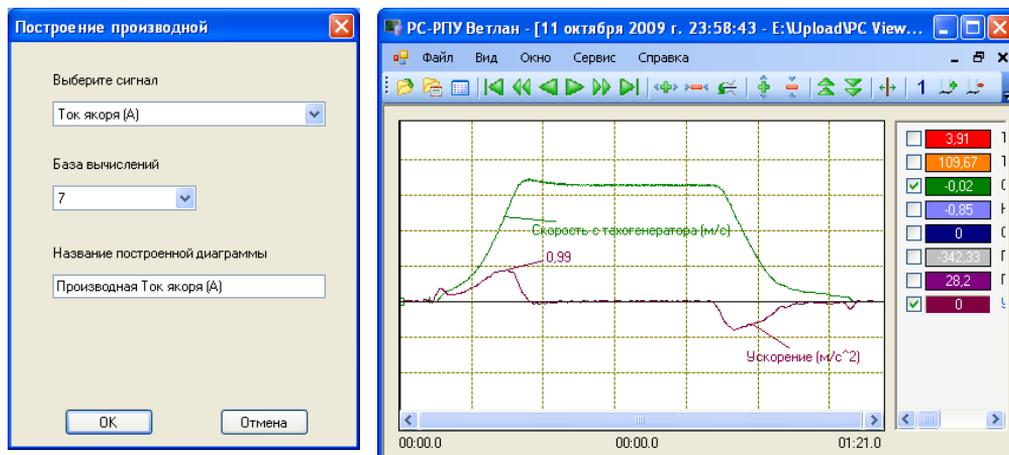


Рис. 3.72. Вычисление среднего, минимально и максимального значений сигналов на участке



а

б

Рис. 3.73. Окно задания параметров для построения производной (*а*) и результат построения производной от скорости – ускорение подъемного сосуда (*б*)

Совмещение графиков

Для анализа изменений в работе машины и сравнения циклов между собой в программе предусмотрена функция совмещения графиков.

Чтобы совместить два различных интервала времени, необходимо сначала открыть данные по каждому интервалу в своем окне. Это осуществляется через меню *Файл, Просмотр данных* или кнопкой на инструментальной панели. Нужно выбрать (сделать активным) основное окно, в которое будут добавлены графики из другого окна. После этого в меню *Сервис* выбрать пункт *Совместить*.

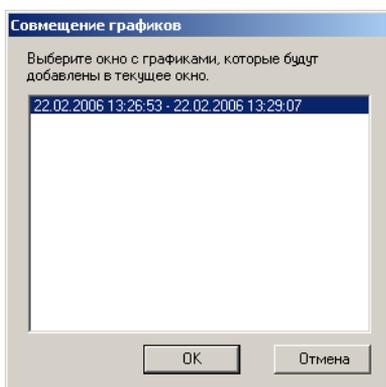


Рис. 3.74. Окно выбора графиков для совмещения

Программа предложит выбрать окно с графиками (рис. 3.74), с которыми требуется произвести совмещение. После совмещения в рабочей области вместо активного и выбранного окон появится одно окно следующего вида (рис. 3.75).

Окно содержит два набора графиков и соответственно две шкалы времени. Второй набор графиков чертится штриховой линией в рабочей области и имеет возможность смещения по оси времени для синхронизации процессов, характеризующихся графическими сигналами.

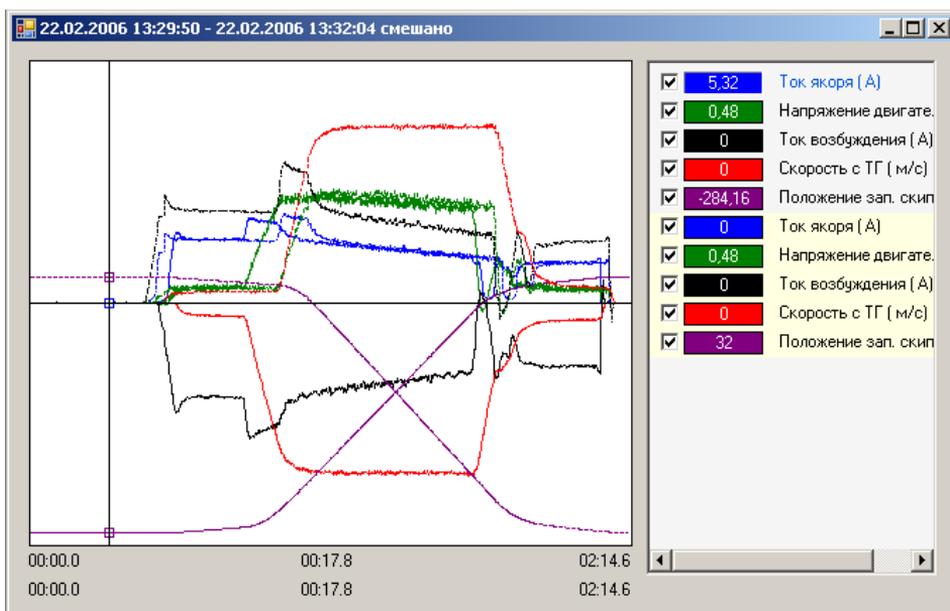


Рис. 3.75. Изображение совмещенных графиков

Для смещения графиков на 0,1 с необходимо нажать клавиши *Alt + Стрелка влево* (*Alt + Стрелка вправо*). Нажатие клавиш *Shift + Стрелка влево* (*Shift + Стрелка вправо*) смещает второй набор графиков на 2 с.

Просмотр данных за смену

Окно просмотра данных за смену похоже на окно просмотра архива смен, работа с которым описана ранее. Для вызова окна просмотра данных за смену воспользуйтесь кнопкой инструментальной панели или строкой меню (рис. 3.76).

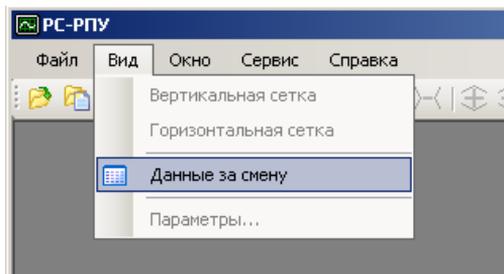


Рис. 3.76. Окно выбора для просмотра данных за смену

Если в момент открытия в рабочей области нет графических данных, то данные за смену будут получены с того сервера, с которым было произведено последнее удачное соединение. Если в рабочей области находится несколько окон с графическими данными из архива, данные за смену будут загружены только для сервера активного окна.

Вид окна данных за смену приведен на рис. 3.77.

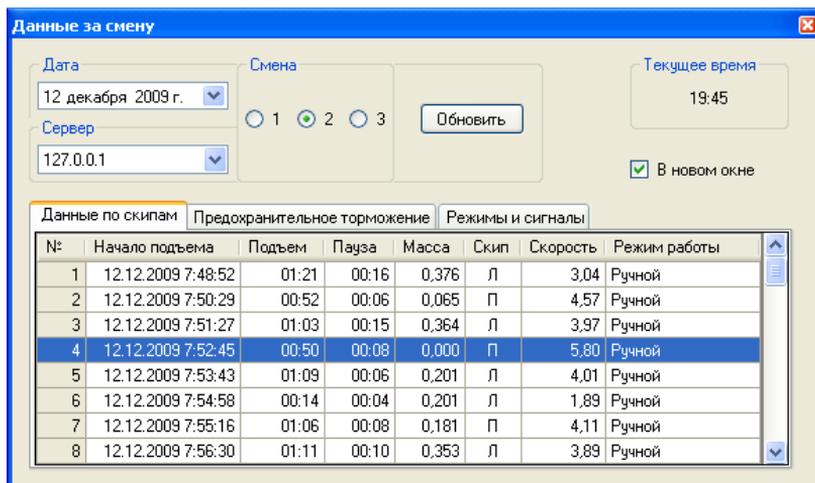


Рис. 3.77. Окно данных за смену

После вывода на экран окна данных за смену вам необходимо выбрать дату и номер смены, после чего щелкнуть мышкой на кнопке *Обновить*. Список внизу заполнится информацией. Для вывода на экран графиков можно дважды щелкнуть мышкой на интересующей строке списка вкладки *Данные по сменам*.

Описание работы с элементами *Дата* и *Смена*, а также со значениями вкладок и полей в списках приведено в разделе 3.8.

Сохранение рабочего окна в виде графического файла

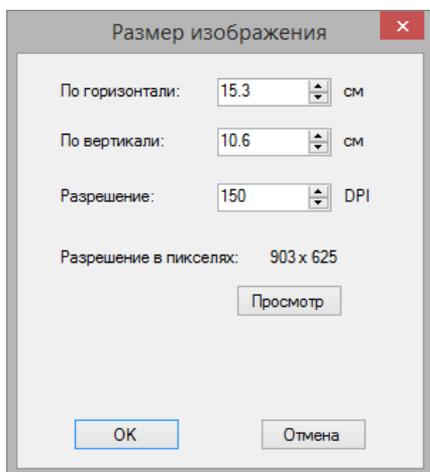


Рис. 3.78. Задание размера и разрешения изображения

Текущий вид активного рабочего окна со всеми представленными в нем данными можно сохранить в графическом виде для дальнейшего использования.

Для этого необходимо воспользоваться командой *Сохранить изображение* меню *Файл*, откроется окно задания размера и разрешения изображения (рис. 3.78). Размер изображения задается в сантиметрах для удобной вставки в текстовый редактор, а разрешение задается в количестве точек на дюйм (dpi).

3.10. Особенности просмотра графической информации из архива РПУ-03.3

Расшифровка записей регистраторов параметров РПУ-03.3 и составление документов о режиме работы шахтной подъемной установки, действиях обслуживающего персонала осуществляются на персональном компьютере с помощью специальной программы ПК РПУ-03.3. Программа ПК РПУ-03.3 поставляется вместе с регистратором параметров и устанавливается на отдельный персональный компьютер. Программа имеет функции, аналогичные программе просмотра архивов РПУ-03.5, однако имеются некоторые отличия, касающиеся способа открытия записанных данных.

Перенос данных из рабочей станции на компьютер ШПУ

Для удобной расшифровки записей программа ПК РПУ-03.3 работает на отдельном персональном компьютере, а не на панельном компьютере

регистратора. Для переноса информации с панельного компьютера есть два способа: по локальной сети Ethernet или с помощью USB флэш-диска.

Перенос данных по локальной сети Ethernet

Перенос данных по Ethernet возможен в случае подключения рабочей станции в локальную сеть предприятия. В процессе наладки в программу ПК РПУ-03.3 вводится список подъемных машин, оснащенных РПУ-03.3, и соответствующие IP-адреса рабочих станций.

Для переноса замера необходимо воспользоваться командой *Открыть* меню *Файл* или кнопкой  на панели инструментов.

В открывшемся диалоговом окне (рис. 3.79) следует выбрать *Имя папки*, соответствующее названию ШПУ, и в разделе *Способ поиска* выбрать пункт *На устройстве*. В окне необходимо указать дату и период загружаемой записи данных, задаваемый часах. После успешной загрузки данные за каждый час открываются в отдельном окне.

Перенос данных через USB флэш-диск

Инструкции по переносу архивов замеров на USB флэш-диск приведены в разделе 3.4. Для просмотра архивов в программе ПК РПУ необходимо переписать папку с названием подъемной машины с USB флэш-диска в папку Data, размещенную в рабочем каталоге программы, например, C:\Program Files\PCRpu\Data. Переписываемая папка должна содержать файлы замеров с расширением .dat

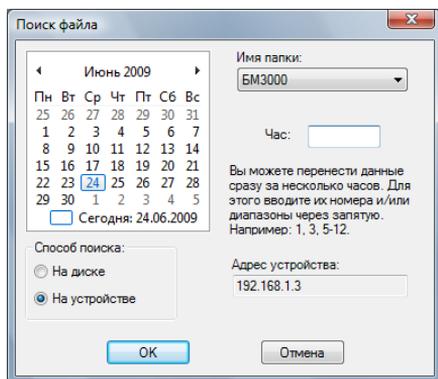


Рис. 3.79. Окно открытия замера

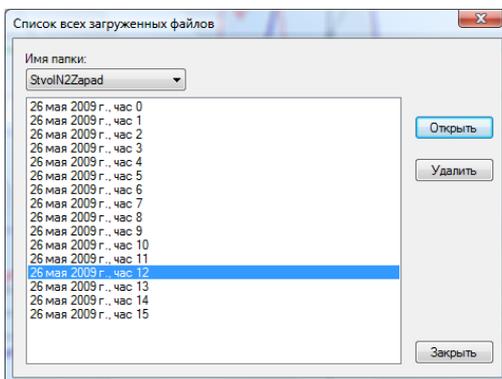


Рис. 3.80. Окно просмотра загруженных замеров

Открытие ранее записанного замера

Для открытия ранее записанного замера необходимо воспользоваться командой *Открыть* меню *Файл* или кнопкой  на панели инструментов.

В открывшемся диалоговом окне (рис. 3.79) в разделе *Способ поиска* необходимо выбрать пункт *На диске*.

Просмотр списка всех загруженных замеров осуществляется через меню *Файл, Список всех файлов* (рис. 3.80). Программа позволяет открывать файлы замеров, полученные с разных подъемных машин. Файлы замеров размещаются в различных папках, именуемых обычно в соответствии с названием подъемной машины.

Структура окна программы

Основное окно программы представлено на рис. 3.81.

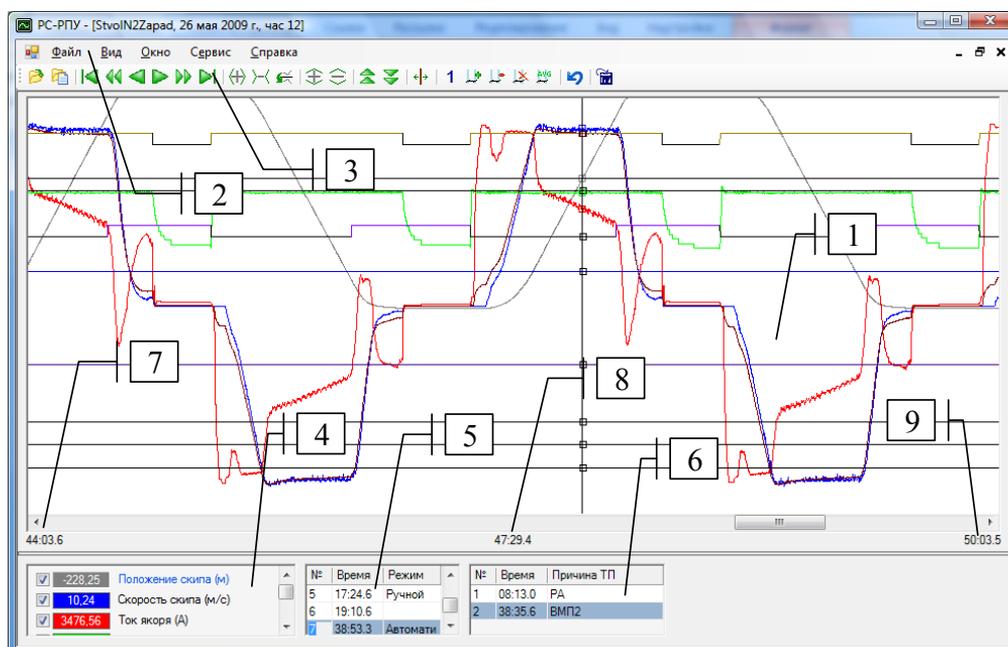


Рис. 3.81. Основное окно программы

В основном окне выведена следующая информация:

- 1 – поле для вывода графиков из загруженного замера;
- 2 – панель главного меню программы;
- 3 – панель инструментов для работы с графиками;
- 4 – окно для вывода значений сигналов, соответствующих текущему положению визира в рабочем окне;
- 5 – окно для вывода всех переключений режимов работы подъемной установки во время просматриваемого часа;
- 6 – окно для вывода времени и причин всех срабатываний ТП во время просматриваемого часа;

7 – время первой выводимой на экран точки замера (или временной интервал от установленной метки);

8 – временной интервал от начала замера (или от установленной метки) до точки, соответствующей текущему положению визира;

9 – время последней выводимой на экран точки замера.

Выбор выводимых графиков в рабочем окне, их масштабирование, перемещение по ним визира, установка маркеров, точки отсчета, меток для измерения промежутков времени, вывод сетки происходят аналогично программе просмотра архивов РПУ-03.5, работа с которой описана в разделе 3.9.

Основные отличия заключаются в наличии окон 5 и 6, показывающих общий список переключений режимов работы и срабатываний предохранительного тормоза за просматриваемый час. Эти окна синхронизируются с положением визира в рабочей области. В окнах подсвечивается строка, показывающая режим работы, в котором находилась ШПУ, и причину срабатывания последнего предохранительного тормоза на момент, определяемый вертикальным визиром.

Просмотр статистической информации о работе подъемной машины

При переписывании данных более чем за целые сутки с РПУ-03.3 на персональный компьютер можно оценить работу подъемной машины в целом: просмотреть количество срабатываний предохранительного тормоза и число перегонов подъемного сосуда.

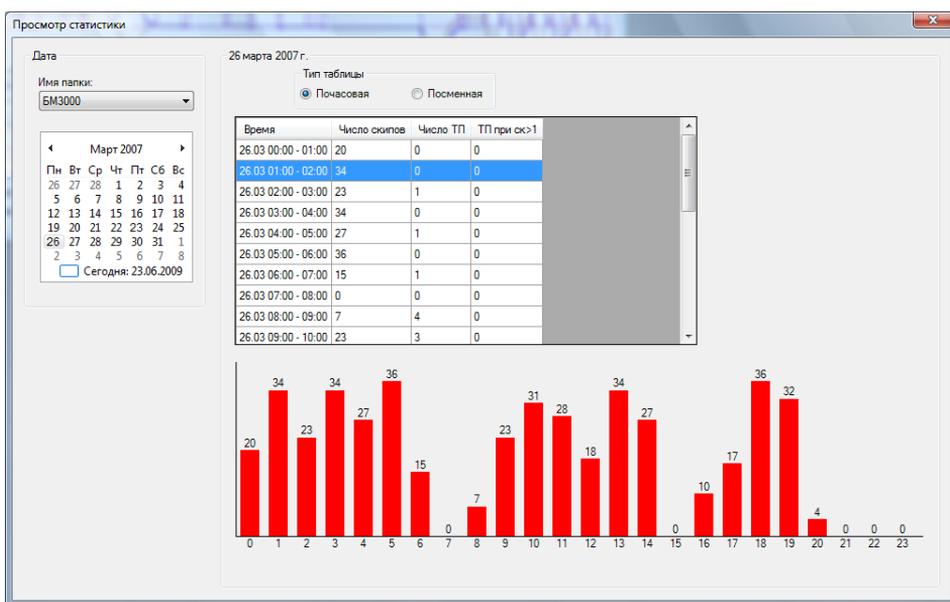


Рис. 3.82. Окно просмотра статистической информации о работе подъемной машины

Для вывода окна просмотра статистической информации необходимо воспользоваться командой *Статистика* меню *Сервис* (рис. 3.82). В левой части открывшегося окна следует выбрать имя папки, соответствующей имени машины, а также в календаре указать дату, за которую были переписаны файлы данных с панельного компьютера. В случае выбора даты с переписанными файлами данных правая часть окна обновится: выбранная дата появится сверху, а таблица заполнится соответствующими статистическими данными. На некоторых машинах может быть реализован подсчет числа поднятых скипов. В этом случае ниже таблицы выводится гистограмма, каждый столбец которой содержит количество поднятых скипов за час.

Переключатель сверху таблицы позволяет выбирать способ вывода данных в таблице – почасовой или посменный. При посменном выводе почасовые данные объединяются, и столбец *Время* содержит дату/время окончания смены. Столбец *ТП при ск>1* отображает количество сработавших предохранительных торможений при скорости движения подъемных сосудов больше 1 м/с. Столбец *Число ТП* содержит общее количество наложений предохранительного тормоза.

4. РАСШИФРОВКА ЗАПИСЕЙ РПУ-03.X

4.1. Расшифровка и анализ записей РПУ-03.3

Необходимость расшифровки и анализа записей регистраторов параметров шахтных подъемных установок, как правило, связана с проведением технической экспертизы после производственного инцидента или аварии. Опыт расшифровки записей при анализе произошедших инцидентов показывает, что необходимо иметь записи в течение 24 часов до исследуемого явления (произошедшего инцидента, требующего экспертизы аварии). Информация за сутки до начала интересующего эксперта периода позволяет оценить все происходившие на подъемной установке события: произведенные осмотры подъемных сосудов, канатов, армировки ствола; определить состояние защит при ежесуточной проверке и передаче смены; установить выполнение всех предусмотренных регламентом действий машиниста подъема, рабочих по осмотру ствола, электрослесарей.

Специалистов горнодобывающего предприятия интересуют текущие параметры работы шахтных подъемных установок, причины сбоев в работе шахтного подъема, действия обслуживающего персонала.

Перенос данных для расшифровки с рабочей станции РПУ-03.3 осуществляется в соответствии с разделами 3.4 и 3.10. Пример окна после открытия файла записей данных с 8:00:00 3 июля 2007 г. на скиповой подъемной установке (подъемная машина 2БМ-3000) приведен на рис. 4.1.

В поле для вывода графиков выведены графики всех аналоговых и дискретных сигналов. Графики дискретных сигналов показаны горизонтальными линиями с отображением срабатывания в виде ступеней. Для наглядности некоторые дискретные сигналы объединены в группы, их срабатывания отображаются ступенями разной направленности (вверх или вниз) относительно одной горизонтальной линии. Так, к примеру, сигналы о направлении движения подъемной машины вверх и вниз отображаются ступенями относительно одной линии.

Ниже области вывода графиков – три окна. В первом окне приведен список всех аналоговых сигналов с указанием цвета графика и его текущего значения. На примере выведены значения графиков положения и скорости движения скипа, токов статора и ротора, соответствующих установке визиера (в 8 ч 32 мин 36,7 с). Во втором окне выведена информация о переключениях режимов работ подъемной установки за выбранный час. В нашем примере в окне выведен режим работы подъемной установки –

«груз». В третьем окне выводятся время и причины наложения тормоза предохранительного в течение выбранного часа. В примере зарегистрированы четыре срабатывания предохранительного тормоза. Причинами разрыва цепи последних двух послужило нажатие кнопки ТП на пульте машиниста. Для экономии места каждое окно имеет полосу прокрутки.

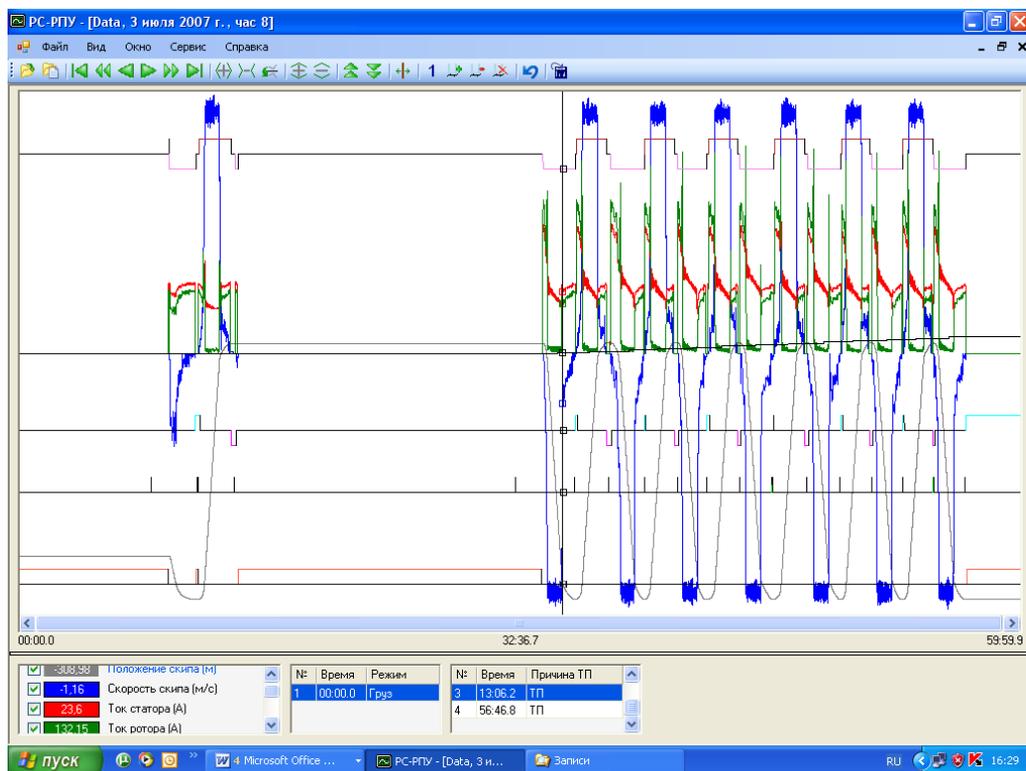


Рис. 4.1. Окно программы после открытия файла замера

При необходимости создания отчета по выведенной информации необходимо нажать кнопку панели инструментов . Вид полученного отчета приведен на рис. 4.2.

Для изучения параметров работы установки за один цикл подъема необходимо растянуть график по временной оси, воспользовавшись кнопкой *Растянуть по X* (см. раздел 3.9), установив визир на интересующем эксперта цикле. В рассмотренном случае выбраны первый цикл движения машины – перегон порожних сосудов и предшествующая перегону установка скипов на отметки разгрузки-загрузки (рис. 4.3). На рис. 4.3 верхняя линия – график дискретного сигнала о направлении движения подъемной машины, вторая горизонтальная линия дискретных сигналов (ниже нулевой линии графиков аналоговых сигналов) – график работы датчиков при-

хода скипов в положение разгрузки, третья горизонтальная линия – сигнал, разрешающий начало движения, четвертая – срабатывание предохранительного тормоза.

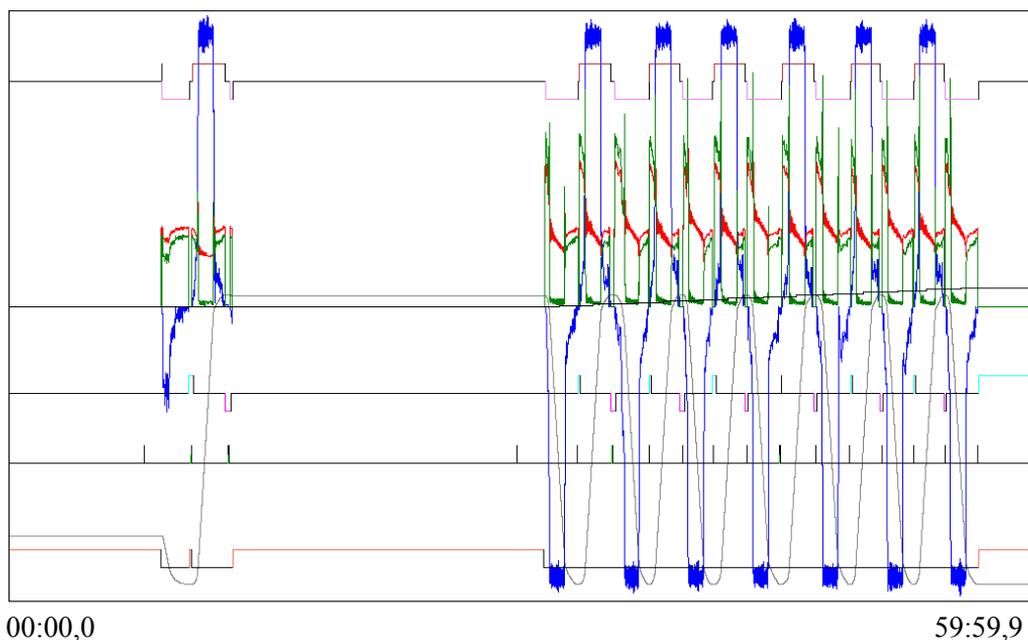


Рис. 4.2. Отчет по замеру 3 июля 2007 г. Время 8 часов

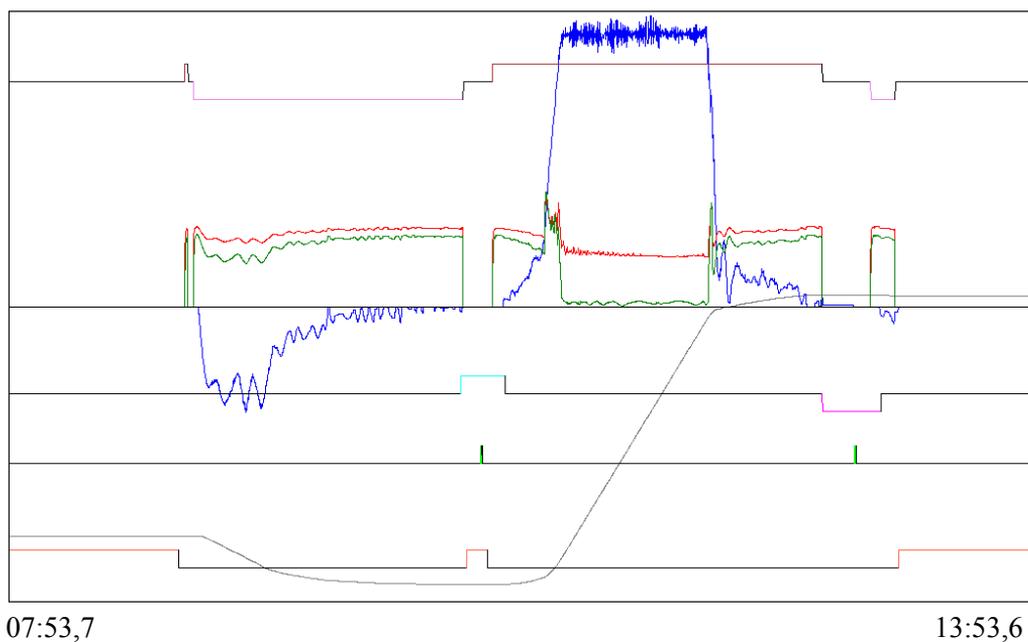


Рис. 4.3. Установка скипа под загрузку, перегон порожних сосудов

На рис. 4.4 выведены графики одного цикла подъема грузеного скипа. Для удобства определения основных параметров работы подъемной установки выведены вертикальная и горизонтальная сетки. Шаг вертикальной сетки – 10 с. Установлены также вертикальные метки, выделяющие основные периоды диаграммы скорости: выход скипа из разгрузочных кривых, разгон и замедление подъемной установки, движение на максимальной скорости и «дотяжка».

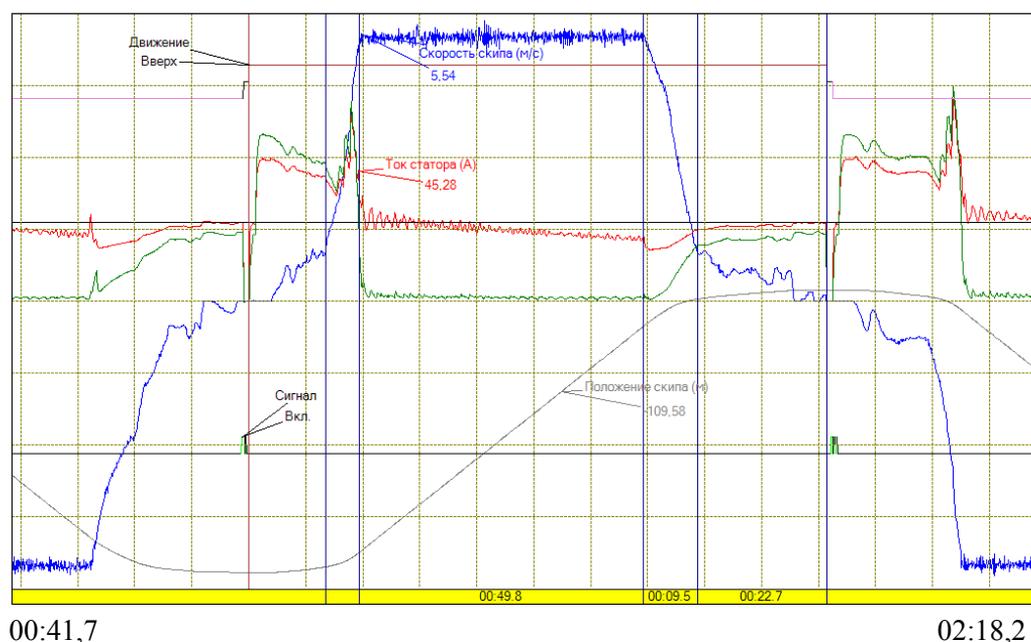


Рис. 4.4. Отчет. Цикл подъема грузеного скипа

Обработка информации приведенного на рис. 4.4 цикла позволяет определить основные кинематические параметры: продолжительность основных периодов; скорости движения скипов в эти периоды; ускорение и замедление системы.

Продолжительность основных периодов диаграммы движения: выход из кривых – 8,5 с; разгон системы – 6 с; движение с максимальной скоростью – 49,8 с; замедление системы – 9,5 с, период «дотяжки» – 22,7 с. Продолжительность отключения двигателя в период паузы (в этот период токи статора и ротора равны нулю) составляет 2,5 с. В период паузы на разгрузку и загрузку подъемных сосудов подъемная машина остается неподвижной (скорость равна нулю) в течение 8 с.

По результатам обработки диаграммы скорости получены следующие показатели работы подъемной установки: скорость выхода скипа из кри-

вых – 0,76 м/с, скорость входа в кривые – 0,7 м/с. Ускорение системы – 0,75 м/с², замедление – 1,06 м/с².

Анализ кинематических параметров работы подъемной установки показывает, что при необходимости увеличить ее производительность необходимо обратить внимание на продолжительность движения скипов при подходе к разгрузочным кривым. Сокращение этих периодов позволит увеличить интенсивность работы подъемной установки.

Приведенный пример расшифровки и анализа одного цикла работы подъемной установки свидетельствует о возможностях регистраторов параметров по регистрации и документированию всех процессов, происходящих на шахтном подъеме.

4.2. Предварительный анализ записей РПУ-03.5

После оснащения шахтных подъемных установок регистраторами параметров (системами компьютерного мониторинга) обслуживающий персонал, специалисты горнодобывающих предприятий получили возможность постоянного контроля основных параметров работы подъемной установки. Сравнительный анализ данных за прошедшие сутки либо за любой период работы подъема позволяет оперативно выявить отклонения в работе подъемной установки. Накопленный опыт работы с архивными записями рекомендует начинать анализ той или иной ситуации с изучения работы подъемной установки со времени предшествующего изучаемому периоду. В этом случае, сравнивая графики изменения интересующих специалиста параметров в различные периоды работы установки, можно сделать первые выводы о характере и количественных величинах отклонений.

При нормальной работе подъемной установки специалистов горнодобывающего предприятия интересуют параметры, определяющие производительность установок, действия обслуживающего персонала в периоды технического обслуживания и при сдаче – приемке смены.

При выявлении причин возникновения производственного инцидента или аварии и оценке действий эксперту интересны все записи, сделанные в течение 24 часов до исследуемого явления. Эта информация позволяет оценить все происходившие на шахтной подъемной установке события: произведенные осмотры подъемных сосудов, канатов, армировки ствола; состояние защит при ежесуточной проверке и передаче смены.

В качестве примера можно привести расшифровку записей регистратора параметров РПУ-03.5 клетевой подъемной установки одного из рудников. В приложении 1 дано описание работы подъемной установки при проверке защит за сутки до произошедшего инцидента. Это позволило показать ошибочность действий машиниста подъема.

Анализ работы скиповых шахтных подъемных установок начинают, как правило, с изучения почасовой работы. В качестве примера на рис. 4.5 приведен вид экрана программы просмотра файлов PCrpu Vetlan после загрузки файла. На правой половине окна показано описание выводимых на экран графиков аналоговых и логических сигналов. Логические сигналы выводятся в виде прямых линий, уровень которых ступенчато меняется при переключении.

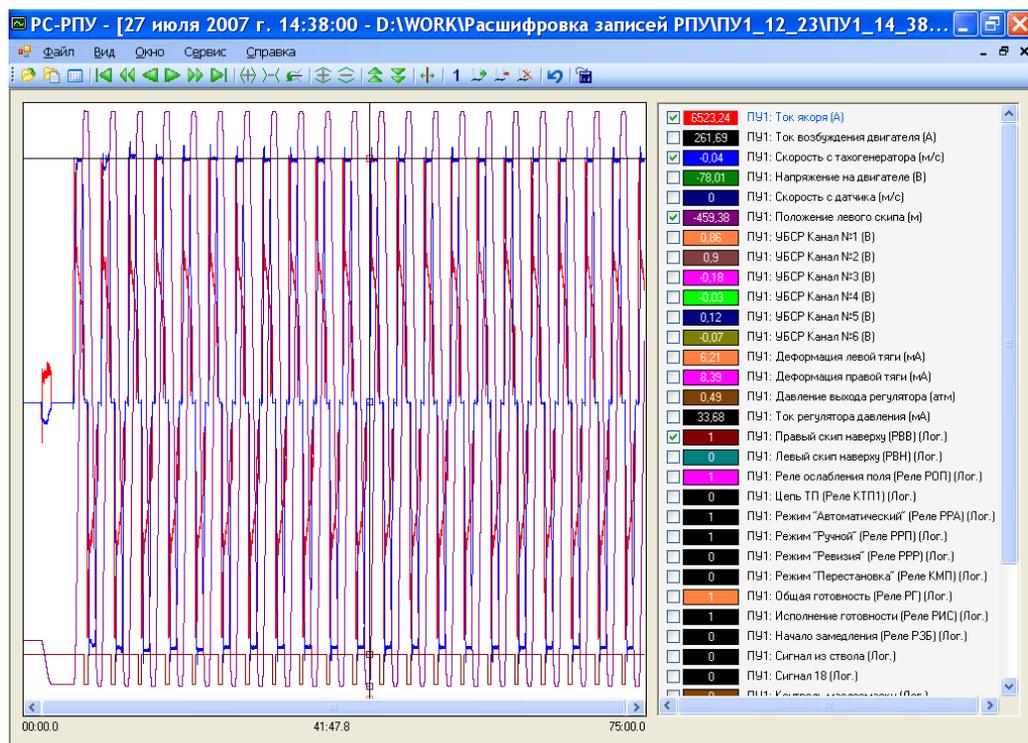


Рис. 4.5. Экран программы просмотра после загрузки файла

В левой части экрана выведены графики тока якоря, скорости и перемещения (положения в момент измерения) левого скипа. Видно, что в рассматриваемый период подъемная установка работает ритмично.

При необходимости изучения одного цикла работы установки необходимо установить курсор на интересующий эксперта цикл и растянуть графики во времени. На рис. 4.6 приведен график одного цикла работы скиповой подъемной установки. Для удобства восприятия информации выведены горизонтальная и вертикальная сетки. С помощью специальных меток на графике выделены основные периоды диаграммы скорости и определены их продолжительности. На рис. 4.6 график напряжения на подъемном двигателе имеет обратную полярность. Для удобства анализа информации

можно инвертировать любой график. При составлении отчета необходимо привести обозначения всех графиков и значения некоторых параметров. Дополнительно обработанный отчет приведен на рис. 4.7.

27 июля 2007 г. 14:38:00. Шаг сетки – 10 с

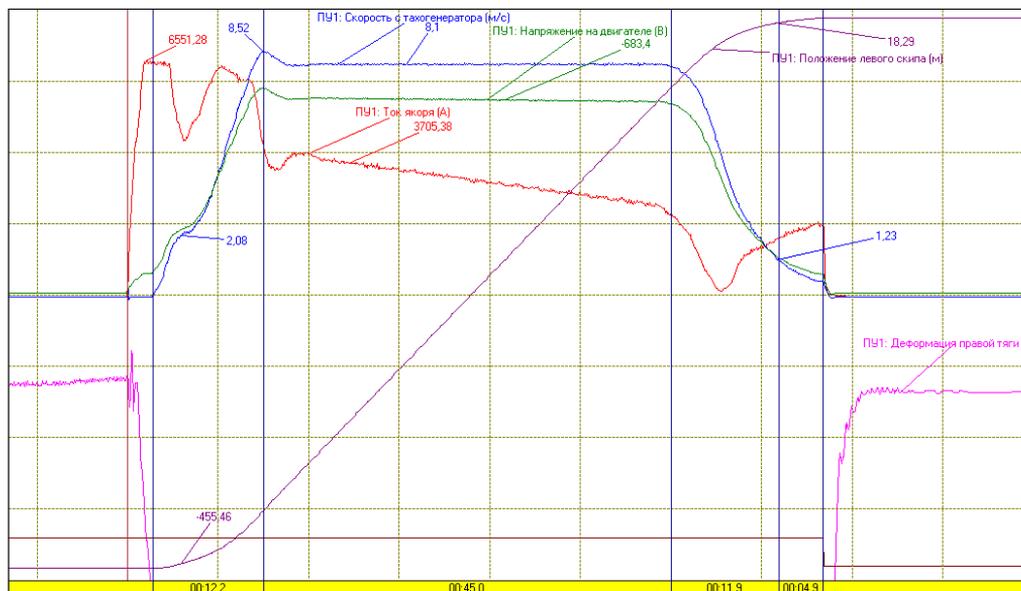


00:13,1

01:39,3

Рис. 4.6. График одного цикла работы скиповой подъемной установки

27 июля 2007 г. 14:38:00. Шаг сетки – 10 с



-00:13,1

01:39,3

Рис. 4.7. Дополнительно обработанный отчет по замеру

По рисунку можно определить основные параметры работы подъемной установки, оценить качество наладки системы автоматического управления приводом, наметить возможные пути увеличения производительности шахтного подъема.

Определение технологических параметров работы шахтных подъемных установок при расшифровке записей не представляет большой сложности. Поэтому в дальнейшем будут рассмотрены возможные приемы определения последовательности возникновения аварийных ситуаций, оценки действий машиниста шахтной подъемной установки, выявления неисправностей, вызвавших тот или иной производственный инцидент.

При расшифровке записей регистраторов параметров необходимо учитывать особенности устройства и принципа действия подъемной установки в целом и основных ее элементов. Закономерности движения подъемных сосудов во многом определяются механическими характеристиками электропривода установки.

4.3. Расшифровка записей работы шахтных подъемных установок с приводом постоянного тока

На горнодобывающих предприятиях России большинство скиповых подъемных установок, имеющих большую мощность и интенсивный режим работы, оборудовано электроприводом постоянного тока. Электропривод постоянного тока имеет удобную для регулирования механическую характеристику (см. подразд. 1.4).

На рис. 4.8 приведены графики изменения основных параметров двухскиповой одноканатной шахтной подъемной установки с приводом по системе ТП–Д при перегоне подъемных сосудов, позволяющие оценить работу привода.

В исходном состоянии левый подъемный сосуд находится в нижней части ствола на отметке загрузки, а второй – наверху на отметке разгрузки. Статический момент на валу подъемной машины и подъемного двигателя определяется разностью натяжений канатов и при пустых скипах зависит только от разности длин правого и левого подъемных канатов. Машина удерживается от движения тормозной системой.

В начале подъема при заторможенной машине подается задание на подъем левого скипа («вперед»). При этом ток возбуждения подъемного двигателя форсированно возрастает до номинального значения, а ток якоря двигателя увеличивается до максимального значения, зависящего от положения рукоятки задания. Соответственно нарастает крутящий момент подъемного двигателя, пропорциональный произведению этих токов. На-

правление крутящего момента определяется направлением протекания тока якоря (его знаком). В данном случае ток имеет положительный знак. Через 4,3 с после подачи задания машина растормаживается (на рис. 4.8 выведен график деформации левой тяги, по которой можно судить о работе тормозов), и начинается вращение барабана и движение скипов. Скорость плавно возрастает.

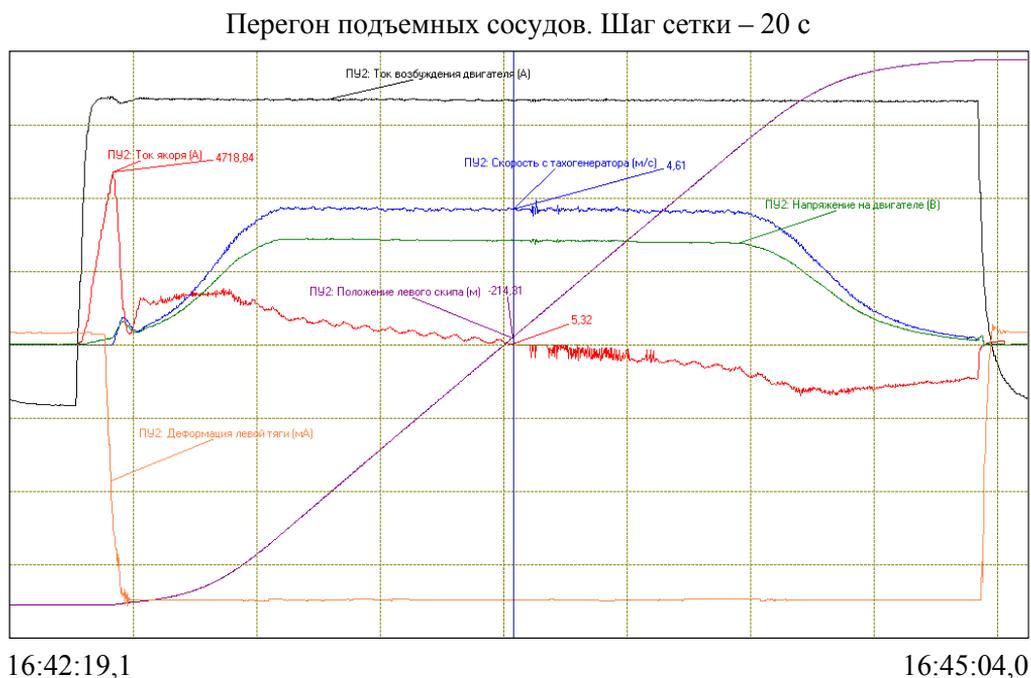


Рис. 4.8. Графики изменения основных параметров при перегоне сосудов

Большой ток якоря в начальный момент вызван необходимостью гарантированно преодолеть статический момент при растормаживании машины и не допустить движения в обратную сторону.

После растормаживания машины и начала движения задание было уменьшено и движение происходило с небольшим ускорением. Равномерное движение сосудов осуществлялось со средней скоростью 4,6 м/с. На рис. 4.8 видно, как ток в якорной цепи двигателя постепенно уменьшается до нуля, меняет знак и возрастает пропорционально статическому моменту на валу подъемной машины. При перегоне порожних сосудов натяжения правого и левого подъемных канатов в середине ствола одинаковы и статический момент на валу машины равен нулю. Небольшой участок, на котором вес канатов и подъемных сосудов уравновешен, называют точкой перевеса.

При движении скипов в зоне точки перевеса наблюдаются небольшие пульсации тока якоря, вызванные особенностью работы привода при малых значениях тока якоря (зона прерывистых токов, см. рис. 4.8).

После прохождения сосудами точки перевеса статический момент со стороны барабанов и момент, развиваемый двигателем, меняют знаки. Таким образом, в первую половину перегона сосудов подъемный двигатель работает в двигательном режиме, во вторую – в генераторном. Генераторный режим определяется тем, что скорость движения и ток якоря имеют разные знаки.

Отчет по замеру. Спуск клетки. Шаг сетки – 25 с.

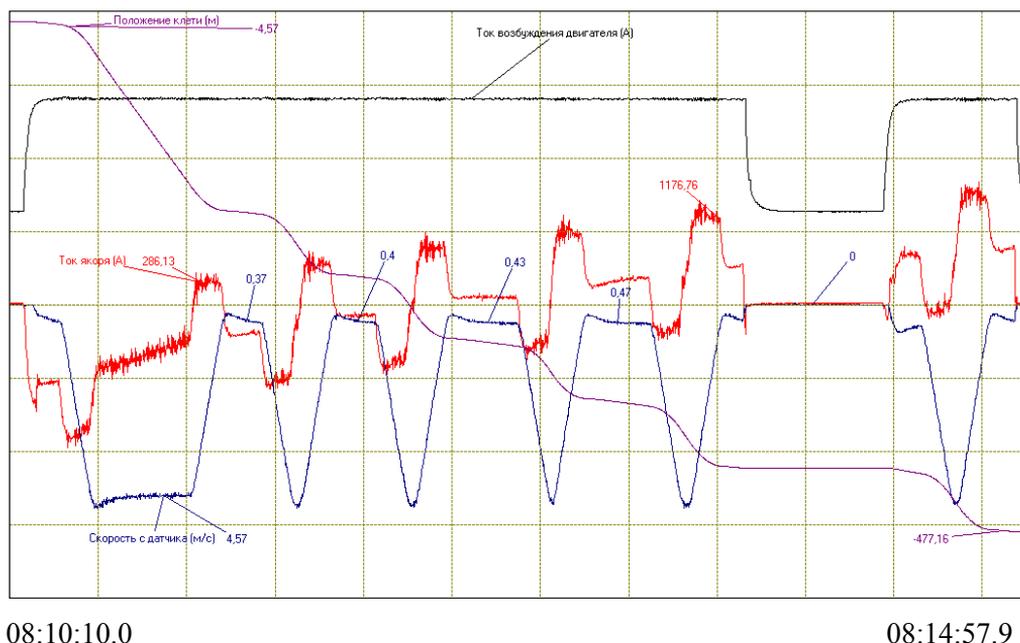


Рис. 4.9. Изменение тока двигателя при спуске клетки однососудной установки с противовесом.

Переход подъемного двигателя из двигательного режима в генераторный и обратно хорошо виден на примере работы клетевой подъемной установки на рис. 4.9. Скорость подхода клетки к приемным площадкам промежуточных горизонтов не должна превышать 1 м/с, поэтому диаграмма скорости имеет пилообразную форму. Подъемный двигатель работает в генераторном режиме при замедлении системы. На последнем (нижнем) участке движения суммарный вес груженой клетки и каната превышает вес противовеса, поэтому двигатель работает в генераторном режиме и при равномерном движении.

Примеры расшифровки записей скиповых подъемных установок с приводом постоянного тока приведены в приложениях 2 и 4.

4.4. Расшифровка записей работы шахтных подъемных установок с приводом переменного тока

Особенностью записей работы привода переменного тока с регулированием скорости с помощью роторных сопротивлений является то, что ток статора не меняет полярности. Направление движения сосудов определяется по показаниям датчика положения сосудов и тахогенератора. На рис. 4.10 приведен рабочий цикл скиповой подъемной установки с противовесом.

Рабочий цикл скиповой подъемной установки с противовесом.
Шаг сетки – 30 с

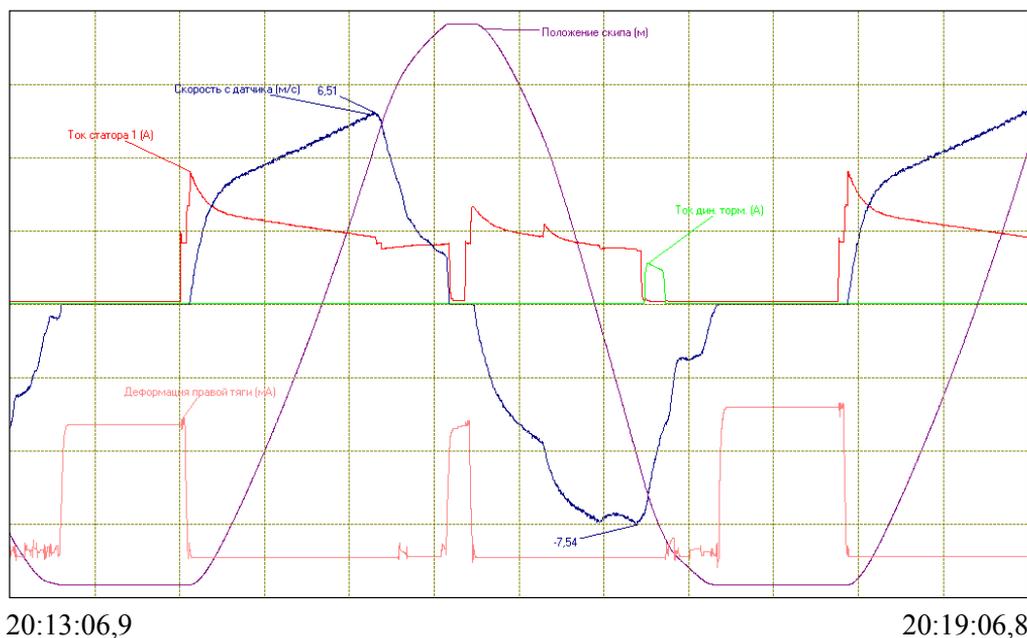


Рис. 4.10. Изменение параметров однососудной подъемной установки

Из графиков видно, что скорость скипа на участке движения с постоянной скоростью очень сильно зависит от статической нагрузки на обode барабана подъемной машины. Это связано с тем, что машинист не шунтирует все роторные сопротивления, тем самым ограничивая максимальную скорость подъема (этот способ регулирования скорости описан в подразд. 1.4). При достижении максимальной для этого цикла скорости 6,5 м/с машинист ввел дополнительно две ступени роторных сопротивлений, что привело к замедлению системы.

При спуске порожнего скипа (подъеме противовеса) машинист так же ограничивает скорость движения неполным выведением роторных сопротивлений. При походе скипа под загрузку он включает динамическое торможение.

Для ограничения скорости подхода скипа под разгрузку и под загрузку машинист применяет механическое торможение.

Сочетание динамического торможения с механическим во многом зависит от квалификации и предпочтений машиниста подъемной машины. На рис. 4.11 приведен цикл спуска груза в клетке с противовесом. Видно, что машинист поддерживает скорость подъемной установки отключением двигателя в середине ствола и динамическим торможением при подходе скипа к горизонту. Механический тормоз включается только при стопорении машины. Необходимо отметить, что график тормозного усилия (деформации тормозной тяги) на рис. 4.11 не инвертирован. Для удобства восприятия необходимо было его «перевернуть».

Спуск груза в клетке с противовесом. Шаг сетки – 25 с

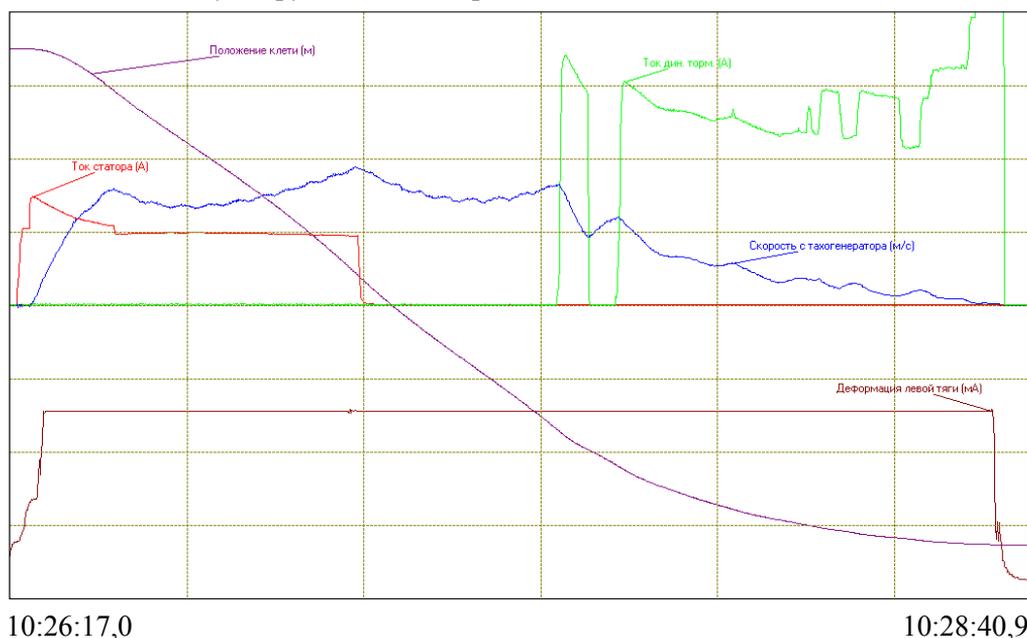


Рис. 4.11. Динамическое торможение при спуске груза в клетке

На рис. 4.12 показаны графики изменения основных параметров подъемной установки при подъеме груженого скипа. Особый интерес представляет график тока ротора. Как известно [1, 125], ток ротора пропорционален величине момента на валу подъемного двигателя, поэтому при создании

системы взвешивания поднимаемого груза необходимо измерять ток ротора. Некоторую сложность здесь представляет измерение тока ротора при работе двигателя на естественной характеристике, когда частота тока имеет значение (1 – 2) Гц.

Рабочий цикл двухскиповой двухдвигательной подъемной установки.

Шаг сетки – 10 с

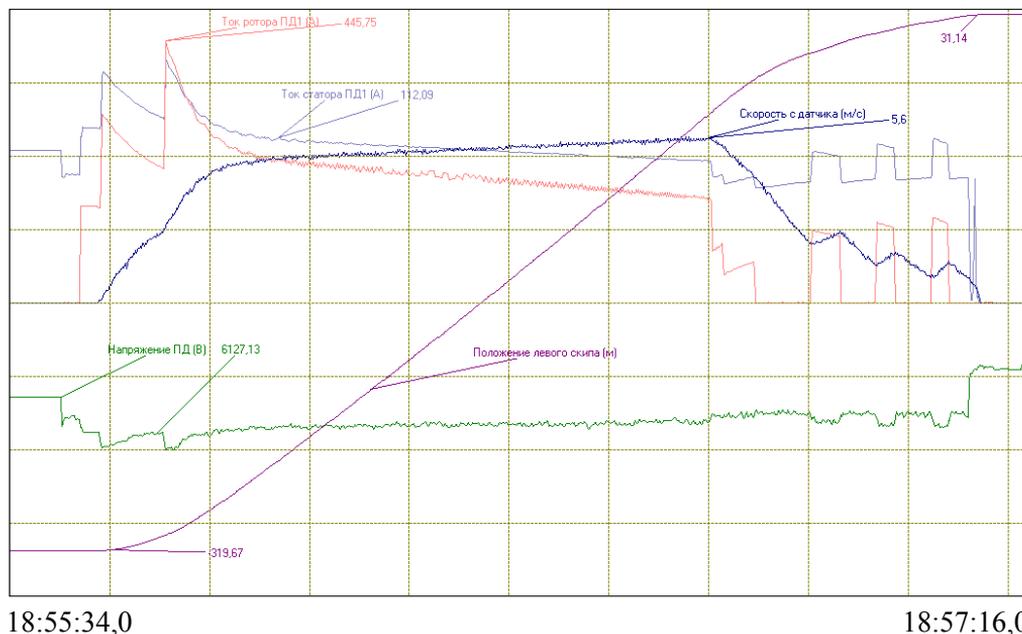


Рис. 4.12. Изменение параметров подъемной установки

Замедление системы на данной подъемной установке осуществляется постепенным введением роторных сопротивлений, сочетанием режима свободного выбега (отключением подъемных двигателей) и режима подгона двигателем.

Примеры расшифровки записей клетевых шахтных подъемных установок с приводом переменного тока приведены в приложениях 1 и 3.

4.5. Расшифровка записей работы тормозной системы шахтных подъемных машин

Безопасность работы подъемной установки зависит в первую очередь от исправности тормозной системы.

Регистратор параметров РПУ-03.5 обеспечивает измерение тока в обмотке регулятора давления и величины давления на выходе регулятора. Регистрация этих параметров позволяет контролировать исправность работы регулятора давления.

Измерение тормозного усилия представляет сложную техническую задачу, так как величина тормозного усилия кроме давления в рабочем цилиндре зависит от коэффициента полезного действия рычажной системы и коэффициента трения тормозных колодок. Поэтому в РПУ-03.5 принята качественная оценка работы тормозной системы – по деформации тормозных тяг, контролируемых с помощью датчиков деформации (см. рис. 2.7). Величина деформации оценивается косвенно в мА на выходе датчиков деформации. На рис. 4.13 приведены графики рабочего торможения при работе шахтной подъемной установки в автоматическом режиме.

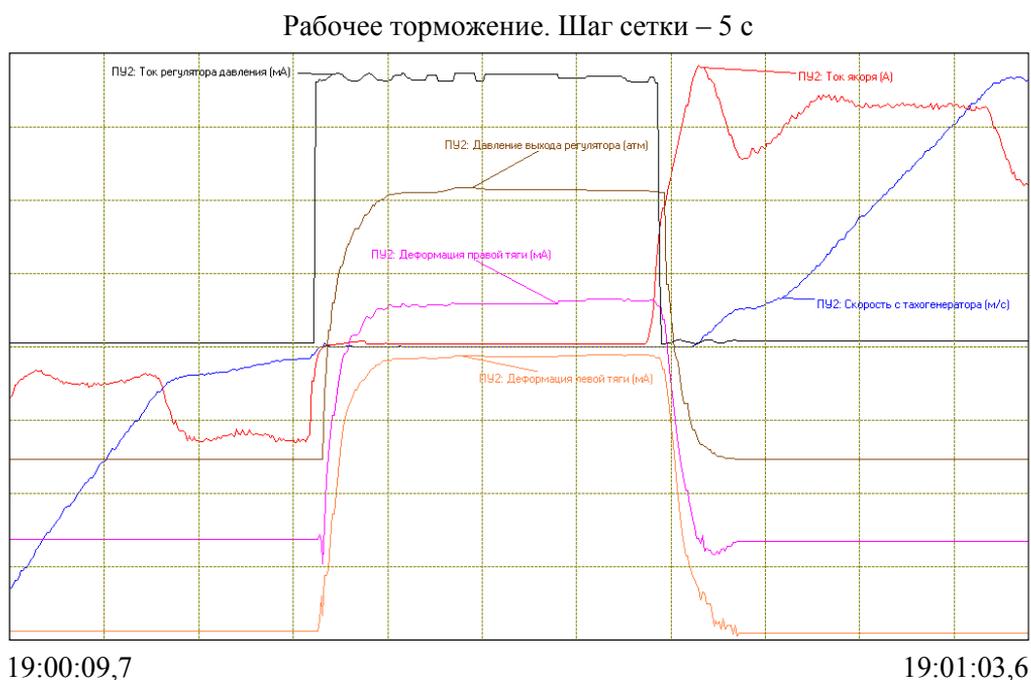
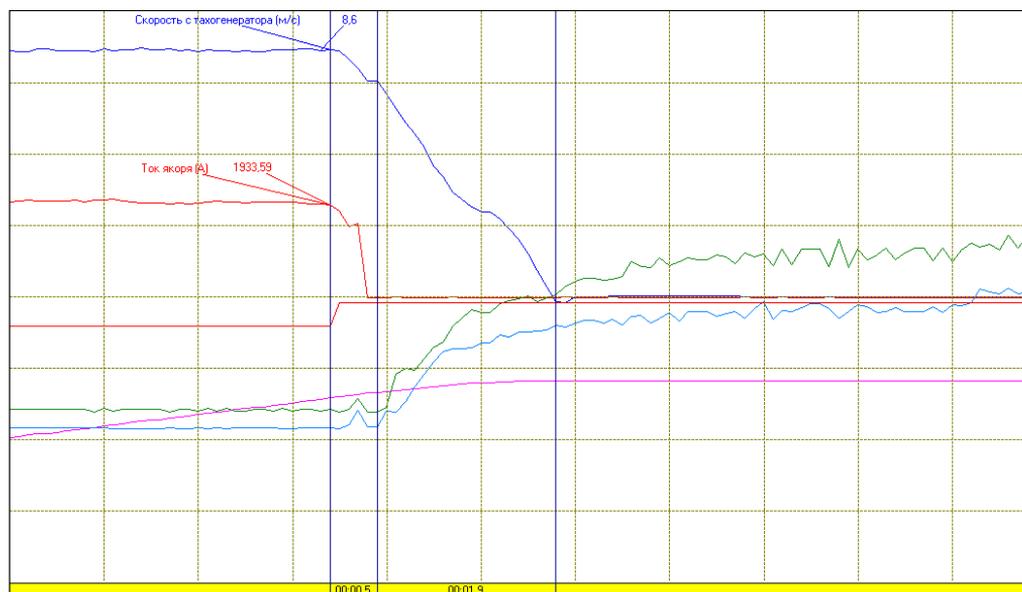


Рис. 4.13. Графики затормаживания и растормаживания подъемной машины

Из рисунка видно, что торможение машины начинается одновременно с уменьшением тока якоря подъемного двигателя. Процесс растормаживания подъемной машины начинается через 1 с после нарастания тока якоря. Движение сосудов начинается через 2,5 с после начала растормаживания. В период между началом растормаживания и началом движения вес груженого сосуда удерживается постепенно уменьшающимся тормозным моментом и нарастающим крутящим моментом двигателя. В начале движения ток якоря и крутящий момент двигателя имеют максимальное значение. В дальнейшем, для обеспечения выхода скипа из разгрузочных кривых на небольшой скорости, ток двигателя автоматически уменьшается.

На рис. 4.14 показано наложение предохранительного тормоза при подъеме груза со скоростью 8,6 м/с. Обработка информации позволила определить параметры срабатывания тормоза: время холостого хода составляет 0,5 м/с, время срабатывания тормоза – 0,8 с. Продолжительность торможения равна 2,4 с, среднее замедление – 3,6 м/с².

Наложение предохранительного тормоза на скорости. Шаг сетки – 1 с



03:28:11,7

03:28:22,5

Рис. 4.14. Графики предохранительного торможения.

Приведенные параметры работы тормозной системы могут быть получены при расшифровке записей каждого наложения предохранительного тормоза. Это является большим преимуществом регистраторов параметров РПУ-03.5, так как в настоящее время в соответствии с действующим Руководством по ревизии и наладке и испытанию шахтных подъемных установок [74] испытания тормозов производят один раз в год.

Сравнительный анализ характера изменения давления на выходе регулятора, деформации правой и левой тяг в различные периоды эксплуатации позволяет определить отклонения в работе тормозной системы и выявить причины возможных неисправностей.

При расшифровке записей регистратора параметров информация о работе тормозной системы позволяет оценить действия машиниста подъемной машины, определить срабатывание защит и блокировок (см. приложения 2, 3 и 4).

4.6. Учет динамических нагрузок в элементах подъемной установки

Программным обеспечением РПУ-03.5 предусмотрена возможность экспорта архивных значений сигналов в виде таблиц в файл текстового формата, что позволяет производить обработку значений параметров в мощных математических пакетах, использовать их в качестве исходных данных для расчета математических моделей или для верификации новых моделей.

Математическая обработка измеряемых параметров непрерывно осуществляется программным обеспечением регистратора РПУ-03.5 в режиме реального времени. Расчетным путем определяются такие характеристики установки, напрямую не измеряемые, как крутящий момент, развиваемый подъемным двигателем, масса полезного груза, статическое усилие на валу от разности натяжений подъемных канатов. Авторами разработаны методы и компьютерные программы непрерывного расчета этих и некоторых других динамических характеристик по данным, регистрируемым РПУ-03.5 [64, 89]. Эти методы основаны на следующих положениях.

В шахтных подъемных установках с приводом постоянного тока усилие, развиваемое подъемным двигателем, принимается пропорциональным произведению тока якоря $I_{\text{я}}$ на ток возбуждения $I_{\text{в}}$ двигателя [1, 90]:

$$F_{\text{дв}}(x) = k_I I_{\text{я}}(x) I_{\text{в}}(x), \quad (4.1)$$

где k_I – коэффициент пропорциональности; x – положение сосуда в шахтном стволе.

На участке равномерного движения подъемных сосудов это усилие совпадает со статической нагрузкой $F_{\text{ст}}(x)$, образуемой разностью натяжений канатов. Статическое усилие является линейной функцией относительно положения сосуда в стволе. Поэтому, построив по данным регистратора параметров функцию $I_{\text{я}} \cdot I_{\text{в}}$ и приняв ее линейной на участке равномерного движения подъемных сосудов, находим коэффициент пропорциональности:

$$k_I = \frac{-2qg}{a},$$

где q – масса одного метра подъемного каната; a – тангенс угла наклона построенной прямой.

Продолжая линейный участок найденной функции $F_{\text{дв}}(x)$ на периоды разгона и торможения машины, получаем величину статической нагрузки $F_{\text{ст}}(x)$.

На основе величины статического усилия, найденной по данным регистратора параметров, определяются масса полезного груза, силы сопротивления движению и разница масс подъемных сосудов. При перегоне порожних скипов в начале их движения имеем систему с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} g(m_{\text{п}} - m_{\text{л}} + qH) + W_0 = F_{\text{ст.п.}}(0), \\ g(m_{\text{л}} - m_{\text{п}} + qH) + W_0 = F_{\text{ст.л.}}(0), \end{cases} \quad (4.2)$$

где $m_{\text{п}}$ – масса порожнего правого скипа; $m_{\text{л}}$ – масса порожнего левого скипа; H – высота подъема; $F_{\text{ст.п.}}$, $F_{\text{ст.л.}}$ – статическое усилие в начале движения подъемной машины при подъеме порожних правого и левого скипов соответственно.

Из системы (4.2) определяются разница масс порожних скипов $m_{\text{р}}$:

$$m_{\text{р}} = m_{\text{п}} - m_{\text{л}},$$

и сила сопротивления движению порожних скипов W_0 .

Значения этих двух параметров используются для нахождения массы полезного груза из соотношения

$$F_{\text{ст}}(0) = g(m_{\text{п}} + m_{\text{г}} - m_{\text{л}} + qH) + W_{\text{сопр}}, \quad (4.3)$$

где $m_{\text{г}}$ – масса поднимаемого груза.

Сила сопротивления движению скипов $W_{\text{сопр}}$ учитывается как линейная функция от веса полезного груза,

$$W_{\text{сопр}} = W_0 + k_{\text{с}} m_{\text{г}} g,$$

где $k_{\text{с}}$ – коэффициент сопротивления движению сосудов; W_0 – сила сопротивления движению порожних скипов.

Для определения коэффициента сопротивления необходимо выполнить подъем груженого сосуда с заранее известной массой поднимаемого груза.

Наиболее важным динамическим параметром подъемной установки является ускорение системы. Регистраторы параметров измеряют окружную скорость барабана подъемной машины, соединенного упругим канатом с подъемным сосудом. При расчете нагрузок от натяжений канатов, испытываемых обечайкой органа навивки и коренным валом подъемной машины, на неглубоких стволах в рабочих режимах работы упругими свойствами каната можно пренебречь. Результаты экспериментальной проверки этого предположения заключаются в том, что график ускорения точки на ободу барабана практически совпадает с ускорением сосудов, измеренным при помощи датчиков акселерометров. Опыт эксплуатации шахтных подъемных установок с регистратором параметров показывает, что и другие параметры, полученные расчетным путем, также соответствуют фактическим.

Таким образом, в рабочих режимах эксплуатации подъемной установки по первично регистрируемым данным РПУ-03.3 определяются величина крутящего момента, ускорение подъемных сосудов и масса поднимаемого груза. Указанные характеристики используются для нахождения нагрузок в элементах подъемной установки в режиме реального времени и уточнения оценки остаточного ресурса ее элементов по известному спектру нагрузений.

Оценка остаточного ресурса элемента подъемной машины выполняется по критерию усталостной прочности максимально нагруженного сечения. Максимально нагруженное сечение определяется с учетом статических и динамических нагрузок.

Одним из важнейших нагруженных элементов, не поддающихся ремонту, является коренной вал подъемной машины. Коренной вал воспринимает нагрузки от веса элементов сборки коренной части подъемной машины, усилий со стороны подъемных канатов и привода подъемной машины. При оценке долговечности этого элемента учитываются как изгибающие напряжения, возникающие от собственного веса конструкции и натяжений ветвей каната, так и касательные напряжения, появляющиеся при передаче крутящего момента от подъемного двигателя. Эквивалентные напряжения определяются согласно четвертой теории прочности, по гипотезе энергии формоизменения.

Работа подъемной установки осуществляется с разными величинами скорости и ускорения, массы поднимаемого груза, что приводит к различным нагрузкам в ее элементах при выполнении циклов подъема. Величина нагрузок и точки их приложения изменяются и в течение одного подъемного цикла, что связано с навивкой подъемного каната на барабан и уменьшением концевой массы грузовой ветви. Нерегулярный характер нагружения коренного вала подъемной машины учитывается по скорректированной линейной гипотезе суммирования усталостных напряжений [32]. В качестве амплитуды напряжений выступает максимальное напряжение за один оборот вала. Основная информация о фактических нагрузках в наиболее опасном сечении и прогнозируемом ресурсе коренного вала и обечаек барабанов подъемной машины выводится на панель машиниста установки (рис. 4.15).

В качестве примера рассмотрим расшифровку записей регистратора параметров при расследовании производственного инцидента на одной из шахтных подъемных установок. На действующей одноконцевой наклонной клетевой подъемной установке произошло срабатывание парашюта вследствие отказа системы динамического торможения. Данные регистратора параметров в течение периода этой аварийной ситуации приведены в виде

графиков на рис. 4.16. При движении клетки вниз на отметке –946 м при выключении второй ступени динамического торможения произошло резкое уменьшение тока динамического торможения с 452 до 247 А, скорость движения клетки начала увеличиваться с 5,4 м/с. Выключение третьей, четвертой и пятой ступеней не привело к увеличению тока динамического торможения. Наоборот, ток продолжал снижаться, скорость при этом возрастала. Через 4 с после начала уменьшения тока динамического торможения машинист установки начал экстренно тормозить машину рабочим тормозом.

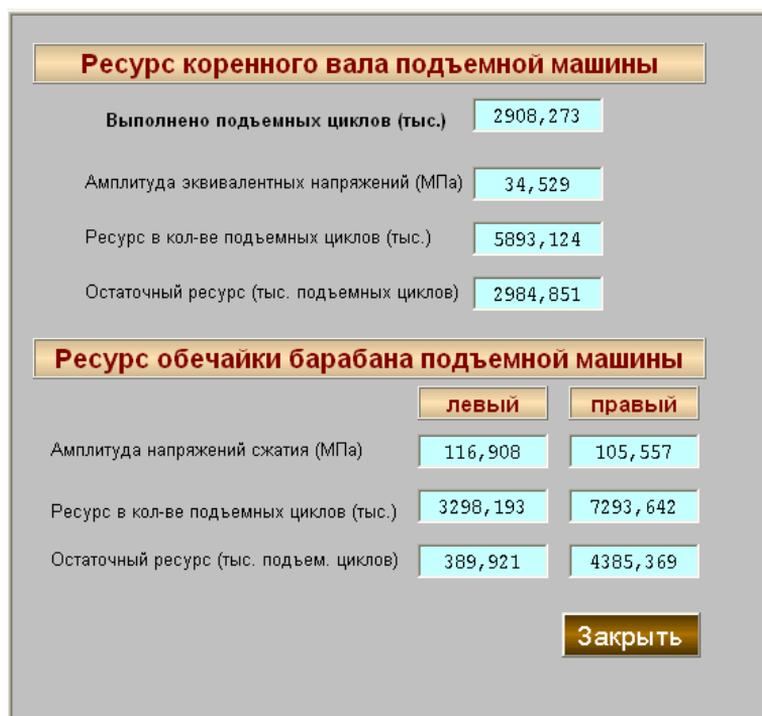


Рис. 4.15. Экран просмотра нагрузок и ресурса элементов подъемной установки

Из рис. 4.16 следует, что цепь предохранительного тормоза разорвалась только через 1 с после начала торможения ручным тормозом. Таким образом, торможение машины происходило ручным тормозом. Поэтому замедление машины составило $4,55 \text{ м/с}^2$, в то время как замедление при срабатывании предохранительного тормоза наклонной подъемной установки настроено на $1,9 \text{ м/с}^2$. В результате резкого торможения машины произошло сильное натяжение подъемного каната, и после стопорения машины пустую клетку подбросило вверх. Ослабление подъемного каната вызвало срабатывание парашюта.

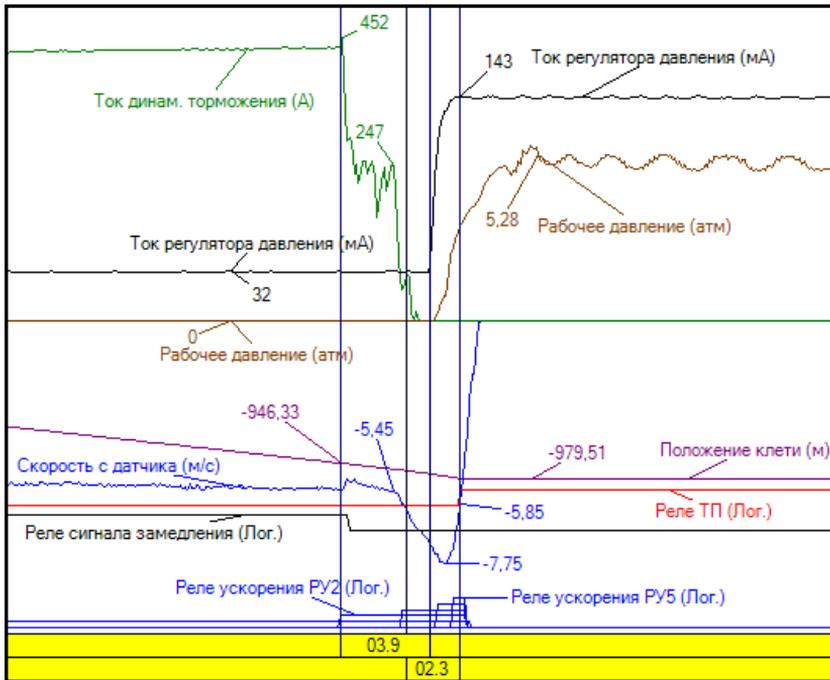


Рис. 4.16. Аварийная ситуация на клетевой подъемной установке

Пример расшифровки записей РПУ-03.5 для выяснения причин группового несчастного случая приведен в приложении 5.

Расшифровка записей регистратора параметров при возникновении аварийных ситуаций или производственных инцидентов позволяет восстановить цепь произошедших событий и найти причины возникновения нестандартных ситуаций. В целях распространения накопленного опыта разработано учебное пособие «Расшифровка и анализ записей регистраторов параметров шахтных подъемных установок» [98]. Пособие используется при эксплуатации шахтных подъемных установок.

Информация о работе подъемной установки используется специалистами и обслуживающим персоналом горнодобывающих предприятий для контроля и оперативного выявления отклонений в работе оборудования. Статистическая информация о работе подъемной установки помогает определять производительность установки во времени и составлять отчеты о технологических простоях.

Опыт эксплуатации шахтных подъемных установок с регистратором параметров показал, что не только молодые «неопытные» работники, но даже машинисты с большим стажем работы начинают лучше ориентироваться в физике процессов, происходящих при управлении машиной, а следовательно, и управлять ею.

5. АППАРАТУРА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НАЛАДКИ И ИСПЫТАНИЙ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации шахтных подъемных установок перед вводом их в эксплуатацию и в дальнейшем один раз в год производятся ревизия и наладка этих установок в объемах, предусмотренных руководством по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок [74]. Особое внимание при наладке уделяется тормозным устройствам шахтных подъемных машин. К этим устройствам установлены следующие нормативные требования:

1. Минимально допустимый коэффициент статической надежности тормоза должен быть не менее 3,0 для подъемных установок с углом наклона выработок 30 град и более. Коэффициент статической надежности тормоза определяется расчетным путем как отношение величин тормозных моментов при неподвижном состоянии подъемной машины к максимальному статическому моменту нагрузки.

2. Продолжительность холостого хода предохранительного тормоза действующих подъемных машин с грузопневматическим и пружинно-пневматическим грузовым приводом тормоза не должна превышать 0,5 с. Продолжительность холостого хода определяется измерением времени с момента разрыва цепи защиты до момента соприкосновения тормозных колодок с тормозным ободом.

3. Время срабатывания тормоза, независимо от типа привода тормоза, не должно превышать 0,8 с. Время срабатывания тормоза измеряется с момента разрыва цепи защиты до момента нарастания тормозного усилия до величины, равной статическому усилию.

4. Величина среднего замедления подъемной установки при предохранительном торможении при спуске груза должна быть не менее $1,5 \text{ м/с}^2$ при углах наклона выработки более 30 град. Величина среднего замедления при подъеме расчетного груза не должна превышать $5,0 \text{ м/с}^2$ при углах наклона выработки более 50 град.

Руководством по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок рекомендуется проводить испытания тормозных устройств методом осциллографирования. Продолжительность холостого хода и время срабатывания тормоза при предохранительном торможении и замедления подъемных сосудов при предохранительном торможении при спуске и подъеме расчетного для данной установки груза определяются обработкой полученных осциллограмм скорости. Пример обработки осциллограмм приведен на рис. 5.1.

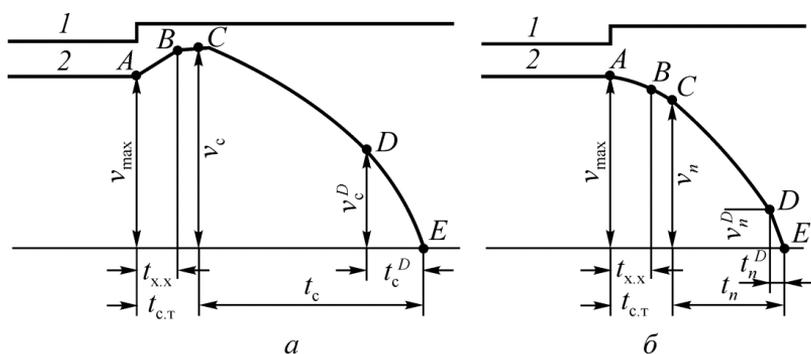


Рис. 5.1. Осциллограммы изменения скорости при предохранительном торможении: *а* – при спуске расчетного груза; *б* – при подъеме расчетного груза

На графиках изменения скорости показаны характерные точки: *A* – момент разрыва цепи предохранительного торможения (момент срабатывания предохранительного тормоза); *B* – момент соприкосновения тормозных колодок с тормозным ободом; *C* – момент начала торможения (тормозное усилие равно статическому); *D* – момент наложения второй ступени предохранительного торможения; *E* – момент стопорения подъемной машины.

На рис. 5.1 приняты следующие обозначения: v_{\max} – максимальная скорость подъемной машины; v_c и v_n – скорость машины по истечении времени срабатывания тормоза соответственно при спуске и подъеме груза; v_c^D и v_n^D – скорость машины в момент наложения второй ступени торможения соответственно при спуске и подъеме груза; $t_{x,x}$ – время холостого хода тормоза; $t_{c,т}$ – время срабатывания тормоза; t_c и t_n – время торможения машины соответственно при спуске и подъеме груза; t_c^D и t_n^D – время действия второй ступени торможения соответственно при спуске и подъеме груза; *l* – ток в катушке контактора предохранительного тормоза; *2* – скорость подъемной машины

Из рис. 5.1 видно, что продолжительность холостого хода ($t_{x,x}$) и время срабатывания тормоза ($t_{c,т}$), а также время торможения машины определяются положением точек *A*, *B* и *C*, место установки которых зависит от квалификации специалистов. Скорость движения по осциллограммам определяется с неизвестной погрешностью, так как большинство установленных на подъемных установках тахогенераторов не сертифицировано как средство измерения. Таким образом, рассмотренный метод испытания тормозных устройств не обеспечивает выполнения требований ст. 3.6 Федерального закона РФ №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [117] при

осуществлении производственного контроля за соблюдением установленных законодательством Российской Федерации требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта.

5.1. Требования, предъявляемые к аппаратуре для проведения наладки и испытаний подъемных установок

К аппаратуре для проведения ревизии, наладки и испытания шахтных подъемных установок предъявляют следующие требования:

1. Аппаратуру необходимо сертифицировать как средство измерения в соответствии с требованиями ст. 1 п. 3.6 Федерального закона РФ № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [117] при осуществлении производственного контроля за соблюдением установленных законодательством Российской Федерации требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта.

2. Она должна обеспечивать контроль, измерение, визуализацию и документирование основных параметров работы систем управления шахтных подъемных установок, тормозной системы, электроприводов постоянного и переменного тока.

3. Она должна проходить периодические испытания и поверку не реже одного раза в год с целью обнаружения дефектов и определения погрешностей измерений. Результаты периодических испытаний оформляются актом, утвержденным руководителем предприятия-изготовителя. К акту должны быть приложены протоколы проведенных испытаний.

4. Она должна обеспечивать регистрацию и обработку данных о работе тормозной системы, визуализацию и документирование:

- момента разрыва цепи ТП;
- момента касания фрикционными накладками тормозного обода;
- скорости и пути торможения подъемной машины;
- скорости и пути торможения подъемных канатов (для машин со шкивами трения);
- давления в цилиндрах рабочего торможения (ЦРТ);
- давления в цилиндрах предохранительного торможения (ЦПТ);
- деформации (усилия) тормозных тяг;
- тока подъемного двигателя.

5. Аппаратура должна обеспечивать воспроизведение графиков изменения контролируемых параметров для нескольких замеров, автоматическое создание отчета о проведенных измерениях.

5.2. Системы измерительные «Силькан»

Для проведения наладки и испытаний тормозных устройств могут быть использованы системы измерительные «Силькан», которые выполняют оперативное измерение, визуализацию и документирование параметров работы тормозной системы и электропривода шахтной подъемной установки. Подробная и наглядная информация о работе тормозной системы и электропривода позволяет:

- повысить качество и сократить время проведения ревизии и наладки;
- оперативно определять причины отклонений в работе оборудования подъемной установки.

Основные технические данные и характеристики систем измерительных «Силькан» соответствуют данным, приведенным в табл. 5.1.

Примечания к табл. 5.1

1. Пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности от влияния температуры окружающей среды не превышают половину основной погрешности на каждые 10 °С изменения температуры окружающей среды.

2. Пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности от влияния изменения напряжения питающей сети ± 20 В не превышают половину основной погрешности.

3. Допускается использование других типов первичных преобразователей, внесенных в Государственный реестр средств измерений, имеющих аналогичные или более высокие метрологические характеристики.

4. Относительная погрешность воспроизведения временных интервалов при графическом изображении измеренного сигнала не более ± 1 %.

Системы измерительные «Силькан» позволяют производить расчет скорости и ускорения движения органа навивки или шкива трения подъемной машины при измерении пройденного пути органа навивки или шкива трения подъемной машины – измерительный канал «Датчик пути»; определение момента разрыва цепи ТП (моделирование аварийной ситуации) при настройке тормозной системы подъемной установки. В состав аппаратуры «Силькан» входят: портативный компьютер, программное обеспечение «Силькан», блок коммутации и комплект датчиков (рис. 5.2).

Датчик пути – инкрементального типа, изготовлен на основе серийно выпускаемого датчика угла поворота с полым валом. Основание датчика пути имеет в своей конструкции магнитную защелку, фиксирующую датчик на объекте. Вариант крепления датчика представлен на рис. 5.3. Колесо датчика пути прижато к тормозному ободу барабана подъемной машины.

Таблица 5.1

Основные технические характеристики систем измерительных «Силькан»

Наименование ИК	Диапазон измерений	Первичный преобразователь			Блок коммутации, ПК с установленным программным обеспечением «Силькан»			Пределы допускаемой основной погрешности ИК, %
		Тип	Предел допускаемой основной погрешности	Диапазон выходного сигнала	Диапазон входного сигнала	Предел допускаемой основной погрешности, %	Диапазон выходного сигнала	
ИК силы постоянного тока	±5 А ±300 А ±500 А ±1000 А	Шунт 75ШСМ	±0,5 %	±75 мВ	±100 мВ	±1,0	±5 А ±300 А ±500 А ±1000 А	±1,5
ИК силы переменного тока	(0...0,4) А (0...4) А (0...30) А	Токовые клещи АТА 2515	±(2,0 % + 0,5 мА) ±(2,5 % + 8 мА) ±(2,0 % + 30 мА)	0...400 мВ 0...400 мВ 0...300 мВ	(0...1) В	±1,0	(0...0,4) А (0...4) А (0...30) А	±3,5
ИК напряжения постоянного тока	±250 В ±1000 В	ДН-1000/250-5	±1,0 % ±1,0 %	±5 В ±5 В	±30 В	±1	±250 В ±1000 В	±2,0
ИК напряжения постоянного тока	±30 В	-	-	-	-	-	±30 В	±1,0

Окончание табл. 5.1

Наименование ИК	Диапазон измерений	Первичный преобразователь			Блок коммутации, ПК с установленным программным обеспечением «Силькан»			Пределы допускаемой основной погрешности ИК, %
		Тип	Предел допускаемой основной погрешности	Диапазон выходного сигнала	Диапазон входного сигнала	Предел допускаемой основной погрешности, %	Диапазон выходного сигнала	
ИК напряжения постоянного тока	±250 В ±1000 В	ДН-1000/250-5	±1,0 % ±1,0 %	±5 В ±5 В	±5 В	±0,5	±250 В ±1000 В	±2,0
	±30 В	-	-	-	±30 В	±1	±30 В	
ИК давления	(0...1) МПа	Датчик давления «Карат-Ди»	±0,25 % прив.	(4-20) мА	(4-20) мА	±1,0	(0...1) МПа	±2,5
ИК линейного перемещения	(0,5...2000) м	Датчик угла поворота Drehgeber	1 имп./1 оборот	500 парных импульсов за оборот	500 парных импульсов за оборот	±1,0 относ.	(0,5...2000) м	±1,0 относ.
ИК деформации	(-3000...+3000) мкм/м	Датчик деформации ДД-1	Не норм.	(4-20) мА	(4-20) мА	Не норм.	(-3000...+3000) мкм/м	Не норм.
		Тензорезистор КФ5П1-10-400-А-12	±1,0 % относ.	(4-20) мА	(4-20) мА	Не норм.		Не норм.

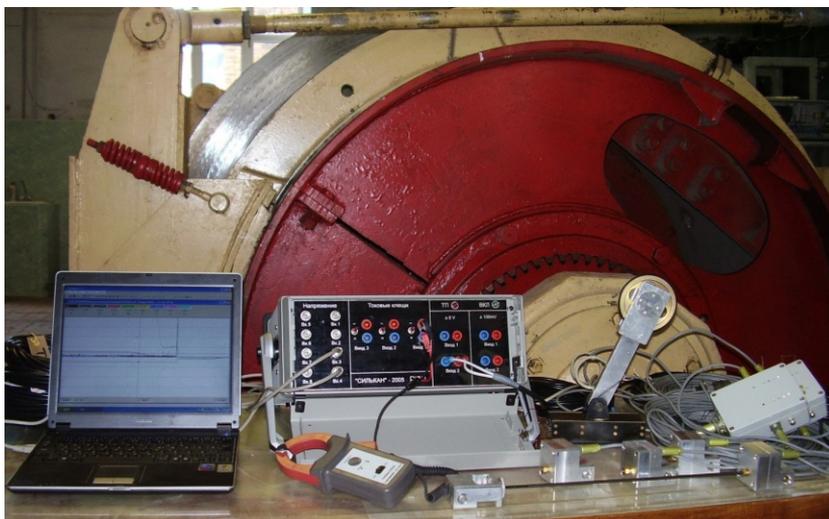


Рис. 5.2. Комплект аппаратуры «Силькан»

Импульсы с датчика пути поступают на плату с 32-разрядным счетчиком. Цифровые сигналы со счетчиков подаются на цифровой вход аналого-цифрового преобразователя. Датчик пути позволяет вычислить положение сосудов с точностью 1 мм. Несоответствие радиуса тормозного обода радиусу органа навивки учитывается коэффициентом в программном обеспечении.

Датчики деформации ДД-1 индуктивного типа содержат две катушки индуктивности, каждая из которых расположена в броневом сердечнике. Между сердечниками находится подвижная пластина из электротехнической стали. Центрирование и подвижность пластины обеспечивает латунная втулка. Сердечники и пластина распложены в дюралевом корпусе, что обеспечивает прочность конструкции. Катушки индуктивности включены в мостовую схему, которая питается двухполярным импульсным напряжением частотой 2000 Гц. Настройка датчика сводится к центрированию подвижной пластины. При этом выходное напряжение



Рис. 5.3. Крепление датчика пути к тормозной тяге

моста равно нулю. Чувствительность датчика обеспечивает измерение перемещений в несколько микрон. Для регистрации упругих деформаций тормозных тяг требуется увеличение измерительной базы датчика до (300...400) мм. Это достигается с помощью дополнительной базовой опоры, соединенной с датчиком спицей.

Датчики деформации ДД-1 устанавливаются на тормозной тяге парно во взаимно противоположном положении (рис. 5.4). Такое крепление позволяет значительно ослабить в сигнале вклад поперечных колебаний тяги. Датчики имеют магнитные защелки, изготовленные из магнитов с высокой остаточной магнитной индукцией, и обеспечивают надежное крепление к тормозной тяге. Но при наличии большого слоя краски на тяге датчики можно дополнительно стянуть натяжными ремнями.



Рис. 5.4. Установка датчиков на тормозной тяге

Сигнал с датчика деформации ДД-1 поступает в блок предварительного усиления (рис. 5.5), соединенный кабелем с блоком коммутации. Индикаторы на блоке усиления показывают уровень балансировки левого и правого датчиков соответственно.

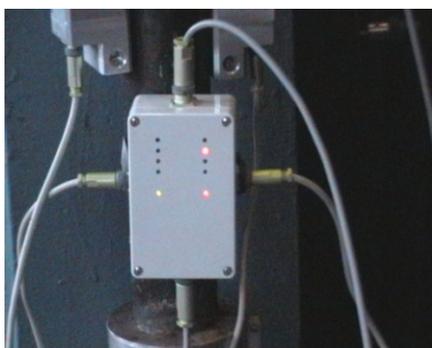


Рис. 5.5. Блок предварительного усиления датчиков деформации

При балансировке вращением балансировочных гаек на базовой опоре добиваются погашения верхних индикаторов. Допускается свечение центральных индикаторов, как это показано на рис 5.5. Окончательная балансировка достигается вращением подстроечных резисторов, установленных на боковых стенках блоков.

5.3. Проведение измерений аппаратурой «Силькан»

Подключение датчиков к блоку коммутации аппаратуры «Силькан» производят при выключенной аппаратуре и обесточенных цепях, в которых планируются измерения токов и напряжений.

На передней панели блока коммутации (рис. 5.6) расположены следующие индикаторы и разъемы:

- **ТП** – индикатор состояния цепи ТП (при разомкнутой цепи горит красный светодиод);
- **ВКЛ** – индикатор состояния прибора Включен/Выключен (зеленый);
- **±100 mV Вход 1, Вход 2** – входы для подключения к токовым шунтам, гальваническая развязка 1500 В в каждом канале;
- **±5 V Вход 1, Вход 2** – входы для подключения к делителю напряжения ДН-1000/250–5, гальваническая развязка 1500 В в каждом канале, используется для регистрации напряжения на тахогенераторе, подъемном двигателе;
- **Токовые клещи Вход 1, Вход 2, Вход 3** – входы для подключения токовых клещей;
- **~/=** – тумблеры переключения сигнала постоянный/переменный ток, в положении «~» подключается линейный детектор сигнала;
- **Напряжение Вх. 1...8** – входы для регистрации напряжений в пределах ±30 В с групповой гальванической развязкой 1500 В, используется для подключения УБСР;
- **Датчик пути** – вход датчика пути.



Рис. 5.6. Передняя панель блока коммутации

На задней панели блока коммутации (рис. 5.7) расположены следующие разъемы и элементы управления:

- **Зав № 000** – заводской номер;
- **ТП** – тумблер включения цепи ТП и вход для разрыва цепи ТП;

- **Датчики деформаций** – вход для предварительных усилителей датчиков деформаций;
- **Датчик давления** – вход датчика давления;



Рис. 5.7. Задняя панель блока коммутации

- **Компьютер** – вход интерфейса USB компьютера;
- **ПР** – предохранитель;
- **~220В** – тумблер включения прибора и разъем кабеля питания.

Порядок включения систем «Силькан»:

- подключить необходимые датчики и источники измеряемых напряжений к блоку коммутации;
- подключить кабель к разъему USB блока коммутации и к соответствующему разъему компьютера;
- подсоединить сетевой кабель блока коммутации к сети;
- включить блок коммутации;
- включить компьютер (загрузка операционной системы);
- загрузить программное обеспечение комплекса.

Основные режимы использования систем «Силькан»:

- испытание тормозной системы;
- снятие тахограммы и характеристик электропривода постоянного тока;
- снятие тахограммы и характеристик электропривода переменного тока.

Снятие тахограммы и определение характеристик привода постоянного тока

В режиме снятия тахограммы и определения характеристик привода постоянного тока регистрируется следующая информация:

- график тока якорной цепи;
- график тока возбуждения подъемного двигателя;
- график напряжения якорной цепи;
- график тока возбуждения генератора (для систем Г-Д);

- график напряжения тахогенератора;
- графики сигналов с блоков УБСР.

Входы измерителей напряжения ± 30 В имеют групповую гальваническую развязку, поэтому эти входы можно подключать к источникам сигнала, имеющим общую землю. *Запрещается подключать к ним другие электрические цепи.*

Получение перечисленных сигналов возможно после установки соответствующих датчиков и подключения их выходов к блоку коммутации.

Обработка и визуализация графиков осуществляются в соответствии с подразд. 4.2.

Анализ получаемых сигналов позволяет сделать выводы о качестве настройки систем управления приводом постоянного тока.

Снятие тахограммы и определение характеристик привода переменного тока

Для работы аппаратуры в режиме снятия тахограммы и определения характеристик привода переменного тока необходимо подключение следующих каналов к блоку сбора информации:

- ток статора от токовых клещей;
- ток ротора от токовых клещей;
- ток динамического торможения;
- скорость (путь).

Ток статора и ротора асинхронного двигателя может быть измерен с помощью токовых клещей АТА 2502 или АТА 2515 либо путем измерения напряжения на клеммах амперметров, подключенных через трансформаторы тока. Обработка и анализ полученной информации позволяют определить режимы работы электропривода подъемной машины.

5.4. Испытание тормозной системы

Цели испытаний тормозной системы – определение параметров работы предохранительного тормоза и проверка их соответствия требованиям правил безопасности [114, 115].

При этом должны определяться и оцениваться:

- время срабатывания предохранительного тормоза;
- величины среднего замедления при предохранительном торможении при подъеме и спуске расчетного груза для данной установки;
- величина пути торможения машины с момента разрыва цепи защиты до ее полной остановки как при движении машины с максимальной скоростью ($S_{\text{тм}}$), так и при движении со скоростью подхода подъемных сосудов,

контролируемой ограничителем скорости ($S_{тп}$), и сравнение $S_{тм}$ с величиной пути, контролируемого ограничителем скорости, а $S_{тп}$ с допустимой высотой переподъема;

– отсутствие проскальзывания каната по канатоведущему шкиву (для подъемных машин со шкивами трения);

– отсутствие набегания подъемных сосудов на канат (для наклонных подъемных установок).

Включение предохранительного тормоза при испытании тормозной системы аппаратурой «Силькан» осуществляется тумблером разрыва цепи ТП, который расположен рядом с разъемом для подключения цепи ТП на задней панели блока сбора информации. Подключение тумблера целесообразно осуществлять к участку цепи ТП, расположенному вблизи места проведения работ, например в машинном зале. Прибор должен быть подключен последовательно с одним из элементов цепи ТП:

а) с кнопкой включения предохранительного торможения в пульте управления подъемной установкой;

б) с датчиком износа колодок на тормозном приводе;

в) с выключателем переподъема в аппарате контроля хода.

Перед подключением тумблера необходимо снять напряжение питания с цепей управления.

Обработка зарегистрированных данных о работе тормозной системы и подъемной установки позволяет получить:

– графики тормозного пути, скорости и ускорения подъемной машины;

– график изменения напряжения на тахогенераторе;

– графики деформации двух тормозных тяг и их сумму;

– давление на выходе регулятора давления (в цилиндрах рабочего торможения);

– ток обмотки регулятора давления;

– регистрацию момента разрыва цепи ТП.

Измерение и регистрация параметров тормозной системы могут осуществляться при неподвижном органе навивки, для этого подъемная машина устанавливается «на перевес» или на фаркопф.

Для получения перечисленных сигналов необходимо установить соответствующие датчики на тормозную систему и подключить их к блоку коммутации. Включить блок коммутации, компьютер и после загрузки операционной системы запустить программное обеспечение систем «Силькан».

Сбор и обработка информации в аппаратуре «Силькан» осуществляются программным обеспечением «Silkan», которое выполняет следующие функции:

- регистрация изменения параметров подъемной установки при различных режимах ее работы;
- просмотр графиков изменения параметров подъемной установки;
- расчет тормозных характеристик по измеренным данным;
- изменение масштаба просматриваемых графиков;
- установка начального времени отсчета и расстановка временных меток;
- вывод на экран вертикальной и горизонтальной сеток;
- одновременный просмотр графиков изменения контролируемых параметров для нескольких замеров;
- автоматическое создание отчета о проведенных измерениях в текстовом редакторе Microsoft Word;
- сохранение рабочего окна в графическом формате.

Программа обеспечивает ввод и расчет необходимых исходных данных, по которым в соответствии с методикой [47] выполняются расчет и построение критической, защитной и рабочей тахограмм, необходимых для настройки ограничителя скорости. Информация аппаратуры «Силькан» может быть использована для расчета тормозного момента и проверочного расчета на скольжение канатов в режимах предохранительного торможения подъемных машин со шкивами трения [48].

Пример обработки результатов испытания тормозной системы шахтной подъемной машины при подъеме груза приведен на рис. 5.8.

На рисунке представлены следующие графики:

- сигнал III – определяет момент подачи сигнала на предохранительное торможение;
- линейное перемещение (L) – позволяет определить момент остановки подъемной машины и тормозной путь;
- скорость (V) – значение скорости, вычисленное по данным с датчика перемещения;
- деформации тяг ($\epsilon 1$, $\epsilon 2$), которые характеризуют изменение тормозного усилия.

Для определения продолжительности протекания процессов на графиках устанавливаются специальные метки в виде вертикальных линий, отмечающие моменты начала торможения, соприкосновения колодок тормоза с тормозным ободом, срабатывания тормоза и стопорения подъемной машины. Метки позволяют рассчитать продолжительность холостого хода, время срабатывания тормоза и торможения машины. Установка меток осуществляется специалистами с учетом особенностей работы тормоза, изменения скорости и другой информации.

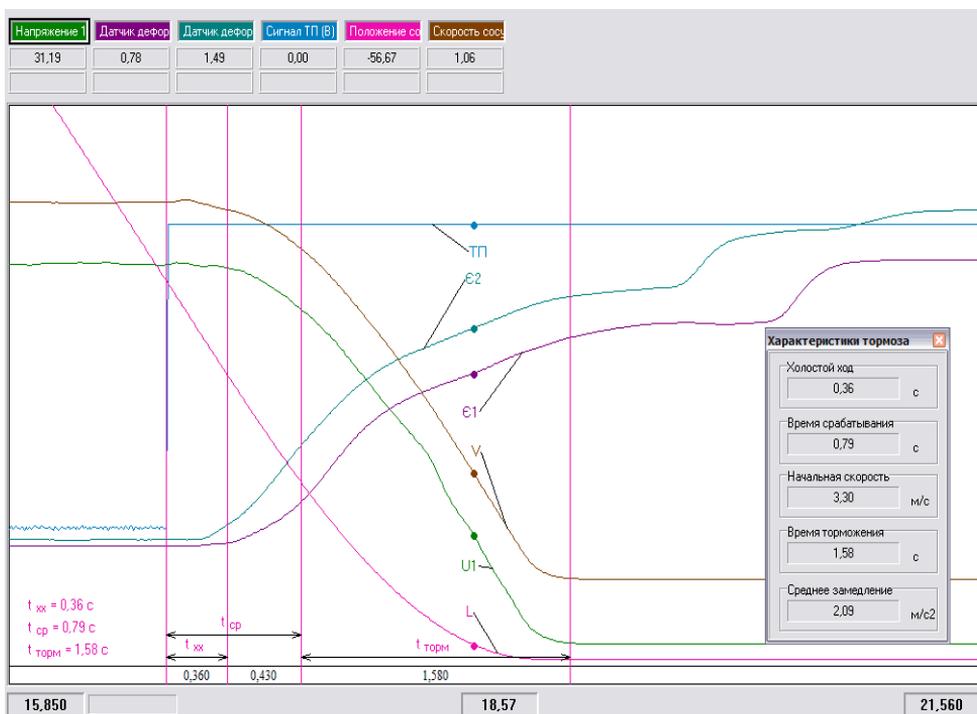


Рис. 5.8. Регистрация и расчет параметров работы тормозной системы

Испытания тормозной системы проводят в два этапа: при неподвижном барабане подъемной машины определяют время холостого хода и время срабатывания; при движении подъемной машины с максимальной скоростью определяют все регламентируемые параметры тормозной системы.

По графикам изменения давления на выходе регулятора или в полостях цилиндров рабочего и предохранительного торможения, по графикам деформации тяг определяют состояние и исправность работы каждого (левого и правого) тормоза подъемной машины. По характеру изменения давления оценивается работа первой ступени торможения, выявляется «зависание» поршня в цилиндре и определяются другие неисправности.

По характеру нарастания тормозного усилия в тяге исполнительного органа, моментам касания колодками тормозного обода определяют износ и состояние рычажно-шарнирного механизма исполнительного органа тормоза.

После устранения неполадок и проведения наладки тормозной системы проводят повторные испытания.

6. ЗАЩИТА ОТ ПРОВИСАНИЯ СТРУНЫ И НАПУСКА КАНАТА В СТВОЛ

6.1. Требования к защите

Каждая подъемная установка, за исключением установок со шкивами трения, должна быть оборудована защитой от провисания струны и напуска каната. На наклонных подъемных установках, где по технологии работы подъема предусматривается ослабление каната (например, одноконцевые грузовые подъемы), защита от напуска каната выполняется в виде конструкции, контролирующей ослабление и провисание витков каната на барабане подъемной машины, и устанавливается под барабаном. В этом случае она не реагирует на ослабление каната, а предотвращает значительный напуск его.

Исполнительные контакты этой защиты включаются в цепь защиты и сигнализации подъемной установки. При срабатывании защиты от провисания струны каната должен подаваться звуковой сигнал машинисту подъема.

На установках с большой длиной струны каната, где при нормальной работе наблюдается значительное колебание каната, исполнительные реле защиты могут иметь выдержку времени не более 0,8 с. Эта выдержка времени необходима для отстройки от ложных срабатываний защиты.

Для включения машины после срабатывания защиты ее контакт в цепи катушки контактора предохранительного тормоза (цепи защиты) должен шунтироваться одним из контактов обходного переключателя, и одновременно другим контактом этого переключателя должна размыкаться цепь катушки реверсора соответствующего направления движения, чем обеспечивается блокировка, предотвращающая движение машины в сторону дальнейшего напуска каната.

6.2. Устройство защит от провисания струны и напуска каната

В устройствах защиты от провисания струны и напуска каната могут использоваться различные способы контроля натяжения каната. Ослабление каната можно определить:

- по провисанию струны каната от подъемной машины до копрового шкива;
- по изменению нагрузки на копровые шкивы;
- по изменению положения прицепного устройства на подъемном сосуде;
- по сравнению перемещения подъемной машины и подъемного сосуда.

Наибольшая вероятность «зависания» и, как следствие, провисание струны и напуск каната происходят в верхнем конечном положении разгружающегося подъемного сосуда. При этом после начала движения на спуск «зависшего» подъемного сосуда происходит значительное увеличение неуравновешенности системы. В этих случаях после срабатывания защиты от провисания струны каната за время срабатывания предохранительного тормоза происходят, как правило, остановка и обратное вращение барабана подъемной машины под действием поднимающегося сосуда. Это значительно уменьшает конечную величину напуска каната, которая при правильной установке и наладке защиты оказывается недостаточной для обрыва каната после внезапного освобождения «зависшего» сосуда.

Поэтому наибольшее распространение получили устройства защиты, реагирующие на провисание струны каната от подъемной машины до копрового шкива. Недостатком таких устройств считается ограниченность их действия по глубине ствола, так как такая защита надежно срабатывает при застревании подъемного сосуда на глубине до 300–400 м. Следует отметить, что при движении и «застревании» подъемного сосуда в стволе, когда он движется уже с большой скоростью, любая (даже самая совершенная) защита не в состоянии предотвратить значительный напуск каната, величина которого в этом случае определяется величиной тормозного пути предохранительного торможения за вычетом пути торможения «застрявшего» сосуда.

Устройства, контролирующие провисание струны каната, по конструкции могут быть самыми разными. Принцип их работы заключается в том, что при провисании струны канат приводит в действие устройство защиты (концевой выключатель, контактное устройство, реле) либо механическим переключением контактов выключателя, либо благодаря электрическому контакту между канатом и подканатной конструкцией. Работа устройств, работающих по принципу непосредственного электрического контакта между канатом и подканатной конструкцией, является менее надежной, так как из-за загрязнения (и обмерзания зимой) каната увеличивается вероятность отказа защиты.

Известны различные конструкции защиты от провисания струны каната. Это и конечные выключатели, установленные у канатного проема в здании подъемной машины, на которые воздействует канат при провисании струны через различные подканатные конструкции (тросы, подвижные жесткие конструкции), и конечные выключатели, установленные на копре, на которые воздействует при ослаблении каната груз через ролик, оттягивающий канат на участке от шкива к подъемному сосуду. Наиболее рас-

пространенными являются конструкции, установленные под канатом на стене в здании подъемной машины так, чтобы при провисании канат воздействовал на подканатную конструкцию (трубу, тросик) и вызывал срабатывание защиты.

Одним из вариантов такой конструкции (рис. 6.1) является устройство, состоящее из двух опорных изоляторов 2, укрепленных на стене в здании подъемной машины по бокам канатного проема. На них крепятся пружинные звенья 13 и контактные устройства 6, выполненные из троллейного провода.

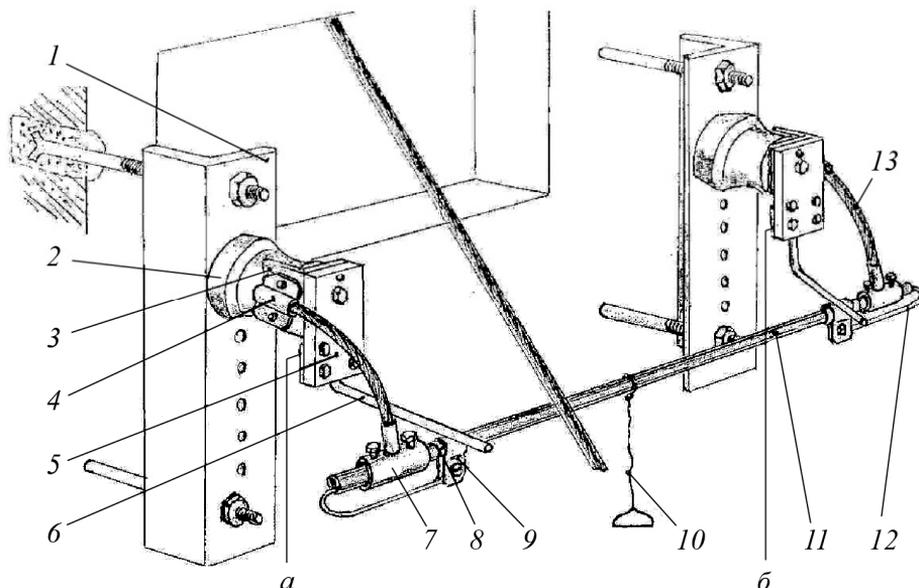


Рис. 6.1. Устройство защиты от провисания струны: 1 – планка; 2 – опорный изолятор; 3 – кронштейн; 4 – хомут крепежный; 5 – планка изоляционная; 6 – контактное устройство; 7 – втулка; 8 – изоляционная прокладка; 9 – контактная площадка; 10 – тяга для проверки защиты; 11 – штанга; 12 – провод соединительный; 13 – пружинное звено; а, в – подключение в электрическую схему защиты

В качестве пружинных звеньев используются отрезки стального каната $\varnothing 16$ мм и длиной 250 мм, один конец которого закрепляется на изоляторе, а другой запрессован во втулке 7, служащей для закрепления штанги 11. Штанга изготавливается из трубы диаметром 12–16 мм и длиной, достаточной для закрепления ее болтами во втулках 7.

На штанге 11 в местах электрического контакта с троллеями контактного устройства 6 устанавливаются контактные площадки 9 шириной 60–80 мм из оцинкованного железа или медной полосы, которые изолируются от штанги лакотканью или другой изолирующей прокладкой 8 и соединяются между собой медным проводом 12, проложенным внутри трубы (штанги).

Пружинные звенья прижимают штангу к отрезкам троллей контактного устройства, которые в точках «а» и «в» подключаются в схему контроля провисания струны каната (рис. 6.2).

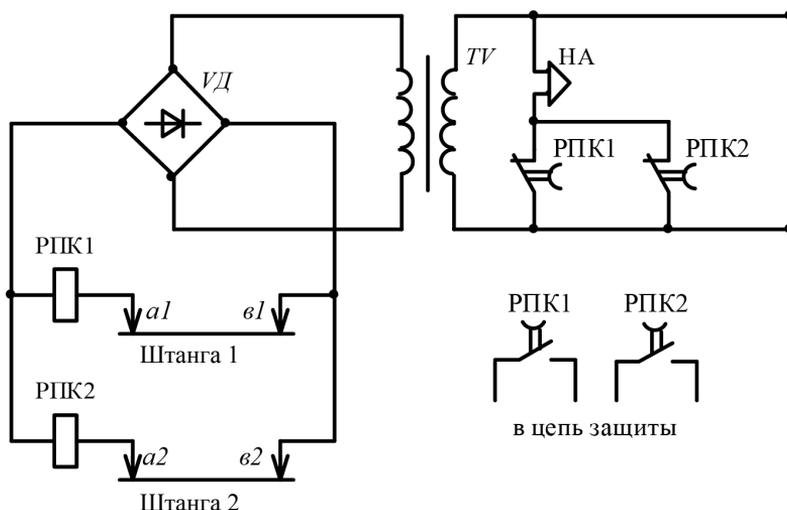


Рис. 6.2. Схема защиты от провисания струны

При провисании струны канат ложится на штангу и своим весом отжимает ее от контактных устройств (троллей), разрывая цепь реле РПК, которое с выдержкой времени разрывает цепь защиты подъемной машины. Такая схема обладает полным самоконтролем, так как при нарушении цепи, снятии напряжения или других неисправностях схемы реле РПК обесточивается и разрывает цепь защиты.

При использовании в качестве подканатной конструкции тросика, связанного с механическим выключателем, конструкцию и схему защиты необходимо строить таким образом, чтобы обеспечивался ее полный самоконтроль.

6.3. Наладка и испытание защиты от провисания струны

При наладке защиты и ее периодических осмотрах необходимо проверить:

- надежность крепления и состояние датчиков ослабления каната;
- состояние соединений зажимов и соединительных кабелей;
- состояние исполнительных реле и их контактов;
- исправность работы защиты;
- исправность сигнализации о срабатывании защиты.

Для надежной работы защиты, реагирующей на провисание струны каната, подканатная конструкция должна устанавливаться на возможно меньшем удалении от каната. При этом допускается кратковременное ка-

сание подканатной конструкции при колебаниях каната. Выдержку времени исполнительных реле защиты необходимо устанавливать минимально возможной (не более 0,8 с), обеспечивающей отстройку защиты от ложных срабатываний при колебаниях каната.

При наладке защит, реагирующих на изменение нагрузки копровых шкивов или изменение положения элементов прицепного устройства подъемного сосуда, следует обратить особое внимание на то, что на установках, где в конечных положениях наблюдаются технологические ослабления каната (при посадке сосуда на кулаки, посадочные брусья, у опрокидных подъемных сосудов), возникает необходимость блокирования (шунтирования) защиты в конечных положениях подъемных сосудов. Шунтирование защиты в этом случае осуществляется на небольшом участке пути (не более 0,5 м) конечным выключателем, срабатывающим от воздействия подъемного сосуда, находящегося в данный момент в верхнем положении.

Как и перед проверкой других защит, до начала проверки защиты от напуска каната необходимо убедиться в исправности работы тормозной системы.

Во время проверки защиты от напуска каната не должны вестись никакие работы на подъемной установке и в стволе.

Проверку действия защиты от провисания струны и напуска каната производят созданием искусственного напуска каната. Для этого подъемный сосуд устанавливается на вымостку из балок или посадочные кулаки на нулевой площадке или удерживаются вспомогательной лебедкой. Затем подъемная машина включается в направлении спуска зафиксированного сосуда, и со скоростью 0,5 м/с создается напуск каната до срабатывания защиты.

После затормаживания машины предохранительным тормозом измеряется величина напуска каната. Эта величина должна быть по возможности минимальной (0,8–1,2 м), что достигается установкой минимально возможного расстояния между канатом и подканатной конструкцией и минимально возможной выдержкой времени исполнительного реле защиты.

При наладке защиты необходимо также убедиться, что, создав искусственный напуск каната большой величины (2–3 м), канат надежно воздействует на подканатную конструкцию при любой величине напуска. В случае, если при напуске канат будет ложиться на ограждение канатного проема в стене здания и отходить от подканатной конструкции при какой-то величине напуска, необходимо опустить ограждение канатного проема до величины, обеспечивающей нормальное воздействие каната на подканатную конструкцию как при малых, так и при значительных напусках.

6.4. Аппаратура защиты от напуска каната в ствол «Тулым»

Условия эксплуатации большинства шахтных стволов характеризуются высокой агрессивностью среды. Часто аппаратура, установленная на подъемных сосудах, находится под потоком шахтной воды. Не исключены случаи механического нарушения ее при падении кусков горной массы или предметов в ствол. В этих условиях не всегда удается выполнить требование обеспечения непрерывной работы защиты от напуска каната в ствол.

Длительное время на ряде предприятий ведутся опыты построения защиты от напуска каната с использованием информации об усилиях в различных элементах подъемной установки, находящихся вне шахтного ствола – на шахтном копре. Прямой постоянный контроль натяжения канатов [41] на современном этапе практически невозможен, поэтому наиболее предпочтительной для контроля натяжения канатов является индикация деформации элементов копра. Попытки создания защиты, основанной на изменении магнитной проницаемости стали, при изменении нагрузки на элементы копра [41] не дали положительных результатов. Для исключения погрешности и ложного срабатывания такой защиты необходима периодическая настройка всей системы в целом из-за остаточной деформации самих датчиков. Также необходима защита датчиков от раздавливания при чрезмерном натяжении каната.

В основу разработанной защиты от зависания сосуда в стволе положен метод тензометрии [54]. Измерения ведутся на несущих балках опор подшипников копровых шкивов. По результатам многочисленных измерений, проведенных с помощью аппаратуры «Силькан» [95], выбраны балки, деформация которых соответствует натяжению подъемного каната. На рис. 6.3 приведены графики изменения натяжения канатов при работе подъемной установки, полученные методом тензометрии [54], совмещенные с показаниями регистратора параметров РПУ-03.5. Измерения выполнены на скиповой подъемной установке в Казахстане.

Кроме деформации балки, показанной зеленым цветом и обозначенной «Натяжение лев. каната», на рис. 6.3 приведены графики изменения положения левого скипа и скорости его движения.

В период 1 на рис. 6.3 левый скип находится под загрузкой на балках. Подъемный канат у копрового шкива натянут только собственным весом. В период 2 выбирается «слабая» каната, канат воспринимает вес груженого скипа. В период дотяжки 3 происходит выход правого (верхнего) скипа из разгрузочных кривых. В этот период натяжение каната остается неизменным. При разгоне системы до максимальной скорости (период 4) канат подвержен максимальному натяжению.

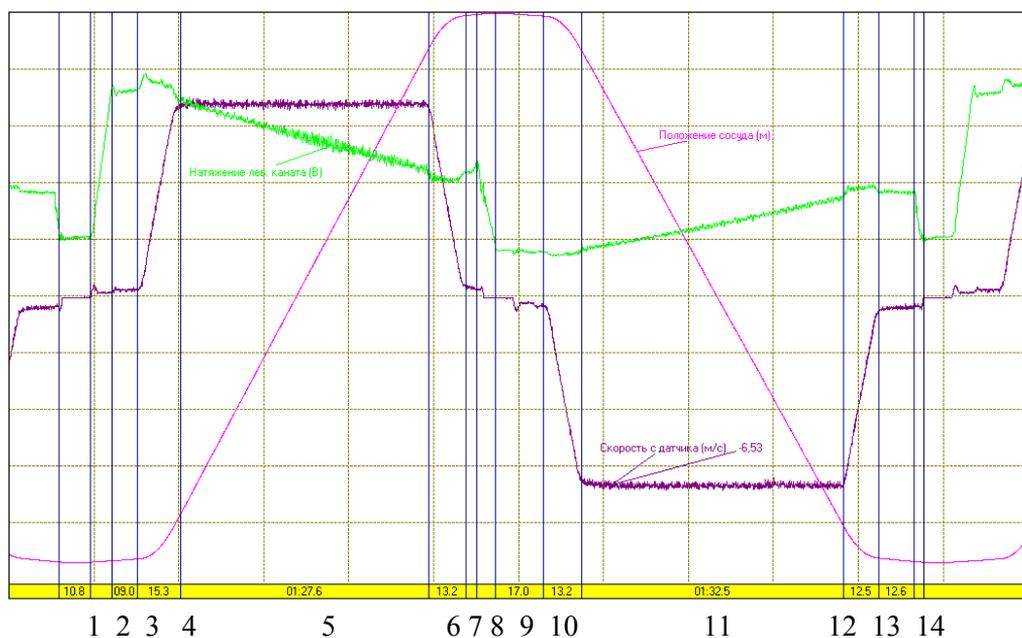


Рис. 6.3. Деформация балки металлического копра при работе скиповой подъемной установки

В период подъема скипа на максимальной скорости 5 длина отвеса каната уменьшается. Соответственно снижается и натяжение каната у копрового шкива. В период основного замедления 6 натяжение каната уменьшается за счет динамической составляющей поднимаемого скипа. Период 7 – вход скипа в разгрузочные кривые и открывание клапанного затвора, что сопровождается увеличением натяжения каната. При загрузке скипа в период 8 натяжение каната снижается до величины веса порожнего скипа. Период дотяжки 9 – выход скипа из разгрузочных кривых. При разгоне системы в период 10 натяжение скипа уменьшается до минимального за счет динамической составляющей опускающегося порожнего скипа. При движении на максимальной скорости (период 11) натяжение каната возрастает за счет веса опускающегося в ствол каната. В период основного замедления 12 натяжение каната возрастает за счет динамической составляющей. В периоды 13 и 14 происходят дотяжка и посадка скипа на балку.

На рис. 6.4–6.6 приведены графики натяжения правого каната, полученные методом тензометрии на скиповой подъемной установке. Натяжение каната здесь приведено в относительных единицах выходного сигнала тензоизмерительной системы.

На рис. 6.5 видны колебания скипа на каната при загрузке скипа и увеличение натяжения каната в процессе загрузки. Колебательный характер изменения натяжения каната при подъеме груженого скипа (см. рис. 6.5)

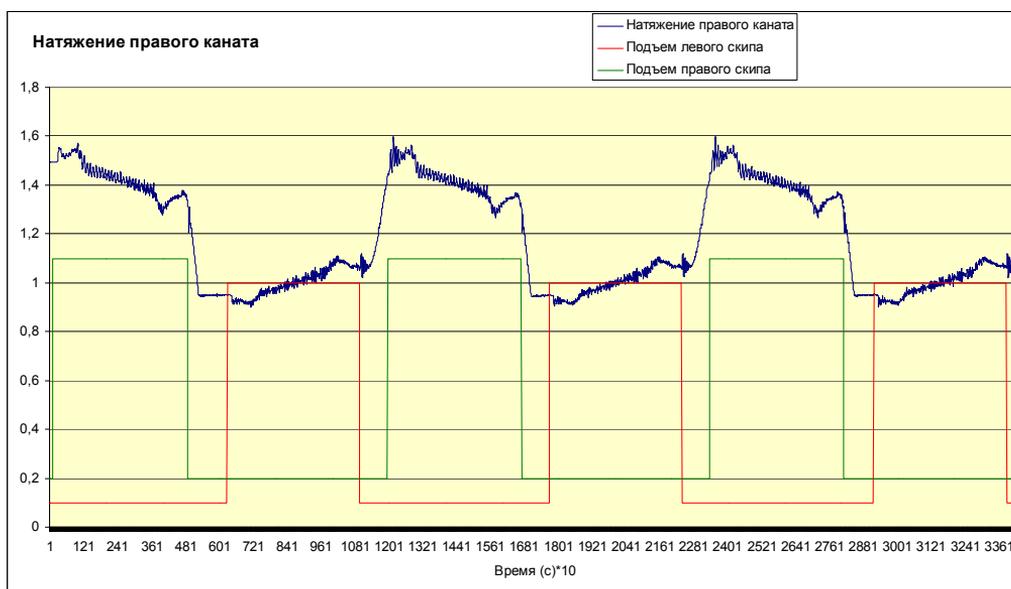


Рис. 6.4. Графики изменения натяжения каната при работе подъемной установки



Рис. 6.5. Графики натяжения каната при подъеме груженого скипа

и опускании порожнего (см. рис. 6.6) обусловлен особенностями подъемной машины 2Ц5×2,7. Обечайка барабана этой машины имела видимое на глаз смещение относительно оси вращения вала подъемной машины. В результате при навивке подъемного каната на барабан и свивке его

с барабана в канате возникают дополнительные динамические нагрузки. Частота этих нагрузок совпадает с частотой вращения барабана подъемной машины.

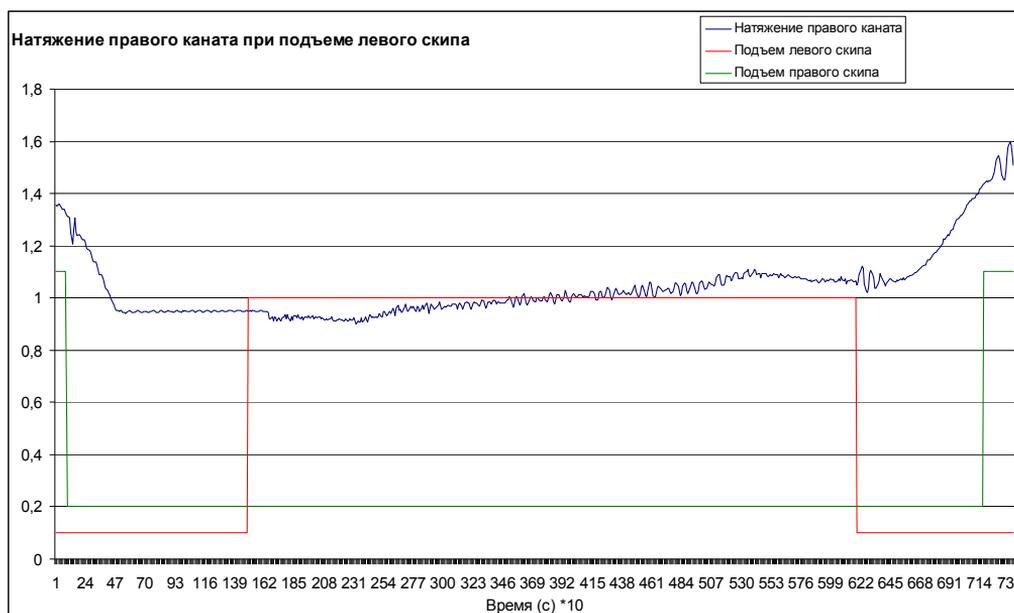


Рис. 6.6. Графики натяжения каната при спуске порожнего скипа

На рис. 6.5 видно уменьшение натяжения каната по мере уменьшения длины отвеса каната в стволе замедления подъемной установки в конце цикла, а также видны вход скипа в разгрузочные кривые, разгрузка скипа и стопорение машины.

На рис. 6.6 видны выход скипа из разгрузочных кривых после разгрузки скипа, увеличение натяжения каната по мере опускания подъемного сосуда в ствол, стопорение машины и загрузка скипа.

Из приведенного анализа информации о натяжении подъемного каната, полученной методом тензометрии балки копра, следует, что предложенный метод позволяет с высокой точностью контролировать натяжение подъемного каната.

Для изучения влияния температуры и времени на дрейф выходного сигнала проведены записи деформаций балки шахтного копра действующей скиповой подъемной установки в течение одного календарного года. В результате установлено, что изменение выходного сигнала в течение года эксплуатации не превысило 42 % от исходного. Отклонения плавно изменяются во времени вслед за изменением температуры окружающей среды.

Таким образом, проведенные исследования показали высокую чувствительность аппаратуры контроля натяжения подъемных канатов, основанной на тензометрии балок шахтного копра, стабильность ее работы в диапазоне температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это позволило разработать аппаратуру контроля натяжения канатов «Тулым», провести промышленные испытания этой аппаратуры и получить разрешение Ростехнадзора на применение в качестве устройства защиты шахтных подъемных установок от напуска канатов при зависании подъемных сосудов в стволе шахты или зависания скипов разгрузочных кривых [102].

Основные технические характеристики аппаратуры «Тулым»:

– диапазон измерения натяжения каната, кН	500;
– минимальное измеряемое натяжение каната, кН	10;
– порог срабатывания при ослаблении каната, не менее (% от концевой нагрузки)	30;
– порог срабатывания при разгрузке скипа, не более (% от веса скипа)	10;
– диапазон рабочих температур электронной части, $^{\circ}\text{C}$	$0 \dots +55$;
– диапазон рабочих температур тензометрической части, $^{\circ}\text{C}$	$-40 \dots +55$;
– влажность воздуха, %	$5 \dots -98$;
– безопасная перегрузка, %	150;
– максимальная перегрузка, %	200.

Структурная схема аппаратуры «Тулым» приведена на рис. 6.7.

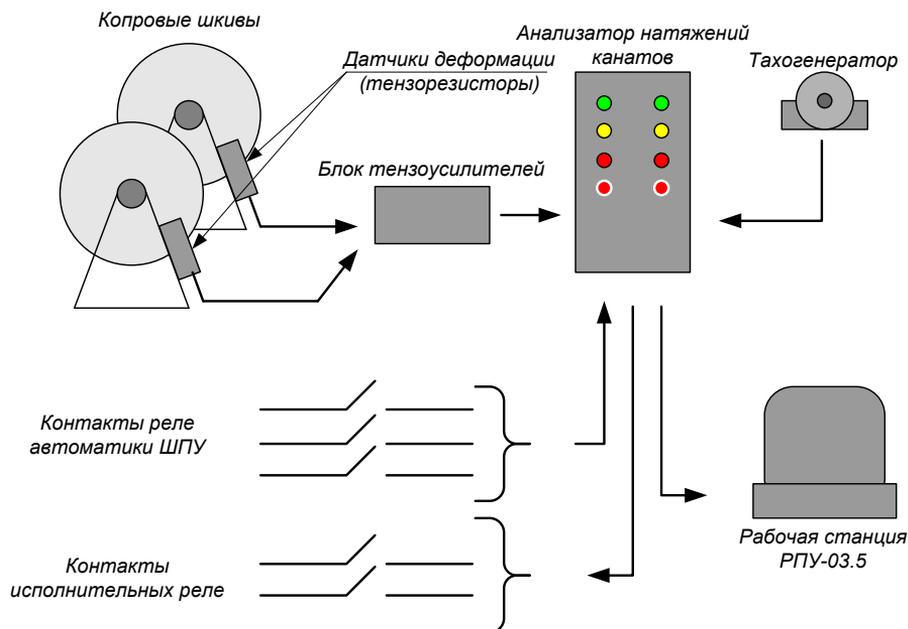


Рис. 6.7. Структурная схема аппаратуры защиты от напуска каната в ствол «Тулым»

Аппаратура «Тулым» производит одновременный контроль двух подъемных канатов. Измерения деформаций ведутся на несущих балках опор копровых шкивов, наиболее чувствительных к натяжению канатов. Тензорезисторы наклеены на поверхность балок и закрыты защитным корпусом. Блоки тензоусилителей установлены в помещении на копре на расстоянии не более 40 м от тензорезисторов. Индикатор натяжений канатов установлен в здании подъемных машин.

Аппаратура «Тулым» осуществляет постоянный контроль натяжения канатов. При уменьшении натяжения каната опускаемого сосуда до установленного предела срабатывает исполнительное реле, разрывающее цепь питания реле предохранительного торможения подъемной установки и вызывающее наложение предохранительного тормоза. Управление исполнительным реле запрета пуска машины происходит в том случае, когда подается сигнал на пуск машины при неполной разгрузке скипа.

На передней панели индикатора натяжений канатов имеются шесть световых индикаторов, информирующих обслуживающий персонал подъемной установки о нормальной работе индикатора и об уровне натяжения подъемных канатов. Вид передней панели индикатора натяжений канатов приведен на рис. 6.8.



Рис. 6.8. Внешний вид индикатора натяжений канатов

Зеленый индикатор постоянно горит при нормальной работе аппаратуры «Тулым». Если сигнал от тензодатчика выходит за допустимый диапазон, то соответствующий зеленый индикатор «Нормальная работа» мигает. При загрузке подъемного сосуда загорается желтый индикатор «За-

грузка сосуда». При разгрузке сосуда желтый индикатор начинает мигать и гаснет при полной разгрузке. При зависании сосуда и ослаблении каната загорается красный индикатор «Зависание» и срабатывает реле защиты. Снятие защиты происходит одновременным нажатием на кнопки «Проверка защиты». Если зависание сосуда не ликвидировано, то красный индикатор «Зависание» мигает до тех пор, пока натяжение каната будет не восстановлено. При нажатии кнопки «Проверка защиты» происходит подача напряжения на первичные датчики, срабатывает реле защиты. Проверки исправности защит проводятся путем имитации зависания сосуда подачей напряжения на первичные датчики деформации балок копра. Такие проверки проводятся ежедневно, а каждые три месяца проводятся контрольные испытания аппаратуры «Тулым» в условиях реального ослабления подъемных канатов путем установки каждого подъемного сосуда на балки или кулаки на нулевой площадке шахтного ствола. В этом случае контролируется исправность всех элементов аппаратуры – от тензорезисторов до исполнительного реле в условиях реального ослабления канатов.

На рис. 6.9 приведены графики натяжения канатов при посадке левого скипа на балку на нулевой отметке ствола. Видно, как при плавной посадке скипа на балку уменьшается натяжение левого каната. При этом увеличивается ток подъемного двигателя, поднимающего правый скип с канатом.

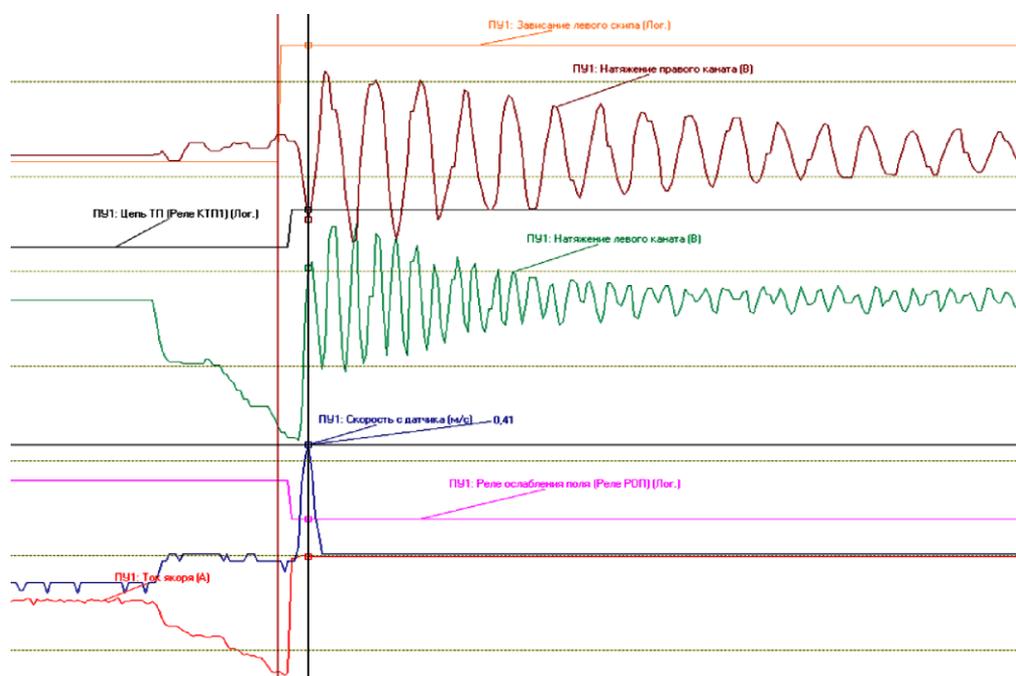


Рис. 6.9. Графики изменения натяжения каната при контрольных испытаниях аппаратуры «Тулым»

После срабатывания защиты (разрыва контакта «зависание левого скипа») разрывается цепь ТП, выключается подъемный двигатель и барабан подъемной машины под действием веса правого скипа с канатом проворачивается в сторону опускания правого скипа. Это происходит в период срабатывания тормоза, который не превышает 0,8 с. В результате левый канат вновь нагружается весом скипа, который снимается с балки.

Опыт эксплуатации аппаратуры защиты от напуска каната в ствол «Тулым» показал высокую чувствительность ее к ослаблению каната и высокую надежность. Аппаратура позволяет постоянно контролировать ее исправность. К недостаткам аппаратуры следует отнести ее зависимость чувствительности от конструкции стального копра. Поэтому для определения возможности применения аппаратуры «Тулым» на конкретной подъемной установке необходимо провести обследование копра с помощью аппаратуры «Силькан», в процессе которой найти наиболее чувствительные к натяжению канатов балки копра и определить величину деформаций этих балок при работе подъема.

7. ЗАЩИТА ОТ ПРЕВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ

7.1. Требования к защите

Для обеспечения безопасной эксплуатации шахтных подъемных установок каждая действующая подъемная установка с проектной скоростью движения более 3 м/с и вновь проектируемая – свыше 2 м/с должны быть оборудованы ограничителем скорости, вызывающим включение предохранительного тормоза подъемной машины в случае:

- превышения скорости движения в период разгона и равномерного хода на 15 %;
- превышения в период замедления скорости защитной тахограммы, величина которой в каждой точке пути замедления определяется из условий предотвращения жесткой посадки и аварийного переподъема сосудов;
- подхода сосуда к верхней и нижней приемным площадкам, а также к жестким направляющим при канатной армировке ствола и переходе с лобовых на боковые направляющие со скоростью более 1 м/с при спуске-подъеме людей и 1,5 м/с – при спуске-подъеме груза.

Остальные подъемные установки должны быть оснащены аппаратами, вызывающими включение предохранительного тормоза в случае превышения скорости равномерного хода на 15 %.

Выполнение требований, предъявляемых к защите от превышения скорости, обеспечивается правильным расчетом и наладкой ограничителя скорости с учетом условий эксплуатации подъемной установки. Для каждой подъемной установки рассчитываются критическая, защитная и рабочая тахограммы (диаграммы скорости), которые представляют собой зависимость допустимой скорости движения подъемной машины от расстояния между точкой, где в данный момент находится подъемный сосуд, до крайнего его положения.

По расчетной защитной тахограмме должен быть настроен ограничитель скорости. Расчет тахограмм выполняется при пуске подъемной установки в эксплуатацию и при каждом изменении режима работы установки в процессе эксплуатации (концевой нагрузки, скорости движения, длины пути свободного переподъема и т.п.).

7.2. Расчет критической, защитной и рабочей тахограмм подъемной установки

Общие положения

Расчет критической, защитной и рабочей тахограмм выполняется по приведенной методике, разработанной на основании многолетнего опыта

наладки и эксплуатации ограничителей скорости шахтных подъемных установок с учетом требований правил безопасности [114, 115] и «Методики расчета критической, защитной и рабочей тахограмм шахтных подъемных установок» [47].

По сравнению с существующими в настоящее время методиками данная методика имеет следующие существенные отличия:

1. Для всех технологических схем подъемных установок критическая тахограмма определяется из условия остановки подъемного сосуда при предохранительном торможении в точке конечной рабочей остановки.

2. Методика предусматривает определение допустимой скорости подъема подъемного сосуда к концевым выключателям переподъема из условия обеспечения защиты от аварийного переподъема (для случаев фактической малой высоты переподъема).

3. При расчете защитной тахограммы для всех технологических схем подъемных установок обязательно предусматривается контролируемый путь «дотягивания» с учетом величины пути, не защищаемого ограничителем скорости от жесткой посадки.

При расчете тахограмм принимаются следующие условия и упрощающие допущения, не приводящие к снижению безопасности эксплуатации подъемных установок:

1. Процесс предохранительного торможения рассматривается не с момента разрыва цепи защиты, а с момента возникновения скорости, соответствующей уставке срабатывания ограничителя скорости. При этом учитывается время срабатывания ограничителя скорости.

2. При расчете тахограмм принимаются не фактические величины замедлений при предохранительном торможении и времени срабатывания ограничителя и тормоза, а предельно допустимые правилами безопасности [114, 115].

Это связано с тем, что тормозной путь, проходимый подъемными сосудадами в процессе предохранительного торможения, зависит от коэффициента трения колодок, КПД тормозной системы, величины груза в подъемном сосуде и других факторов, которые могут изменяться в процессе эксплуатации.

3. Фактические величины времени срабатывания тормоза $t_{\text{ср}}$, приращения скорости ΔV за время срабатывания тормоза, ускорения свободного выбега $a_{\text{св}}$ и среднего замедления $a_{\text{пт}}$ при предохранительном торможении определяются по результатам испытания тормозной системы с помощью аппаратуры «Силькан» (см. подразд. 5.4).

Съемка осциллограмм выполняется следующим образом.

Подъемный сосуд загружается номинальным грузом и останавливается на расстоянии 25–30 м от нижней приемной площадки. Ограничитель скорости переключается в режим контроля скорости подхода, после чего подъемная машина растормаживается и под действием груза начинается ее движение в сторону спуска груза. При скорости машины около 0,5–1 м/с (в зависимости от величины контролируемой скорости подхода) включается запись осциллограммы. В момент достижения машиной скорости срабатывания ограничителя при подходе подъемных сосудов $V'_{пт}$ произойдет срабатывание ограничителя скорости, и через время t_{oc} произойдет разрыв цепи защиты. Величина скорости в момент разрыва цепи защиты $V_{п}$ и ее максимальное значение за время затормаживания машины должны определяться и фиксироваться на осциллограмме. На осциллограммах записывается кроме скорости машины также момент разрыва цепи защиты. Масштаб осциллограмм должен быть достаточным для их дальнейшей обработки.

На скиповых многоканатных подъемных установках, на которых имеется защита от спуска груза на большой скорости, осциллограмма снимается на скорости срабатывания этой защиты, но не более 1,5 м/с.

По графикам изменения скорости определяются следующие параметры движения машины при предохранительном торможении с учетом масштабов осциллограммы:

$V_{п}$ – скорость, при которой включился предохранительный тормоз, м/с;

ΔV – приращение скорости за время срабатывания тормоза, м/с;

t'_{cp} – расчетное время срабатывания тормоза, с;

t_3 – время, в течение которого в процессе предохранительного торможения скорость от максимального значения снижается до нуля, с.

По полученным данным рассчитываются:

$$a_{св} = \frac{\Delta V}{t'_{cp}}; \quad (7.1)$$

$$a'_{пт} = \frac{V_{п} + \Delta V}{t_3}, \quad (7.2)$$

где $a_{св}$ – ускорение свободного выбега, м/с²; $a'_{пт}$ – средняя величина замедления при предохранительном торможении со скорости подхода, м/с².

Полученные данные используются в дальнейших расчетах. При этом, если величина $a'_{пт}$, рассчитанная по осциллограмме, будет меньше нормативных значений (1,5 м/с² для вертикальных и наклонных подъемов с углом наклона свыше 30° и 0,75 м/с² для наклонных подъемов с углом наклона до 30°), то в дальнейших расчетах принимается эта величина. В остальных случаях $a'_{пт}$ принимается по предельно допустимым нормативным значениям.

В случаях, когда по каким-либо причинам осциллограммы предохранительного торможения при спуске номинального груза на скорости подхода не могут быть сняты, значение ускорения свободного выбега $a_{св}$ можно определять расчетным методом по проектным данным установки как отношение максимальной разности натяжений ветвей канатов к приведенной массе установки:

$$a_{св} = \frac{10^3 F}{m_{пр}}, \quad (7.3)$$

где F – максимальная разность статических натяжений канатов, кН; $m_{пр}$ – приведенная к барабану машины масса подъемной установки, кг.

Если нет полных исходных данных для расчета ускорения свободного выбега, допускается в расчетах принимать следующие величины:

$a_{св} = 1,25 \text{ м/с}^2$ – для людских и грузо-людских подъемных установок;

$a_{св} = 1,0 \text{ м/с}^2$ – для грузовых подъемных установок;

$a_{св} = 0,75 \text{ м/с}^2$ – для всех подъемных установок с уравнивающими канатами.

Величина среднего замедления и время срабатывания тормоза для этих случаев принимаются:

$a'_{пт} = 1,2 \text{ м/с}^2$ – для вертикальных и наклонных подъемов с углом наклона свыше 30° ;

$a'_{пт} = 0,6 \text{ м/с}^2$ – для наклонных подъемов с углом наклона до 30° ;

$t_{ср}$ – время срабатывания тормоза, $t_{ср} = 0,8 \text{ с}$.

Приращение скорости в таких случаях определяется по формуле

$$\Delta V = a_{св} \cdot t_{ср}. \quad (7.4)$$

4. В случаях, когда необходимо получить максимально возможную производительность подъемной установки и фактическая величина $t_{ср}$ при максимально допустимом зазоре между тормозными колодками и ободом заметно меньше допускаемой правилами безопасности (ПБ), а величина $a'_{пт}$ заметно больше минимально допускаемой ПБ, возможно в расчетах критической и защитной тахограмм их величины принимать по результатам осциллографирования процесса предохранительного торможения при спуске номинального груза на допустимой скорости подхода.

При этом должны быть предусмотрены специальные мероприятия, гарантирующие стабильность этих параметров.

Критерием стабильности работы ограничителя скорости и тормоза может служить постоянство величины скорости, при которой срабатывает ограничитель скорости на контролируемом участке пути дотягивания,

и величины пути торможения машины при срабатывании предохранительного тормоза на этой скорости.

Для этой цели могут быть использованы записи регистраторов параметров РПУ-03.х [98].

До расчета тахограмм проверяется величина допустимой скорости подхода к конечным положениям по пути свободного переподъема и определяется минимальный путь дотягивания.

После получения и расчета всех исходных данных выполняются расчет и построение критической, защитной и рабочей тахограмм.

Расчитанные критическая, защитная и рабочая тахограммы строятся на одном рисунке в одном и том же масштабе (рис. 7.1). Расположение защитной тахограммы по отношению к рабочей и критической оценивается визуально, а при необходимости и расчетным путем для исключения как ложных срабатываний ограничителя при возможных отклонениях от предельной рабочей тахограммы, так и возможности неполного обеспечения защитных функций вследствие приближения защитной тахограммы в отдельных точках пути к критической.

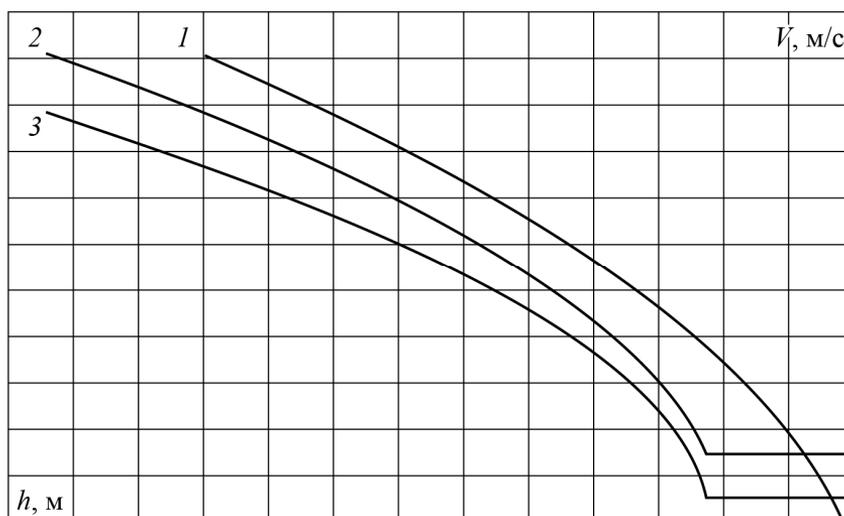


Рис. 7.1. Тахограммы периода замедления:
1 – критическая; 2 – защитная; 3 – рабочая

При необходимости выполняется корректировка рабочей и защитной тахограмм (например, изменением контролируемого пути дотягивания, снижением контролируемой или рабочей скорости подхода и др.).

Расчетная критическая тахограмма

Величина скорости в момент разрыва цепи защиты, при которой в процессе предохранительного торможения опускающийся сосуд с грузом

остановится в нижнем конечном положении, а поднимающийся – в верхнем конечном положении, называется критической скоростью.

Зависимость величины критической скорости от положения подъемных сосудов в стволе называется критической тахограммой.

Если допустить, что процесс предохранительного торможения должен закончиться в конце пути свободного переподъема, то аварийная остановка опускающегося подъемного сосуда произойдет ниже нормального рабочего положения, т.е. опускание его в зумпф для вертикальных стволов или в нерабочую тупиковую часть выработки для наклонных стволов.

Учитывая периодичность чистки зумпфов, их заполнение водой, возможность попадания посторонних предметов на путь в нерабочей зоне наклонных выработок, целесообразно расчет критической тахограммы для всех подъемных установок вести из условия, чтобы процесс предохранительного торможения заканчивался в точке конечной рабочей остановки (нормального положения при разгрузке).

Критическая тахограмма рассчитывается в диапазоне скоростей $V_i = 0-1,15 V_m$ по формуле

$$h_{ki} = \frac{(V_i + \Delta V)^2}{2a_{пт}} + V_i(t_{oc} + t_{cp}) + \frac{\Delta V \cdot t_{cp}}{2}. \quad (7.5)$$

При расчете принимаются: $a_{пт} = 0,75 \text{ м/с}^2$ для наклонных подъемов с углом наклона до 30° , $a_{пт} = 1,5 \text{ м/с}^2$ для вертикальных и наклонных подъемов с углом наклона свыше 30° . Для многоканатных подъемных установок и установок со шкивами трения, если по условию предотвращения скольжения канатов по канатоведущему шкиву величина среднего замедления должна быть меньше $1,5 \text{ м/с}^2$, тогда величина $a_{пт} = 1,2 \text{ м/с}^2$.

Расчетная защитная тахограмма

Расчетная защитная тахограмма – это зависимость значений скорости от положения подъемных сосудов в стволе, при достижении которых должно происходить срабатывание ограничителя скорости. Она определяет, на каком расстоянии от конечного положения и при какой скорости должен сработать ограничитель скорости.

На эту тахограмму должен настраиваться ограничитель скорости.

Ограничитель скорости обеспечит безопасную эксплуатацию подъемной установки, если его защитная тахограмма не будет пересекаться с критической в диапазоне скоростей от V_n до $1,15 V_m$.

Защитная тахограмма должна обеспечить подход подъемных сосудов к конечным положениям, а также к разгрузочным и загрузочным устройствам, кулакам, посадочным брусьям, жестким направляющим при канатной

армировке ствола и к боковым направляющим при переходе на них подъемного сосуда с лобовых направляющих (точки возможной жесткой посадки) со скоростью не более допустимой скорости подхода для данной установки.

Расчет защитной тахограммы на участке замедления в диапазоне скоростей $V_i = V_{\text{п}} \dots 1,15V_{\text{м}}$ с учетом минимального для данной установки пути дотягивания выполняется по формулам [74]:

$$h_{zi} = \frac{V_i^2 - V_{\text{п}}^2}{2a_3} + h_{\text{д}} ; \quad (7.6)$$

$$a_3 = a_{\text{р}} \cdot \frac{1,15^2 V_{\text{м}}^2 - V_{\text{п}}^2}{V_{\text{м}}^2 - V_{\text{д}}^2}, \quad (7.7)$$

где a_3 – величина расчетного замедления по защитной тахограмме, м/с^2 ; $a_{\text{р}}$ – допускаемая величина рабочего замедления, м/с^2 ; $a_{\text{р}} = 0,5 \text{ м/с}^2$ – для наклонных подъемных установок с углом наклона до 30° ; $a_{\text{р}} = 0,75 \text{ м/с}^2$ – для вертикальных и наклонных подъемных установок с углом наклона свыше 30° .

В случае пересечения защитной тахограммы с критической следует увеличить путь «дотягивания».

Расчетная рабочая тахограмма

Тахограмма, выполняемая во время нормальной работы подъемной установки, называется рабочей.

Нормы технологического проектирования подъемных установок предусматривают для скиповых и клетевых подъемов семипериодные тахограммы. Величина основного ускорения и замедления для вертикальных людских и грузовых подъемов не должна превышать $0,75 \text{ м/с}^2$, а для наклонных подъемов с углом наклона до 30° – $0,5 \text{ м/с}^2$. Ускорение при трогании с места и замедление при стопорении не должны превышать $0,3 \text{ м/с}^2$.

Семипериодная тахограмма включает следующие участки пути (периоды):

- 1 – Разгон до скорости $0,5 \text{ м/с}$.
- 2 – Отход сосудов от конечного положения со скоростью $0,5 \text{ м/с}$.

Суммарный путь движения первого и второго участка тахограммы принимается не менее $1,5 \text{ м}$ для клетей, а для скипов – не менее длины разгрузочных кривых, увеличенной на $0,5 \text{ м}$.

3 – Разгон машины от скорости $0,5 \text{ м/с}$ до максимальной скорости равномерного хода.

- 4 – Движение машины с максимальной скоростью равномерного хода.
- 5 – Снижение скорости с максимальной до скорости $0,5 \text{ м/с}$.

6 – Движение машины со скоростью 0,5 м/с (дотягивание).

7 – Стоporение машины в конечной рабочей точке пути подъема (снижение скорости с 0,5 м/с до 0).

Суммарный путь движения на 6-м и 7-м участках тахограммы следует принимать не менее 3 м для клетей и не менее удвоенной длины кривых для скипов.

При расчетах и построении рабочей тахограммы участки 1 и 2, 6 и 7 объединяются в один, т.е. фактически строится пятипериодная тахограмма.

В период разгона для вертикальных и наклонных (более 30°) подъемных установок, предназначенных для подъема и спуска людей, расчетное значение ускорения не должно превышать 1 м/с², а для наклонных установок до 30° – 0,75 м/с². Величина ускорения для грузовых подъемных установок определяется проектом [114, 115].

Расчетное значение замедления для всех типов подъемов не должно превышать 0,5 м/с² для подъемных установок в выработках с углами наклона до 30° и не более 0,75 м/с² – с углами наклона более 30°. Допускается превышение расчетных рабочих замедлений при условии, что среднее замедление при предохранительном торможении в режиме спуска груза будет больше расчетного рабочего замедления не менее чем в 2 раза [114, 115].

Рабочая тахограмма должна строиться в соответствии с данными, указанными в проектной документации установки. При этом для автоматизированных подъемных установок рассчитывается полная рабочая тахограмма, по которой настраивается схема (аппарат) заданной скорости системы автоматического управления.

Период рабочей тахограммы для участка замедления рассчитывается в диапазоне скоростей $V_i = V_d \dots V_m$ по предельно допустимым значениям скорости «дотягивания» и рабочего замедления по формуле

$$h_{pi} = \frac{V_i^2 - V_d^2}{2a_p} + h_d, \quad (7.8)$$

где V_d – предельно допустимая величина скорости «дотягивания», $V_d = 0,5$ м/с; $a_p = 0,75$ м/с² – для вертикальных и наклонных подъемов с углом наклона более 30°; $a_p = 0,5$ м/с² – для наклонных подъемов с углом наклона до 30°.

Пересечение рабочей и защитной тахограмм не допускается.

При ручном управлении подъемной машиной определяется точка начала замедления при подходе подъемных сосудов к конечным положениям, которая должна находиться на 1–2 м раньше точки начала контроля снижения скорости на защитной тахограмме. В этой точке, отмеченной на

указателе глубины, должен включаться автоматический звонок, сигнализирующий машинисту о начале периода замедления.

В инструкции для машиниста по управлению подъемной машиной должны быть указаны величина пути, проходимого в начале цикла на скорости дотягивания, и величина пути дотягивания. Этот путь целесообразно отметить на указателе глубины.

7.3. Описание и принцип действия ограничителя скорости ОС-5

Одним из современных серийно выпускаемых ограничителей скорости, выполненных на базе программируемого логического контроллера, является ограничитель скорости ОС-5. Он предназначен для защиты шахтных подъемных установок от превышения допустимых значений скорости движения подъемных сосудов во всех режимах работы: в периоды разгона, равномерного движения, замедления, дотягивания и обратного хода. Ограничитель скорости ОС-5 обеспечивает защиту подъемных машин от «обратного хода» и защиту многоканатных машин от пробуксовки канатоведущего шкива.

Ограничитель скорости ОС-5 позволяет производить:

- работу в трех режимах: «Настройка», «Работа», «Проверка»;
- измерение и контроль скорости движения и текущего положения подъемных сосудов в стволе шахты;
- вывод на цифровом дисплее панели оператора, размещенной на пульте машиниста ШПУ, текущих значений положения подъемных сосудов, скорости движения, величины ограничения скорости;
- расчет защитных диаграмм движения подъемных сосудов в шахтном стволе согласно требованиям правил безопасности;
- сравнение измеренных значений текущего положения и скорости движения подъемных сосудов с допустимыми значениями, определяемыми защитными диаграммами;
- выдачу сигнала для срабатывания исполнительных реле на наложение предохранительного тормоза;
- контроль срабатывания исполнительных реле;
- вывод аварийных сообщений на пульт оператора;
- проверку работы устройства путем имитации превышения текущей скоростью значения защитной диаграммы, имитации «обратного хода» и имитации пробуксовки канатоведущего шкива;

Контроль положения и скорости движения подъемных сосудов в шахтном стволе обеспечивается датчиками угла поворота вала подъемной установки. Для обеспечения высокой надежности и осуществления самоконтроля исправности измерительного канала скорости движения

подъемных сосудов в ограничителе скорости ОС-5 используются три независимых первичных преобразователя скорости:

- многооборотный датчик угла поворота;
- инкрементальный датчик угла поворота;
- тахогенератор системы управления ШПУ.

Для защиты многоканатных машин от пробуксовки канатоведущего шкива устанавливается дополнительный инкрементальный датчик угла поворота на отклоняющем шкиве.

Вывод информации обслуживающему персоналу о текущих значениях координат подъемных сосудов в шахтном стволе, скорости их движения и величине ограничения скорости осуществляется на панель оператора.

Панель размещается на пульте машиниста подъемной установки. Обмен данными между контроллером и панелью оператора ограничителя скорости ОС-5 производится по последовательному интерфейсу RS-485.

Панель оператора имеет цветной цифровой сенсорный дисплей. Смена режима вывода информации и проверка работоспособности устройства осуществляются нажатием на определенные области дисплея.

Основные характеристики измерительных каналов (ИК) ограничителя скорости ОС-5 приведены в табл. 7.1.

Примечание к табл. 7.1.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности от влияния температуры окружающей среды не превышают половины значения основной погрешности.

Программируемый логический контроллер ограничителя скорости ОС-5 запрограммирован на работу в трех режимах: «Настройка», «Работа», «Проверка».

В режиме «Настройка» осуществляется ввод в контроллер параметров защитной диаграммы. Защитная диаграмма рассчитывается в специализированной программе (входящей в комплект ограничителя скорости ОС-5) на персональном компьютере. Перенос данных из программы расчета в память контроллера может быть осуществлен с портативного компьютера (ноутбука) по интерфейсу Ethernet.

В режиме «Работа» ограничителя скорости ОС-5 контролирует скорость и положение подъемных сосудов и сравнивает текущее значение скорости с соответствующим значением защитной диаграммы. В случае превышения текущей скорости ОС-5 вырабатывает сигнал на исполнительный элемент разрыва цепи предохранительного тормоза ШПУ. В качестве исполнительных элементов разрыва цепи предохранительного тормоза используются два независимых реле, включенных в цепь последовательно.

Таблица 7.1

Характеристики измерительных каналов (ИК) ограничителя скорости ОС-5

Наименование ИК	Диапазон измерений	Первичный преобразователь			Контроллер, операторская панель с установленным программным обеспечением ОС-5			Пределы допускаемой основной погрешности ИК, %
		Тип	Пределы допускаемой основной погрешности, %	Диапазон выходного сигнала	Диапазон входного сигнала	Пределы допускаемой основной погрешности, %	Диапазон выходного сигнала, в единицах физической величины	
ИК линейного перемещения сосудов	(0 ... 2000) м	Датчик угла поворота АУМ-58 (код Грея)	1 импульс на один оборот	4096 импульсов на 1 оборот	4096 импульсов на 1 оборот	4096 импульсов на 1 оборот	Не нормируется	$\pm 1,0$ от измеренной величины
ИК скорости движения сосудов	(1 ... 20) м/с	Датчик угла поворота RH58N	1 импульс на один оборот	4096 импульсов на 1 оборот	4096 импульсов на 1 оборот	4096 импульсов на 1 оборот	Не нормируется	$\pm 2,0$ от верхнего значения диапазона измерений
ИК скорости движения сосудов	(1 ... 20) м/с	Датчик угла поворота АУМ-58 (код Грея)	1 импульс на один оборот	4096 импульсов на 1 оборот	4096 импульсов на 1 оборот	4096 импульсов на 1 оборот	Не нормируется	$\pm 2,0$ от верхнего значения диапазона измерений
ИК скорости движения сосудов	(1 ... 20) м/с	Тахогенератор двигателя подъемной машины	Не нормируется	± 230 В	± 230 В	± 230 В	Не нормируется	$\pm 3,0$ от верхнего значения диапазона измерений
ИК скорости движения сосудов	(1 ... 20) м/с	Датчик угла поворота RH58N отклоняющего шкива	1 импульс на один оборот	4096 импульсов на 1 оборот	4096 импульсов на 1 оборот	4096 импульсов на 1 оборот	Не нормируется	$\pm 2,0$ от верхнего значения диапазона измерений

В случае «обратного хода» подъемной машины или пробуксовки канатоведущего шкива программируемого логического контроллера (ПЛК) вырабатывает сигнал на соответствующее исполнительное реле разрыва цепи предохранительного тормоза ШПУ.

При проскальзывании головных канатов по канатоведущему шкиву цепь предохранительного тормоза не разрывается, но контроллер выдает световую и звуковую сигнализацию на панель оператора.

Одновременно с контролем выполнения защитной диаграммы ограничителя скорости ОС-5 производит самодиагностику измерительных цепей положения и скорости. В случае обнаружения нарушений в работе контроллер также вырабатывает сигнал на исполнительный элемент разрыва цепи предохранительного тормоза, включает световую индикацию и выдает соответствующее текстовое сообщение на панель оператора.

Режим «Проверка» предусмотрен для проверки работоспособности ограничителя скорости ОС-5. При нажатии на кнопку красного цвета «Проверка» или на изображение кнопки «Проверка» на панели оператора происходит имитация роста скорости ШПУ. Проверка осуществляется на остановленной ШПУ, цепь предохранительного торможения собрана. Оператор нажимает и удерживает кнопку проверки на панели, тем самым вызывая рост величины текущей скорости в программе контроллера. При достижении скоростью значения, превышающего ограничение, ограничитель скорости ОС-5 вырабатывает сигнал на исполнительный элемент разрыва цепи предохранительного тормоза ШПУ.

Проверка защиты от «обратного хода» и от пробуксовки канатоведущего шкива осуществляется нажатием на соответствующие кнопки проверки на остановленной подъемной машине при собранной цепи предохранительного торможения.

Контроллер ограничителя скорости ОС-5 запрограммирован на выполнение следующих функций:

- опрос измерительных каналов;
- расчет текущих параметров контроля и защиты;
- вывод информации на панель оператора;
- проверка работы устройства с панели оператора;
- самодиагностика работы устройства;
- управление исполнительными реле;
- регистрация данных о работе устройства;
- ввод исходных данных по интерфейсу Ethernet.

Обмен данными между контроллером и операторской панелью ограничителя скорости ОС-5 производится по последовательному интерфейсу RS-485.

Положение и скорость движения подъемного сосуда в шахтном стволе определяются с помощью оптоэлектронного многооборотного датчика абсолютного угла поворота, соединенного с валом подъемной машины через согласующее устройство. Датчик имеет разрешение 4096 делений на оборот и контролирует 4096 оборотов. Сигналы с датчика поступают в модуль SSI-интерфейса контроллера. Из угла поворота вычисляется положение сосудов в метрах. Скорость движения подъемного сосуда определяется программно.

Контроль исправности датчика абсолютного угла поворота осуществляется с помощью инкрементального датчика угла поворота, установленного на одной оси с контролируемым датчиком.

Контроль исправности подключения согласующего устройства к валу подъемной установки осуществляется измерением напряжения тахогенератора подъемной машины.

В случае обнаружения неисправности в работе измерительных каналов контроля положения и скорости контроллер вырабатывает сигнал на исполнительное реле разрыва цепи предохранительного тормоза ШПУ.

В случае превышения текущей скорости движения подъемных сосудов, при «обратном ходе» подъемной машины, при пробуксовке канатоподводящего шкива, а также в результате выявленной неисправности в работе ограничителя скорости ОС-5 устройство разрывает цепь предохранительного торможения подъемной установки.

В качестве исполнительных элементов разрыва цепи используются четыре реле, катушки управления которых подключены к модулю дискретного вывода контроллера.

7.4. Программное обеспечение ограничителя скорости ОС-5

Программное обеспечение ограничителя скорости ОС-5 позволяет осуществлять:

- ввод защитных диаграмм;
- ввод параметров подъемной установки;
- проверку введенных данных на допустимость;
- преобразование входных сигналов в единицы измеряемых параметров и индикацию на экране ограничителя скорости ОС-5 текущего положения, скорости движения и ограничения скорости подъемных сосудов;
- сравнение измеренных значений текущего положения и скорости движения подъемных сосудов с допустимыми значениями, определяемыми защитными диаграммами;
- контроль исправности измерительных каналов методом сравнения показаний датчиков вращения вала и тахогенератора;
- вывод аварийных сообщений на пульт оператора;

- выдачу сигнала на наложение предохранительного тормоза при аварийной ситуации;
- контроль срабатывания исполнительных реле;
- контроль исправности ограничителя скорости ОС-5 методами самодиагностики системы управления и исполнительных элементов;
- архивацию данных (текущее сохранение событий).

Вид экрана монитора (представление контрольной информации) зависит от назначения подъемной установки и устанавливается для каждой из них индивидуально.

Состав программного обеспечения

Программное обеспечение ограничителя скорости ОС-5 состоит из трех самостоятельных программ:

1. Программа контроллера WAGO. Загружается в контроллер на этапе производства.
2. Программа сенсорной панели оператора «Овен СП270». Загружается в операторские панели на этапе производства.
3. Программа настройки для персонального компьютера «Конфигуратор ограничителя скорости ОС-5». Поставляется в комплекте с ограничителем скорости.

Назначение программного обеспечения

Программа контроллера WAGO осуществляет:

- преобразование входных сигналов в единицы измеряемых параметров;
- сравнение измеренных значений текущего положения и скорости движения подъемных сосудов с допустимыми значениями, определяемыми защитными диаграммами;
- непрерывный контроль скорости и положения сосудов подъемной установки во всех режимах работы;
- контроль исправности ИК и исполнительных реле;
- разрыв цепи предохранительного торможения в случае превышения допустимой скорости, «обратного хода», пробуксовки канатоведущего шкива или неисправности ограничителя;
- сохранение и проверку на допустимость параметров подъема и защитных диаграмм;
- сохранение архива событий;
- вывод аварийных сообщений на панели оператора;
- обмен данными с панелями оператора и программой настройки.

Программа панели оператора «Овен СП270» осуществляет:

- индикацию на экране текущего положения и скорости движения подъемных сосудов;

– ввод данных от оператора в режиме проверки ограничителя скорости ОС-5;

– вывод информации о результатах самодиагностики и причине разрыва ограничителем цепи предохранительного торможения.

Программа настройки «Конфигуратор ограничителя скорости ОС-5» осуществляет:

– ввод и проверку на допустимость параметров настройки ограничителя скорости ОС-5;

– расчет и проверку на допустимость параметров защитных диаграмм;

– мониторинг всех измеряемых и расчетных параметров ограничителя скорости ОС-5;

– чтение и запись параметров настройки ограничителя скорости ОС-5 в контроллер или в файл;

– чтение архива событий из памяти контроллера.

Работа программы панели оператора

Запуск программы в операторской панели производится автоматически при включении питания ограничителя скорости ОС-5.

Работа программы заключается в выводе информации на экран панели.

Через несколько секунд после включения ограничителя скорости ОС-5 программа панели начинает работать.

Во время загрузки контроллера ограничителя скорости на панели выводится экран заставки (рис. 7.2.).

Рядом с экраном на панели оператора расположены две лампы: «Готовность/Проверка» (зеленая), «ТП/Сбой»(красная) и две кнопки «Взвод»(зеленая), «Проверка ТП»(красная).

Лампа «Готовность/Проверка»:

- горит, когда ограничитель находится в рабочем состоянии;
- быстро мигает, когда ограничитель находится в режиме «Проверка»;
- медленно мигает, когда имеется некритическая ошибка (код меньше 100), которая не мешает выполнять ограничителю основные функции.

Лампа «ТП/Сбой»:

- горит, когда ограничитель включает ТП по превышению ограничения скорости. Контакт цепи ТП разомкнут;
- быстро мигает, когда ограничитель включает ТП в результате критической ошибки (код больше 102), не совместимой с выполнением основных функций. Контакт цепи ТП разомкнут.

Кнопка *Взвод* используется для замыкания контакта цепи ТП и приведения ограничителя в рабочий режим.

Кнопка *Проверка ТП* используется для проверки работоспособности ограничителя путем имитации роста скорости.

После окончания загрузки будет отображаться основной экран панели оператора. Для начала работы необходимо нажать кнопку *Взвод*. Ограничитель перейдет в рабочий режим и загорится лампа «Готовность/Проверка». Общий вид экрана панели представлен на рис. 7.2.

Вид экрана панели во время работы определяется типом подъемной установки и настройками ограничителя, выполненными в программе настройки.



Рис. 7.2. Основной экран панели оператора

В центральной части экрана панели отображаются текущая скорость сосуда, м/с (значение слева), и текущее ограничение скорости сосуда по параметрам защитной диаграммы, м/с (значение справа). Значение ограничения скорости определяется текущей скоростью, положением сосуда в стволе и выбранным режимом работы подъемной установки. Рядом со значениями текущей скорости и ограничением скорости отображаются столбики синего (скорость) и красного (ограничение скорости) цвета. Высота столбиков пропорциональна величине соответствующего параметра. Максимальная высота соответствует величине 10 м/с.

Режим работы подъемной установки выводится в левом нижнем углу экрана. Возможные значения: «Ревизия», «Люди», «Груз».

Справа от режима работы выводится текущее положение сосуда в метрах. При опускании сосуда значение уменьшается. Точка отсчета (ноль метров) для положения сосуда считается от нулевой отметки копра: вверх – со знаком плюс, вниз – минус. В случае, если подъем двухконцевой и в программе настройки установлен контроль двух сосудов, то в строке будет ото-

бражаться положение обоих сосудов, для левого и правого (относительно пульта машиниста) сосудов соответственно. В этом случае значения скорости и ограничения скорости будут отображаться по левому сосуду.

Результат работы самодиагностики ограничителя скорости ОС-5 выводится в левом верхнем углу основного экрана в виде текстового сообщения. Этот текст содержится также на экране диагностики вместе с другими параметрами ограничителя. Экран диагностики вызывается нажатием на изображение сообщения на экране. После нажатия панель выведет на 3 с экран диагностики.

В случае проскальзывания головных канатов по канатоведущему шкиву в нижней части экрана появляется сообщение красного цвета «Проскальзывание канатов!» и выдается звуковой сигнал.

Вид панели оператора в режиме «диагностика» приведен на рис. 7.3.

Нет событий		18 : 22 : 24	
Левый сосуд		Правый сосуд	
Скорость, м/с:	<input type="text" value="0.00"/>	Скорость, м/с:	<input type="text" value="0.00"/>
Ограничение, м/с:	<input type="text" value="0.00"/>	Ограничение, м/с:	<input type="text" value="0.00"/>
Положение, м:	<input type="text" value="0"/>	Положение, м:	<input type="text" value="0"/>
Положение, см:	<input type="text" value="0.00"/>	Положение, см:	<input type="text" value="0.00"/>
Нет режима!			
Текущий экран	<input type="text" value="2"/>	Изменить экран	<input type="text" value="0"/>
Проверка	<input type="text" value="0"/>		

Рис. 7.3. Экран диагностики панели оператора

Строка в верхней части экрана диагностики предназначена для вывода сообщений о последнем событии и причине срабатывания предохранительного торможения. Строка имеет следующий формат: «Ош. X: Текст». Здесь X – это код события, а Текст – краткое описание события. Коды событий делятся на два типа. Код события от 100 и более является критическим и вызывает немедленное срабатывание предохранительного торможения. Это события, не совместимые с нормальной работой ограничителя. Коды событий менее 100 не вызывают включения предохранительного торможения и являются предупредительными. При возникновении таких событий ограничитель может выполнять свои функции.

В случае срабатывания предохранительного торможения по причине превышения допустимой скорости в строке события будет выведено следующее: «ТП по ограничению скорости». Если подъем двухконцевой и осуществляется контроль обоих сосудов, то в строке будет указано, при превышении ограничения скорости какого сосуда произошло включение предохранительного тормоза.

На экране диагностики также выводятся значения текущей скорости, ограничения скорости и положения обоих сосудов.

В верхнем правом углу основного экрана выводятся текущее время и дата. Для корректировки даты и времени необходимо нажать на их изображение на экране. Появится текст вида: ГГГГ/ММ/ДД Неделя:Х ЧЧ:НН:СС и изображение кнопки *Выход*, где ГГГГ – год, ММ – месяц, ДД – день, Х – день недели, ЧЧ – час, НН – минуты и СС – секунды. Для редактирования значений достаточно нажать на изображение параметра. Рядом с параметром на экране отобразится клавиатура. Следует ввести нужные цифры нажатием на их изображение на экране. После ввода нажмите на изображение кнопки *Enter*, для отмены изменений – на *Esc*. Для возврата в основной экран нажмите на изображение кнопки *Выход*. Экран редактирования даты и времени представлен на рис. 7.4.

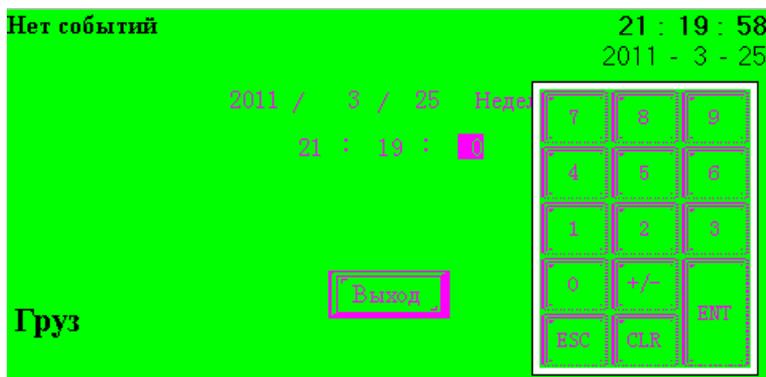


Рис. 7.4. Экран редактирования даты и времени

При нажатии на основном экране панели в область значения текущей скорости будет выведен экран графиков скорости и ограничения скорости, представленный на рис. 7.5.

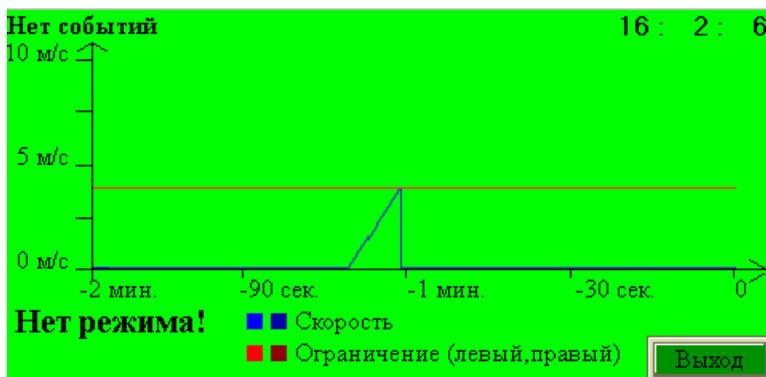


Рис. 7.5. Экран графиков скорости и ограничения скорости ОС-5

На этом экране отображаются зависимости скорости сосуда (синяя линия) и ограничения скорости сосуда (красная линия) от времени. Вертикальная ось – ось скорости и ее ограничения. Максимальное значение соответствует 10 м/с, горизонтальная ось – ось времени. Интервал отображения – последние 2 мин.

После просмотра графиков нужно нажать изображение кнопки *Выход*. На 3 с появится экран заставки (рис. 7.6), после чего панель перейдет в основной экран.



Рис. 7.6. Экран заставки

Проверка ограничителя скорости ОС-5 с панели оператора

Проверка работы ограничителя скорости может происходить при нахождении сосуда в любой точке ствола. Проверка происходит на остановленной машине. Для проверки ограничителя необходимо нажать и удерживать около секунды кнопку *Проверка* или изображение кнопки *Проверка* в правом нижнем углу основного экрана панели. Когда кнопка нажата и реальная скорость сосуда равна нулю, ограничитель скорости переходит в режим проверки и имитирует наличие скорости. Абсолютное значение скорости на экране панели оператора будет расти. Когда значение достигнет величины ограничения скорости, произойдет срабатывание предохранительного торможения. После включения ТП значение скорости на экране панели вернется к нулю, и ограничитель скорости перейдет в рабочий режим. Для замыкания контакта цепи ТП необходимо нажать кнопку *Взвод*, которая находится справа внизу, рядом с панелью оператора.

Если во время проверки машина придет в движение, то ограничитель скорости автоматически покинет режим проверки и перейдет в рабочий режим. При этом на экране панели будет отражаться реальная скорость подъемного сосуда.

Проверка защиты от «обратного хода» и защиты от пробуксовки канатоведущего шкива производится соответствующими кнопками. При нажа-

тии на данные кнопки будет происходить разрыв цепи предохранительного торможения теми исполнительными реле, которые соответствуют данным защитам. Проверка будет происходить только на остановленной машине.

7.5. Ввод параметров подъемной установки и настройка ограничителя скорости ОС-5

Настройка ограничителя скорости ОС-5 осуществляется с помощью переносного компьютера (ноутбука), на котором установлена программа «Конфигуратор ограничителя скорости ОС-5» OS5Con.

После подключения ноутбука к контроллеру ограничителя скорости ОС-5, загрузки операционной системы при первом запуске программы OS5Con необходимо выполнить следующие действия:

1. Ввести параметры тахограммы при испытании тормозной системы (см. подразд. 5.4 и рис. 5.8).

2. Если для данной подъемной установки параметры тахограммы при испытании тормозной системы отсутствуют, необходимо выбрать параметры тахограммы из предустановленных вариантов (вкладка «Расчет диаграмм»).

3. Ввести параметры подъемной установки, необходимые для расчета диаграмм.

4. Рассчитать оптимальные или ввести свои параметры защитных диаграмм.

5. Построить диаграммы скорости и убедиться в их корректности.

6. Записать в прибор параметры диаграмм.

7. Установить количество и параметры контролируемых подъемных сосудов (вкладка «Параметры подъема»).

8. Для проходческой машины установить отметку «Проходческий подъем» и настроить при необходимости тип контактов входных сигналов.

9. Для подъемов с защитой от «обратного хода» и(или) проскальзывания установить соответствующие отметки и настроить параметры. Калибровка дополнительного датчика скорости осуществляется совместно с калибровкой основного датчика положения.

10. Провести калибровку датчиков положения.

11. Ввести число и положение контролируемых горизонтов.

12. Провести калибровку показаний тахогенератора.

13. Записать в параметры подъемной установки.

14. Установить флажок «Блокировать исполнительные реле ОС-5» на вкладке «Расчет диаграмм».

15. Записать параметры критической, защитной и рабочей диаграмм скорости.

16. Проверить работу ограничителя скорости, используя вкладку «Контроль значений».

17. Снять флажок «Блокировать исполнительные реле ОС-5» на вкладке «Расчет диаграмм».

18. Записать в окончательные параметры диаграмм.

19. Сохранить все настройки в файл.

20. Закрыть программу настройки.

При последующих запусках программы OS5Con ввод данных и последующие действия выполняются только при необходимости.

Настройка параметров защитных диаграмм

После запуска и загрузки данных на экране появится основное окно программы (рис. 7.7). Оно представляет собой набор вкладок, которые

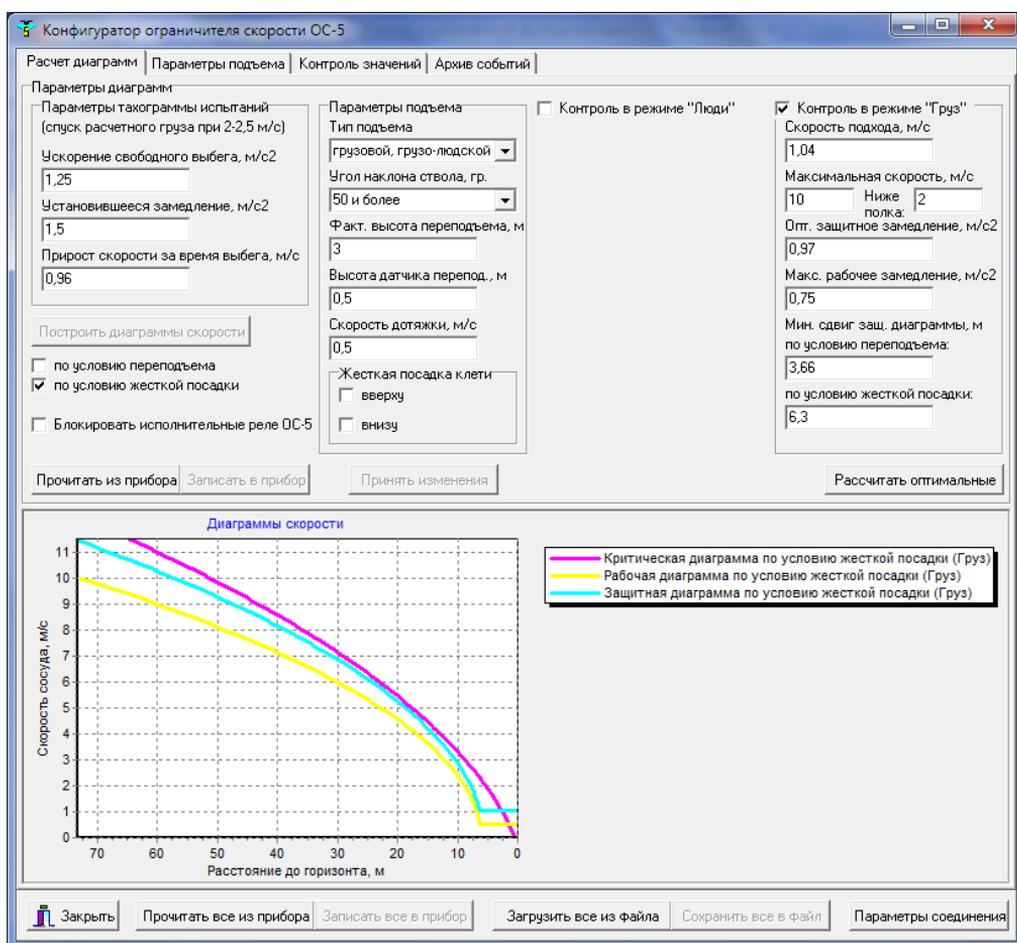


Рис. 7.7. Основное окно программы. Вкладка «Расчет диаграмм»

выбираются щелчком левой кнопки мыши на названии вкладки. Ярлычки с названиями расположены в верхней части окна. Внизу находится общая для всех вкладок панель с кнопками.

После запуска программы окно отображает вкладку «Расчет диаграмм». Эта вкладка предназначена для расчета параметров защитной, критической и рабочей диаграмм. Расчет производится на основе вводимых данных по параметрам подъема и параметрам тахограммы испытаний тормозной системы. После расчета выполняют графическое построение диаграмм.

Для расчета диаграмм необходимо ввести следующие параметры.

В группе «Параметры тахограммы испытаний» необходимо ввести:

- **Ускорение свободного выбега**, м/с^2 – ускорение, с которым сосуд продолжает движение в течение некоторого времени после наложения предохранительного тормоза. Рассчитывается по тахограмме движения при спуске расчетного груза на скорости 2...2,5 м/с. Диапазон допустимых значений 0,5...1,5 м/с^2 .

- **Установившееся замедление**, м/с^2 – средняя величина замедления, создаваемая предохранительным тормозом. Рассчитывается по тахограмме движения при спуске расчетного груза на скорости 2...2,5 м/с. Диапазон допустимых значений зависит от угла наклона ствола и меняется в пределах 0,75...5,0 м/с^2 .

- **Прирост скорости за время выбега**, м/с – приращение скорости за время срабатывания тормоза. Рассчитывается по тахограмме движения при спуске расчетного груза на скорости 2...2,5 м/с. Диапазон допустимых значений 0,25...1,5 м/с.

Если эти параметры неизвестны, то можно установить их по умолчанию, выбрав *тип подъема* и *угол наклона ствола* в группе «Параметры подъема».

В группе «Параметры подъема» необходимо ввести:

Тип подъема – выбирается из трех доступных вариантов: грузовой (грузолюдской), людской, с уравновешивающими канатами. Установка этого параметра выставляет по умолчанию значения ускорения свободного выбега, прирост скорости за время выбега и фактическую высоту переподъема.

- **Угол наклона ствола**, град, выбирается из списка доступных значений: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 и более. Устанавливаются диапазоны допустимых значений для установившегося замедления, максимального рабочего замедления и *оптимального защитного замедления*.

- **Фактическая высота переподъема**, м, – расстояние от верхнего положения разгрузки сосуда до препятствия в стволе. Используется для

расчета скорости подхода. Диапазон допустимых значений 2,5...6,0 м. Выбирается минимальное значение из двух – крайнего верхнего и крайнего нижнего положения сосуда.

- **Высота датчика переподъема**, м, – расстояние от положения разгрузки сосуда до конечного выключателя переподъема. Используется для расчета скорости подхода. Диапазон допустимых значений 0...6,0 м. Выбирается датчик переподъема, расположенный ближе других к препятствию в стволе.

- **Скорость дотяжки**, м/с, – диапазон допустимых значений 0,3...0,6 м/с.

Отметки в группе «Жесткая посадка клетки» указывают ограничителю скорости на наличие в крайних точках ствола жестких посадочных устройств для клетевых подъемных установок. Они не влияют на расчет параметров диаграмм, но указывают ОС-5 на то, что необходимо при подходе к крайним точкам ствола выбрать защитную диаграмму по условию жесткой посадки. Для скиповых подъемных установок эти отметки должны быть сняты. Для расчета диаграмм необходимо также установить отметки «Контроль в режиме Груз» и (или) «Контроль в режиме Люди», в зависимости от того, в каких режимах работает подъемная установка. После установки этих отметок появятся соответствующие группы параметров.

В этих группах необходимо ввести значение *максимальной скорости* (м/с) для данного режима работы. Диапазон допустимых значений для режима «Люди» 0...12, для режима «Груз» – 0...20. Если на вкладке «Параметры подъема» установлен флажок «Проходческий подъем», то рядом с полем ввода максимальной скорости появится поле ввода *максимальной скорости ниже уровня полка*. Эти значения нужно установить отличными от нуля. Максимально допустимые значения для режима «Люди» – 1 м/с, для режима «Груз» – 2 м/с.

После ввода всех необходимых параметров нужно щелкнуть левой кнопкой мыши на кнопке *Принять изменения*. Эта кнопка предназначена для сохранения внесенных пользователем изменений в память программы.

После принятия изменений программой для расчета остальных параметров диаграмм требуется щелкнуть левой кнопкой мыши на кнопке *Рассчитать оптимальные*. Программа автоматически рассчитает все оставшиеся параметры и заполнит ими соответствующие поля в окне. Пользователь может отредактировать все параметры в пределах допустимого диапазона. Далее приводится список параметров диаграмм, которые рассчитываются программой по кнопке *Рассчитать оптимальные*.

- **Скорость подхода**, м/с^2 , определяется параметрами тахограммы испытаний, фактической высотой переподъема и высотой датчика переподъема. Диапазон допустимых значений в режиме «Люди» – $0 \dots 1,0 \text{ м/с}^2$. Диапазон допустимых значений в режиме «Груз» – $0 \dots 1,5 \text{ м/с}^2$.

- **Оптимальное защитное замедление**, м/с^2 , определяется параметрами тахограммы испытаний, максимальной скоростью и скоростью подхода. Рассчитывается программой из условия минимизирования времени снижения скорости до нуля при торможении. Диапазон допустимых значений зависит от угла наклона ствола и меняется в пределах $0 \dots 5,0 \text{ м/с}^2$.

- **Максимальное рабочее замедление**, м/с^2 , определяется оптимальным защитным замедлением, максимальной скоростью, скоростью подхода и скоростью дотяжки. Диапазон допустимых значений зависит от угла наклона ствола и меняется в пределах $0 \dots 0,75 \text{ м/с}^2$.

- **Минимальный сдвиг защитной диаграммы**, м , определяется параметрами тахограммы испытаний, оптимальным защитным замедлением, максимальной скоростью и скоростью подхода. Рассчитывается программой из условия непересечения защитной и критической диаграмм отдельно для диаграммы по условию переподъема и по условию жесткой посадки.

После редактирования параметров вручную необходимо «нажать» кнопку *Принять изменения*. Программа проверит введенные данные и при необходимости откорректирует их.

Теперь для построения диаграмм в графическом виде можно нажать кнопку *Построить диаграммы скорости*, предварительно указав программе с помощью отметок «по условию переподъема» и «по условию жесткой посадки», какие именно диаграммы требуется отобразить.

Если диаграммы не пересекаются, станет активной кнопка *Записать в прибор*. После щелчка мышью на этой кнопке все параметры диаграмм, содержащиеся на этой вкладке, будут сохранены в памяти контроллера ограничителя скорости ОС-5. Для чтения параметров диаграмм из контроллера ограничителя скорости ОС-5 в память программы настройки используется кнопка *Прочитать из прибора*.

Отметка «Блокировать исполнительные реле ОС-5» используется для проверки работы ограничителя без наложения предохранительного тормоза. При установке этой отметки ограничитель не сможет разорвать цепь ТП. При выходе из программы настройки контроллер ограничителя скорости ОС-5 автоматически разблокирует исполнительные реле, и ограничитель будет работать в обычном режиме.

Настройка параметров подъема. Вкладка «Параметры подъема»

Вид главного окна на вкладке «Параметры подъема» представлен на рис. 7.8.

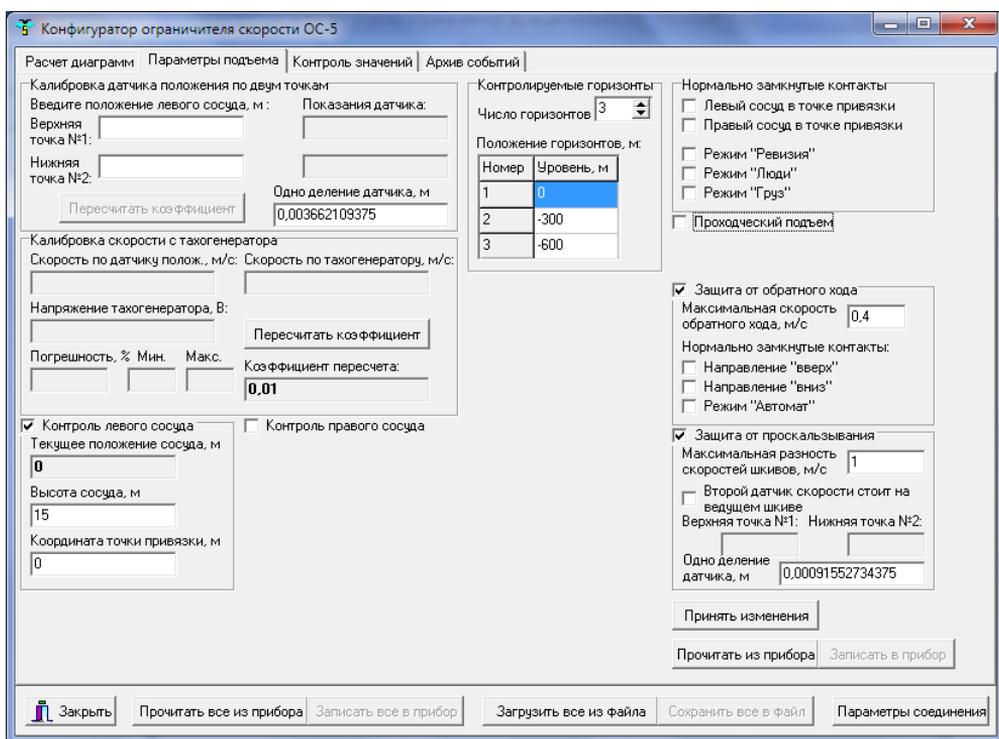


Рис. 7.8. Основное окно программы. Вкладка «Параметры подъема»

Отметки «Контроль левого сосуда» и «Контроль правого сосуда» предназначены для выбора подъемных сосудов, движение которых будет контролировать ограничитель. Левым и правым сосуда считаются условно, относительно пульта машиниста. После установки отметки на вкладке появляется группа параметров по данному сосуду. В группе контроля сосуда необходимо указать *высоту сосуда и координату точки привязки*. Точкой привязки является положение сосуда в стволе или копре, при котором срабатывает датчик привязки, сигнал с которого заведен на дискретный вход контроллера. В этой группе выводится также текущее положение сосуда в метрах. *Положение сосуда считается по положению его нижней точки.*

При первом запуске программы настройки необходимо провести *калибровку датчика положения*. Калибровка производится по двум точкам, расстояние между которыми известно или может быть измерено. Калибровка осуществляется следующим образом:

1. Курсор на экране компьютера помещается в поле «Точка №1».
2. Сосуд, который выбран для контроля (если контролироваться должны оба сосуда, калибровка положения проводится по левому сосуду), устанавливается в точку ствола, с известными координатами.

3. Координата этой точки вводится в поле «Верхняя точка №1».

4. Затем курсор на экране компьютера помещается в поле «Нижняя точка № 2». При наличии отметки в поле «Защита от проскальзывания» курсор устанавливается в поле «Нижняя точка № 2», расположенное в группе «Защита от проскальзывания».

5. После этого сосуд перемещается в следующую точку.

6. Ее координата вводится в поле «Нижняя точка № 2».

Внимание! Координаты точек вводятся с учетом знака, т.е. если сосуд находится ниже координаты со значением «0», то его координата вводится со знаком «минус». После ввода координаты по второй точке необходимо нажать кнопку *Пересчитать коэффициент*. На этом калибровка заканчивается.

После калибровки положения производится *калибровка скорости с тахогенератора*.

Калибровка заключается в нажатии кнопки *Пересчитать коэффициент* в группе параметров «Калибровка скорости с тахогенератора» при равномерном движении сосуда на скорости не менее 1 м/с. После нажатия на кнопку произойдет усреднение скорости в течение 5 с. Затем программа рассчитает коэффициент и выведет его в поле «Коэффициент пересчета». Слева от него начнет выводиться погрешность скорости тахогенератора по отношению к максимальной скорости подъема.

После калибровки положения заполняется также *список контролируемых горизонтов*. Устанавливается число горизонтов, подходы к которым будут контролироваться ограничителем. Такими горизонтами являются крайние точки ствола, где останавливаются сосуд и приемные площадки, оборудованные жесткими посадочными устройствами («кулаки», «ляды», балки и др.). После этого сосуд перемещается по стволу с остановкой на каждом контролируемом горизонте. Текущее положение сосуда при остановке заносится в таблицу горизонтов в порядке увеличения глубины (уменьшение значений). Горизонт с номером 1 является самым верхним.

Для проходческой машины необходимо установить отметку «Проходческий подъем». В появившейся группе установить, при необходимости, тип контактов для входных сигналов «Уровень полка» и «Уровень забоя». По этим сигналам происходит привязка координаты соответствующих отметок (полка и забоя) при нахождении на них подъемного сосуда.

При использовании защиты от «обратного хода» необходимо установить соответствующую отметку. В появившейся группе параметров нужно настроить порог срабатывания защиты – «Максимальная скорость обратного хода» и тип контактов для следующих дискретных сигналов: «на-

правление «вверх» – сигнал от системы управления на движение машины «вверх»; «направление «вниз» – сигнал от системы управления на движение машины «вниз»; «режим “Автомат”» – сигнал, разрешающий ограничителю использовать защиту от «обратного хода».

При использовании защиты от проскальзывания необходимо установить соответствующую отметку. В появившейся группе параметров нужно настроить порог срабатывания защиты – «Максимальная разность скоростей шкивов». При установке основных датчиков положения и скорости на отклоняющем шкиве необходимо установить отметку «Второй датчик скорости стоит на ведущем шкиве». Назначение полей «Верхняя точка №1», «Нижняя точка №2» и «Одно деление датчика» аналогично соответствующим полям для основного датчика.

После ввода или редактирования всех параметров необходимо «нажать» кнопку *Принять изменения*. Программа проверит введенные данные и при необходимости откорректирует их.

Для сохранения параметров подъема в памяти контроллера ограничителя скорости ОС-5 используется кнопка *Записать в прибор*. Для чтения параметров подъема из контроллера ограничителя скорости ОС-5 в память программы настройки используется кнопка *Прочитать из прибора*.

Настройка параметров подъема. Вкладка «Контроль значений»

Вкладка «Контроль значений» (рис. 7.9) предназначена для отладки и контроля работы ограничителя скорости ОС-5. На ней выводятся все параметры, которые считываются с датчиков или рассчитываются программой контроллера. Отображение происходит в режиме реального времени с интервалом 100 мс. Для запуска монитора значений необходимо нажать кнопку *Старт*. После старта кнопка изменит свое название на *Стоп*. Для остановки монитора нажмите ее снова.

Также на этой вкладке содержится графическое представление данных в функции времени для сигналов скорости, положения, ограничения скорости и сигнала разрыва цепи предохранительного торможения. Интервал отображения графиков устанавливается в поле «Интервал просмотра». Каждая точка на графиках может быть подписана своим значением. Для этого используется отметка «Показать маркеры». При остановленном процессе контроля значений графические данные могут быть использованы для анализа. Графики можно растягивать по двум осям. Для этого зажмите левую кнопку мыши и движением слева-направо и сверху-вниз выделите интересующую область на графиках. Графики масштабируются в соответствии с выделенной областью. Для возврата к исходному масштабу сделайте с зажатой левой кнопкой мыши обратное короткое движение.

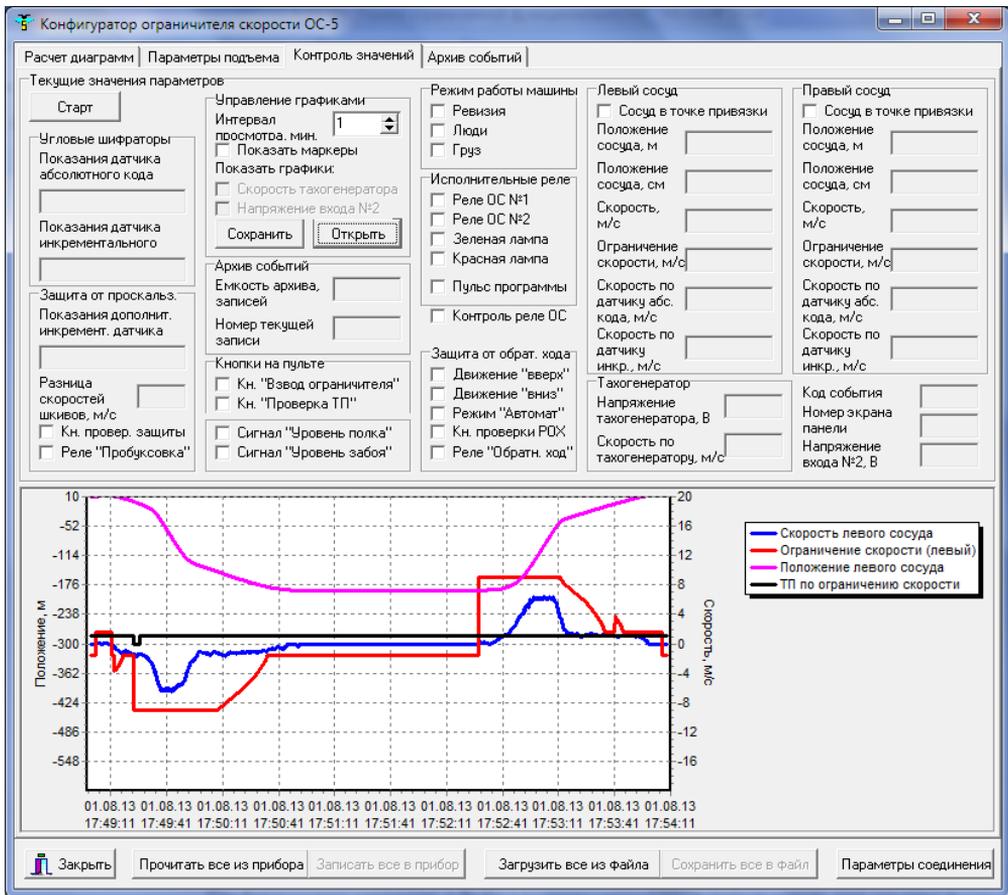


Рис. 7.9. Основное окно программы. Вкладка «Контроль значений»

Для смещения графиков в любом направлении нажмите правую кнопку мыши и переместите в нужном направлении.

Графики можно сохранить в файл с расширением CSV и использовать для анализа в программе Microsoft Excel. Или загрузить сохраненные ранее графики в программу настройки ограничителя скорости ОС-5. Эти операции производятся кнопками *Сохранить в файл* и *Загрузить из файла* в группе параметров «Управление графиками».

Просмотр архива событий. Вкладка «Архив событий»

Вкладка «Архив событий» (рис. 7.10) предназначена для просмотра списка событий, сохраненного в энергонезависимой памяти контроллера. Емкость архива событий фиксирована (280 записей) и представляет собой циклический буфер, т.е. при заполнении всего архива старые записи будут постепенно затираться новыми. Номер текущей записи и полную емкость архива можно посмотреть на вкладке «Контроль значений» в группе «Архив событий».

Конфигуратор ограничителя скорости ОС-5

Расчет диаграмм | Параметры подъема | Контроль значений | **Архив событий**

Загрузить архив | Сохранить в файл

Номер записи	Время	Код события	Режим работы	Скорость (лев.)	Ограничение (лев.)	Положение (лев.)	Скорость (прав.)
146	08.04.2011 10:48:12	13	Груз	0,7	-1,5	-529,69	-0,7
147	08.04.2011 10:58:47	12	Груз	0,16	8,63	-529,79	-0,16
148	08.04.2011 11:20:13	100	Ревизия	-1,05	1	8,59	1,05
149	08.04.2011 15:56:23	100	Груз	1,55	1,5	26,98	-1,55
150	08.04.2011 15:58:39	100	Груз	1,55	1,5	26,98	-1,55
151	08.04.2011 19:17:07	100	Груз	-1,55	1,5	-536,5	1,55
152	08.04.2011 19:58:24	13	Груз	0,11	8,63	-529,76	-0,11
153	08.04.2011 21:16:45	100	Груз	1,53	1,5	33,87	-1,53
154	09.04.2011 19:35:25	100	Груз	1,55	1,5	33,85	-1,55
155	10.04.2011 5:00:07	102	Груз	-1,51	-5,6	-519,63	1,51
156	10.04.2011 5:05:32	102	Груз	-1,62	-5,63	-519,45	1,62
157	10.04.2011 6:50:00	102	Груз	-1,54	-5,61	-519,58	1,54
158	10.04.2011 10:56:46	100	Ревизия	-1,05	1	-532,69	1,05
159	10.04.2011 11:14:05	101	Груз	-6,64	1	-391,51	6,64
160	10.04.2011 11:37:19	102	Груз	-1,53	-5,6	-519,6	1,53
161	10.04.2011 11:42:59	102	Груз	-1,54	-5,61	-519,58	1,54
162	10.04.2011 11:48:41	102	Груз	-1,55	-5,61	-519,56	1,55
163	10.04.2011 11:58:50	101	Груз	-13,07	8,63	-8,38	13,07
164	10.04.2011 12:34:47	101	Ревизия	-1,14	1	32,94	1,14
165	10.04.2011 12:48:10	100	Ревизия	1,05	1	-535,07	-1,05
166	11.04.2011 7:30:05	101	Ревизия	-1,16	1	32,84	1,16
167	11.04.2011 8:40:20	101	Ревизия	-1,45	1	33,47	1,45
168	11.04.2011 12:31:32	100	Ревизия	-1,05	1	-52,75	1,05
169	11.04.2011 14:14:35	100	Ревизия	-1,05	1	-533,04	1,05
170	11.04.2011 14:44:15	101	Груз	6,11	1	-77,84	-6,11
171	11.04.2011 14:59:25	3	Груз	6,97	8,63	-411,4	-6,97
172	11.04.2011 15:12:04	100	Груз	1,51	1,5	33,92	-1,51
173	11.04.2011 19:39:28	13	Груз	0,35	8,63	-529,75	-0,35
174	11.04.2011 19:41:47	100	Груз	1,55	1,5	33,9	-1,55
175	11.04.2011 21:24:45	13	Груз	0,83	8,63	-529,47	-0,83
176	11.04.2011 21:44:08	100	Груз	1,55	1,5	33,9	-1,55
177	12.04.2011 0:46:30	13	Груз	0,07	8,63	-529,74	-0,07
178	12.04.2011 1:10:34	100	Груз	1,55	1,5	33,9	-1,55
179	12.04.2011 2:25:30	13	Груз	0,11	8,63	-529,76	-0,11
180	12.04.2011 3:25:31	100	Груз	-1,52	1,5	-536,57	1,52
181	12.04.2011 7:50:05	13	Груз	0,58	8,63	-529,78	-0,58
182	12.04.2011 8:03:38	100	Груз	1,52	1,5	33,9	-1,52
183	12.04.2011 11:37:28	100	Ревизия	1,05	1	25,19	-1,05

Закреть | Прочитать все из прибора | Записать все в прибор | Загрузить все из файла | Сохранить все в файл | Параметры соединения

Рис. 7.10. Основное окно программы. Вкладка «Архив событий»

Загрузка архива работает только при неподвижных сосудах. Для загрузки списка событий из памяти контроллера нужно щелкнуть левой кнопкой мыши на кнопке *Загрузить архив*. Во время загрузки архива событий кнопка не активна. После загрузки всего списка кнопка снова станет активной. Каждая запись события содержит порядковый номер записи в архиве, время возникновения события, код события, режим работы при котором возникло событие, скорость сосудов, ограничение скорости и положение сосудов в момент возникновения события. Запись также содержит информацию о том, произошел или нет контроль исполнительных реле № 1 и № 2 при разрыве цепи ТП, если данное событие предполагает наложение предохранительного тормоза. Пользователь может сортировать список событий по любому параметру записи. Для этого достаточно «щелкнуть» левой кнопкой мыши на заголовке соответствующего столбца. Повторный щелчок на том же столбце отсортирует данные в обратном порядке.

8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ КАНАТОВ

На надежность и долговечность канатов (наряду с правильным выбором конструктивных, прочностных, размерных параметров и правильной навеской) существенное влияние оказывает соблюдение требований по эксплуатации, начинающихся с момента получения канатов. Опыт эксплуатации показывает, что долговечность канатов во многом зависит от организации и уровня их обслуживания. Обслуживающий персонал должен иметь представление о выборе рациональной конструкции каната, о всех факторах, влияющих на их износ, соблюдать установленные режимы эксплуатации и надзора за канатами, сроки и технологию смазки.

8.1. Транспортировка, приемка и хранение канатов

8.1.1. Транспортирование и перемещение канатов

Канаты поставляются на деревянных или металлических барабанах. Диски и шейки барабанов должны быть покрыты предохранительной смазкой или изоляционным материалом. По согласованию с потребителем в технически обоснованных случаях канаты могут подвергаться дополнительной упаковке (обвертывание водонепроницаемой бумагой, опалубка барабанов и пр.). Допускается по согласованию с потребителем поставка канатов без обшивки досками.

Диаметр шейки барабана должен быть не менее 15 номинальных диаметров каната.

Каждый канат должен быть снабжен металлическим ярлыком, на котором указывают следующие данные: наименование и товарный знак завода-изготовителя; номер каната в системе нумерации завода-изготовителя; условное обозначение каната; длина каната в метрах; масса каната брутто в килограммах; дата изготовления каната.

На каждый канат предприятием-изготовителем выдается акт-сертификат, содержащий следующие данные: наименование и товарный знак завода-изготовителя и его почтовый адрес; наименование организации, в систему которой входит завод-изготовитель; номер каната в системе нумерации завода-изготовителя; назначение каната; номер соответствующих технических условий на сортамент; номинальный диаметр каната в миллиметрах; группа покрытия проволоки; направление свивки каната и сочетание направлений свивки его элементов; способ свивки каната; степень крутимости каната; марка каната; длина каната в метрах; масса брутто в килограммах; результа-

ты механических испытаний; маркировочная группа каната по временному сопротивлению разрыву; марка каната по механическим свойствам проволок; суммарное разрывное усилие всех проволок в канате; материал сердечника; диаметры проволок в случае изменения их согласно п. 2.6 ГОСТ 3241–91; дата изготовления каната; тип смазки; номер барабана.

Канаты перевозятся транспортом всех видов в соответствии с правилами перевозок грузов, действующими на транспорте данного вида. Транспортная маркировка – по ГОСТ 14192–96.

При перевозке ось барабана должна быть параллельна полу. Для предотвращения перекатывания барабанов они должны быть закреплены с помощью клиновых брусьев. Не допускается перевозка канатов с установкой барабанов плашмя.

На месте получения, хранения и навески канатов необходимо иметь грузоподъемные средства для их погрузки-разгрузки. При этом подъемно-транспортные средства должны быть рассчитаны на максимальную массу получаемых канатов с барабанами.

При погрузочно-разгрузочных работах барабан должен быть снят с транспортного средства таким образом, чтобы не допустить повреждения каната и барабана. При этом снятие барабана должно производиться только грузоподъемными механизмами с помощью стропов, зацепленных за ось, проходящую через центральное отверстие барабана (рис. 8.1, 8.2). Для предотвращения деформации дисков барабана используется траверса.

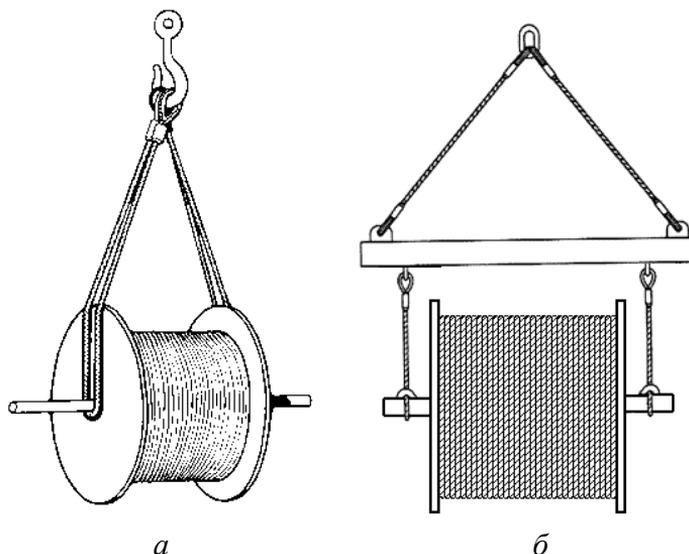


Рис. 8.1. Схемы строповки барабана с канатом:
а – металлического; *б* – деревянного

Барабаны с канатом нельзя сбрасывать даже с незначительной высоты.

При отсутствии грузоподъемных механизмов для разгрузки барабанов допускается использовать пандус. При этом осторожно под строгим контролем барабан скатывается с транспортного средства. Барабан следует катить в направлении стрелки, нанесенной на фланец барабана.

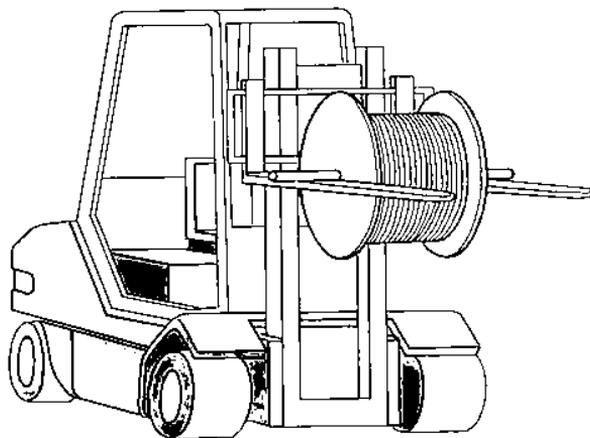


Рис. 8.2. Схема перемещения барабана с помощью погрузчика

8.1.2. Приемка канатов

При получении каната со склада или от завода-изготовителя необходимо проверить: наличие заводского акта-сертификата; соответствие его данных данным каната на ярлыке барабана; состояние упаковки и каната (по внешнему виду), соответствие диаметра и шага свивки каната ГОСТу или ТУ; наличие бандажей на конце каната.

Щека барабана должна выступать над наружным слоем намотанного каната не менее чем на 50 мм.

Концы каната должны быть прочно закреплены. На барабане канат должен быть уложен ровными рядами, без защемления, чтобы обеспечивать свободное сматывание его с барабана. Конец каната обвязывается канатом небольшого диаметра и прочно крепится к внутренней стороне щеки барабана.

Проволоки в слоях каната не должны западать, выступать, перекрещиваться, а также быть заломанными и расплюснутыми; на их поверхности не должно быть ржавчины, трещин, расслоений, вмятин и надрезов.

Пряди каната не должны перекручиваться, заламываться и иметь выступающие и оборванные проволоки; допускается наличие зазора между прядями.

Диаметр каната проверяется штангенциркулем по ГОСТ 166–89 с ценой деления не более 0,1 мм. Измерение производится по выступающим частям прядей каната (рис. 8.4) на расстоянии не менее 5 м от конца в ненагруженном состоянии. Замеры выполняются в двух местах, расстояние между которыми не менее 1 м. В каждом месте диаметр замеряется в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Для нового каната среднее арифметическое этих четырех замеров должно быть внутри поля допусков, указанных для номинального диаметра каната D_n . Предельное отклонение диаметра каната должно соответствовать значениям, приведенным в табл. 8.1.

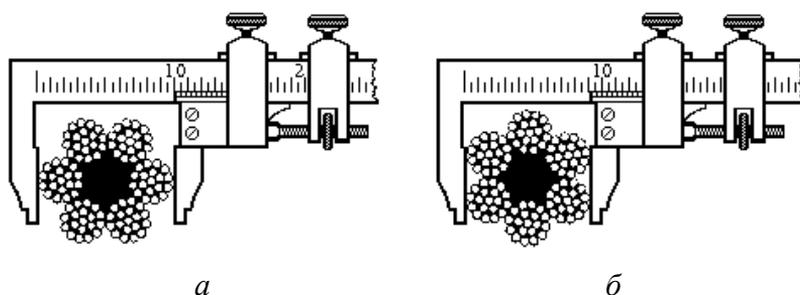


Рис. 8.3. Измерение диаметра каната: *а* – правильно; *б* – неправильно

Определение шага свивки каната. При известном числе прядей $n_{пр}$ шаг свивки каната $h_{св}$ определяется непосредственно замером отрезка каната (рис. 8.4), начиная от середины первой пряди до середины пряди по счету, равной $(n_i + 1)$ (для шестипрядного каната – седьмая, для восьмипрядного – девятая и т.д.). Шаг свивки каната удобно определять на бумаге по оттиску прядей, полученному наложением полоски бумаги на поверхность каната. При свободном конце каната число прядей $n_{пр}$ подсчитывается у торцевой части каната. При закрепленном конце каната отмечается одна из прядей и прослеживается ее положение на поверхности на линии, параллельной оси каната, до совпадения с первой отметкой. После чего наносится вторая отметка и замеряется шаг свивки от первой до второй отметок.

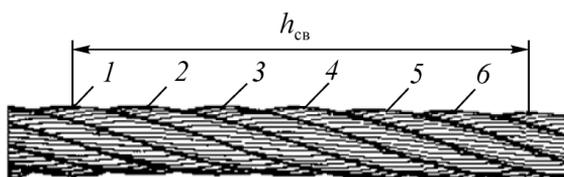


Рис. 8.4. Измерение шага свивки шестипрядного каната крестовой свивки

Таблица 8.1

Значения предельных отклонений диаметров канатов

Диаметр каната, мм	Предельные отклонения диаметра каната, % не более, при точности изготовления			
	повышенной		нормальной	
	С металлическим сердечником	С волокнистым сердечником	С металлическим сердечником	С волокнистым сердечником
Свыше 6,0 до 8,0 включ.	+5	+6	+10	+10
	-1	0	-2	0
Свыше 8,0	+4	+5	+6	+10
	-1	0	-2	+7

Концы канатов должны быть прочно обвязаны мягкой проволокой в соответствии с ГОСТ 3241–91. Ширина бандажа (перевязки) должна быть 50–100 мм.

Торец каната должен быть заварен. При отрезке каната на испытание перенос бандажа обязателен. Порядок наложения бандажа показан на рис. 8.5.

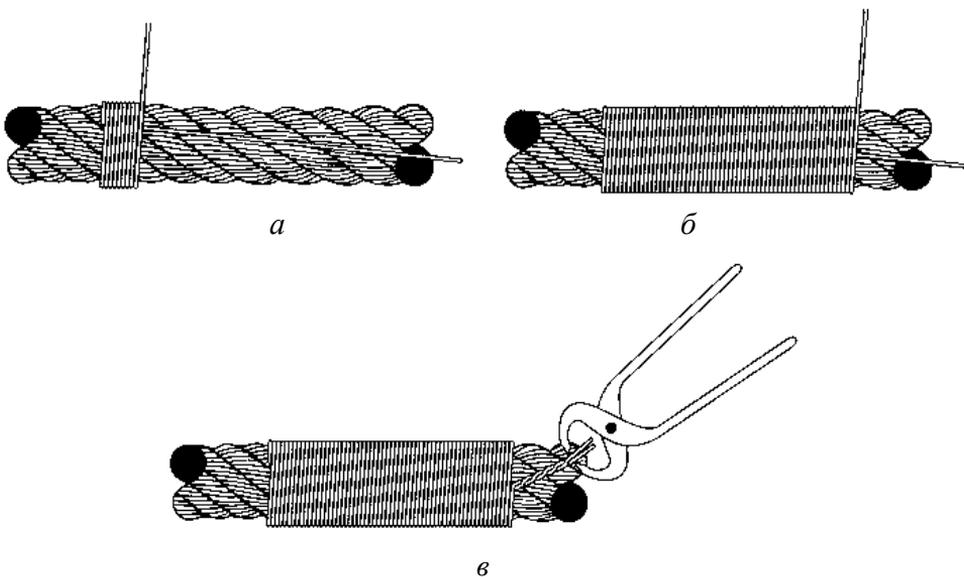


Рис. 8.5. Порядок наложения бандажей

Отрезку каната производить абразивными кругами, при этом зона прогрева проволоки ограничивается длиной в несколько миллиметров. Канаты с металлическим сердечником допускается отрезать с помощью электросварки с последующей отрезкой концов, подвергнувшихся термической обработке, абразивным кругом.

Перед резкой каната следует наложить бандажи (рис. 8.6), и резку производить между ними.

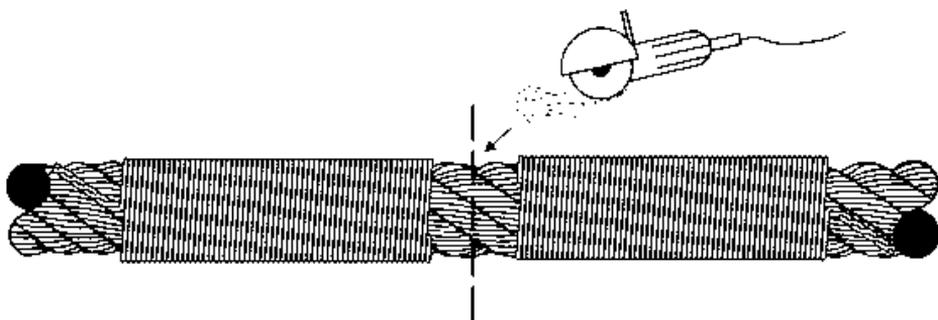


Рис. 8.6. Схема резки каната абразивным кругом

При несоответствии каната требованиям ГОСТа или ТУ и наряд-заказу по механическим свойствам проволок, суммарному разрывному усилию, диаметру, длине, конструкции, смазке, типу и конструкции сердечника, а также при обнаружении заводского дефекта каната во время приемки и навески и скрытого заводского дефекта при эксплуатации потребитель должен направить на завод-изготовитель рекламацию. В ней указываются: дата получения каната; тип (ГОСТ или ТУ); заводской номер; диаметр и его длина; причина браковки (вид дефекта).

Если канат был навешен на подъемную установку, то необходимо указать дату навески.

К заводским дефектам каната относятся: перекруты, заломы и выпучивание прядей; западание, выпучивание, обрывы, перекрещивание, расплюснутость проволок; трещины, ржавчина, вмятины и надрезы проволок, превышающие размером половину предельного отклонения по диаметру; отсутствие смазки на участках каната; неправильно соединенные сваркой концы проволок (наличие утолщений, выводящих диаметр проволок за предельные отклонения) и скрытые дефекты, обнаруживаемые в процессе эксплуатации: местные нарушения свивки сердечника; «рыхлость» прядей; низкие пластические свойства отдельных проволок, приводящие к быстрому нарастанию их обрывов.

Наличие зазора между прядями в канатах с металлическим сердечником не является основанием для их браковки.

Если рекламация признается заводом-изготовителем, то вместо бракованного каната поставляется новый. Бракованный канат должен сохраняться до приезда представителя завода-изготовителя и, при необходимости, по требованию завода должен быть возвращен ему.

8.1.3. Хранение канатов

Хранение канатов должно осуществляться в чистом, хорошо проветриваемом, сухом, без пыли месте под крышей. Если условия не позволяют хранить канат в закрытом помещении, необходимо накрыть его водонепроницаемым материалом (рис. 8.7).

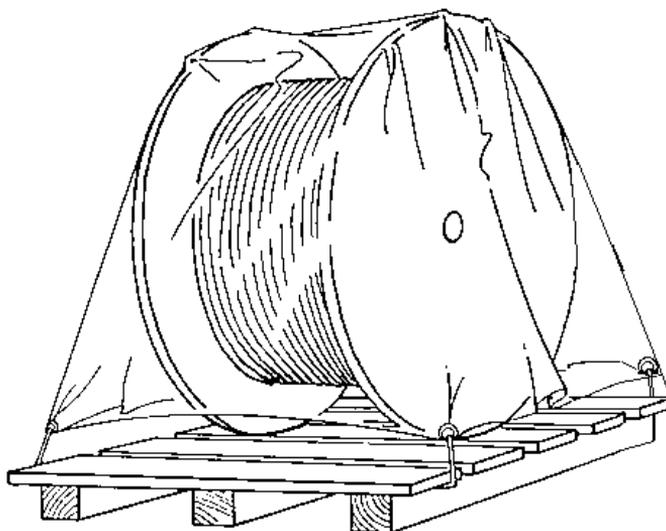


Рис. 8.7. Вариант укрытия каната для хранения

При складировании и хранении канатов следует исключить возможность их случайного повреждения в процессе хранения и при погрузочно-разгрузочных работах.

Не допускается хранение проволочных канатов в зонах высоких температур, так как в результате этого в дальнейшем нарушаются их функциональные качества, так, например, может значительно уменьшиться первоначальное разрывное усилие по сравнению с исходным состоянием, в результате чего канат становится непригодным для безопасного использования.

Нельзя допускать непосредственного соприкосновения каната с полом, при хранении катушки необходимо обеспечить достаточную циркуляцию воздуха под ней. Невыполнение этого требования может привести к загрязнению каната инородными веществами и к образованию коррозии еще до использования каната в производстве.

Желательно расположить катушку в треугольной раме или на специальной станине, установленной на основании, которое гарантированно может выдерживать общий вес катушки и каната (рис. 8.8).

Необходимо регулярно проверять канат и при необходимости наносить на канат соответствующую канатную смазку, совместимую с канатной смазкой, использованной при его изготовлении.

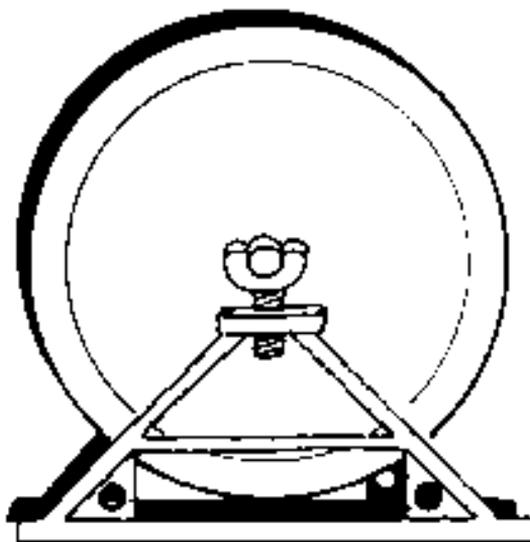


Рис. 8.8. Пример установки барабана с канатом на специальной опоре

Влажную упаковку, например мешковину или бумагу, необходимо удалить.

Маркировка на канате должна легко читаться и соответствовать сертификату на канат.

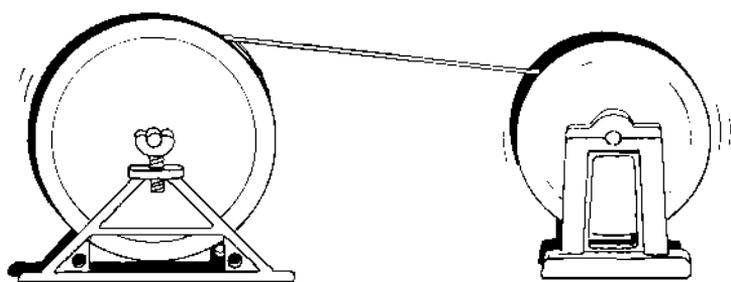
При отгрузке со склада следует придерживаться принципа «первым поступил – первым отправлен».

8.1.4. Перемотка канатов

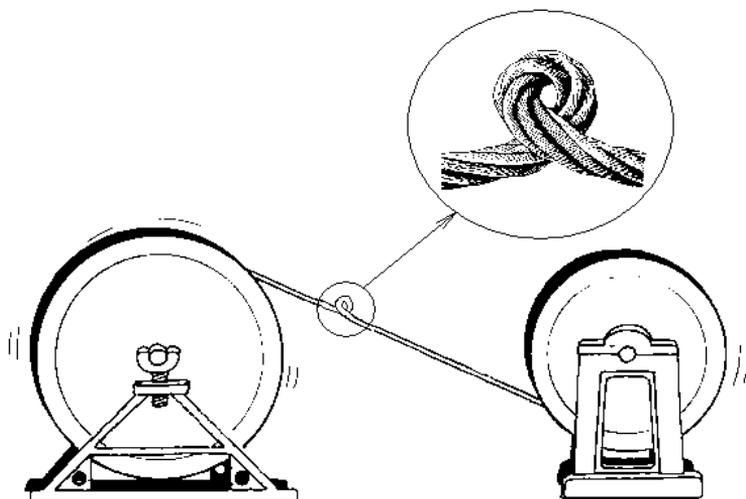
Допускается перемотка канатов с транспортных барабанов на лебедку или металлический барабан (моторную катушку).

При перемотке каната с транспортного барабана на барабан вспомогательных устройств, предназначенных для навески каната, эти барабаны должны удовлетворять тем же требованиям, что и транспортные барабаны. Для вспомогательных устройств применяются металлические барабаны.

При перемотке необходимо соблюдать условие: если канат наматывается на катушку снизу, то и сматывание должно происходить тоже снизу, и наоборот (рис. 8.9). При нарушении этого требования возможно образование заломов на канате.



a



б

Рис. 8.9. Схемы перемотки каната: *a* – правильная; *б* – неправильная

8.2. Требования к органам навивки и копровым шкивам

8.2.1. Требования к желобам копровых направляющих и канатоведущих шкивов и винтовой нарезке барабанов

Правильно выполненный профиль желобов ручьев копровых и канатоведущих шкивов и винтовой нарезки барабанов имеет исключительно важное значение. Навеске нового каната должна предшествовать тщательная проверка состояния ручья копрового и канатоведущего шкивов, винтовой нарезки на барабане подъемной машины, углов девиации.

Радиусы ручья копрового направляющего шкива и винтовой нарезки барабана (рис. 8.10) должны быть не менее $1,075 R$, а шаг винтовой нарезки барабана T – не менее $1,05 d_k$ (где R и d_k – соответственно номинальный радиус и диаметр навешиваемого каната). Возможные повреждения нарезки барабана подлежат устранению.

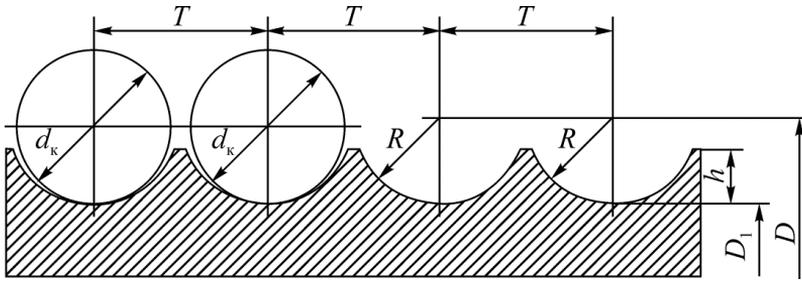


Рис. 8.10. Профиль винтовой нарезки барабана: R – номинальный радиус каната; T – шаг винтовой нарезки барабана; d_k – диаметр каната; h – высота винтовой нарезки барабана; D_1 – наименьший диаметр винтовой нарезки; D – диаметр навивки каната на барабан

Профиль желоба копрового шкива должен обеспечивать надлежащую опорную дугу для каната, равную 120° (рис. 8.11).

Чрезмерно широкий профиль желоба, превышающий 15%-ное увеличение по сравнению с номинальным диаметром каната (рис. 8.11, б), не обеспечивает необходимую опорную поверхность для каната, что приводит к сплющиванию гребня каната и преждевременному обрыву проволок.

Слишком узкий профиль желоба (см. рис. 8.11, а) приводит к расплющиванию и деформации каната, часто при этом образуются две видимые линии износа и происходит обрыв проволок.

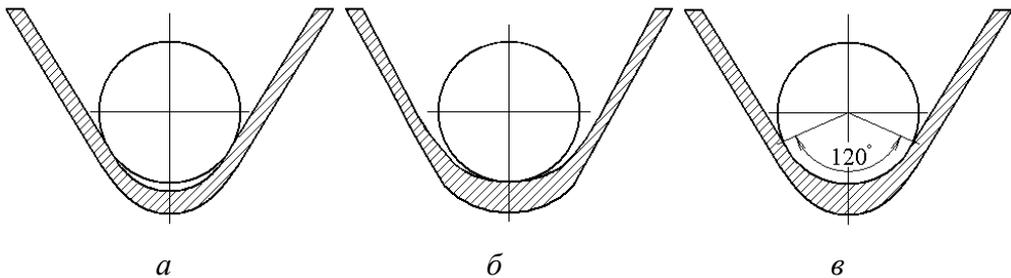


Рис. 8.11. Схемы профиля желоба копрового шкива: а – слишком узкий профиль; б – слишком широкий профиль; в – нормальное сечение профиля желоба, обеспечивающее опорную дугу для каната, равную 120°

Если желоб изношен, то происходит боковое защемление каната, его движение затрудняется и способность каната к изгибу снижается.

Допустимая величина износа желоба копрового шкива – до 50 % от первоначальной размера. Допускается наплавка желоба шкива при износе его на глубину не более 50 % начальной толщины.

Для контроля износа применяют специальные приспособления. В частности, используют приспособление (рис. 8.12), выполненное в виде шаблона с мерительной линейкой, соответствующего первоначальному профилю желоба копрового шкива.

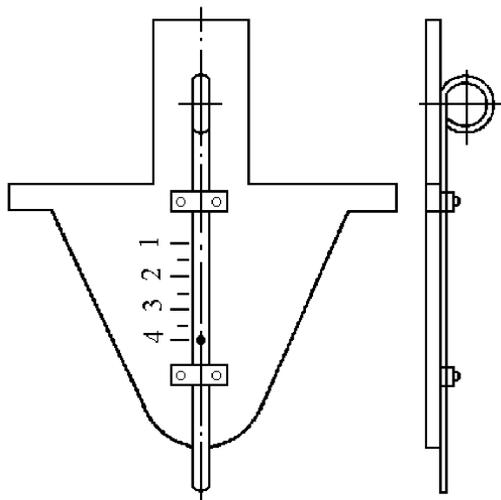


Рис. 8.12. Приспособление для измерения износа копрового направляющего шкива

Приложив приспособление к желобу эксплуатируемого шкива, с помощью выдвигной линейки по шкале, нанесенной на шаблоне, оценивается износ обода копрового шкива, а по образовавшемуся зазору между шаблоном и желобом щупом или линейкой измеряется износ реборды. Данное приспособление изготавливается для копровых шкивов каждой подъемной установки и хранится в помещении подъема. На шаблоне указываются тип копрового шкива и значения допустимых износов обода и реборды.

Однако применение такого шаблона не обеспечивает возможность надежного замера бокового износа. Большую точность износа желоба нефутерованных копровых шкивов обеспечивает способ получения поперечного сечения обода в виде слепка из пластилина.

Сегменты футеровки канатоведущих шкивов многоканатных подъемных установок и копровых шкивов должны прикрепляться так, чтобы на кромках желоба футеровки не было никаких соединительных частей, которые при нарушении их крепления могли бы попасть в желоб под канат. Болты, закрепляющие футеровку, подлежат осмотру еженедельно. Реборды направляющих и канатоведущих шкивов должны выступать над верхней частью каната не менее чем на 1,5 его диаметра.

Сегменты футеровки должны заменяться новыми при изношенности их в глубину на один диаметр каната или когда остаточная высота сегмента окажется 0,75 диаметра каната.

Копровые площадки должны иметь защитные перекрытия от атмосферных осадков.

8.2.2. Отношение наименьшего диаметра навивки к диаметру каната

Отношение наименьшего диаметра навивки к диаметру каната должно быть не менее [114, 115]:

120 – для одноканатных подъемных машин со шкивом трения;

95 – для многоканатных подъемных машин с отклоняющим шкивом;

78 – для направляющих шкивов и барабанов одноканатных подъемных установок на поверхности, а также многоканатных установок без отклоняющего шкива;

60 – для направляющих шкивов и барабанов подземных подъемных машин и лебедок, а также для машин и лебедок, используемых при проходке выработок;

50 – для передвижных подъемных машин, направляющих шкивов и барабанов лебедок, применяемых на породных отвалах, а также для откаточных лебедок;

20 – для направляющих шкивов и барабанов проходческих грузовых лебедок, предназначенных для подвески полков, подвесных насосов, тросопроводов, спасательных лестниц и опалубок.

Для передвижных, вспомогательных и маневровых лебедок, а также для направляющих шкивов наклонных подъемных установок с углом обхвата шкива канатом до 15° отношение диаметров не ограничивается.

8.2.3. Угол девиации (отклонения струны каната)

Угол девиации (отклонения струны каната) (рис. 8.13) для вертикальных подъемных установок на направляющих шкивах и барабанах одноканатных машин не должен превышать $1^\circ 30'$ [114, 115].

Чрезмерно большой угол отклонения приводит к сильному истиранию каната в результате трения о реборды копрового шкива.

Для многоканатных подъемных установок с жесткими проводниками и новой футеровкой канатопроводящих шкивов в верхнем рабочем положении сосуда (рис. 8.14) предельное отклонение средней плоскости головных канатов (на обеих ветвях) от вертикали не должно превышать $1^\circ 30'$.

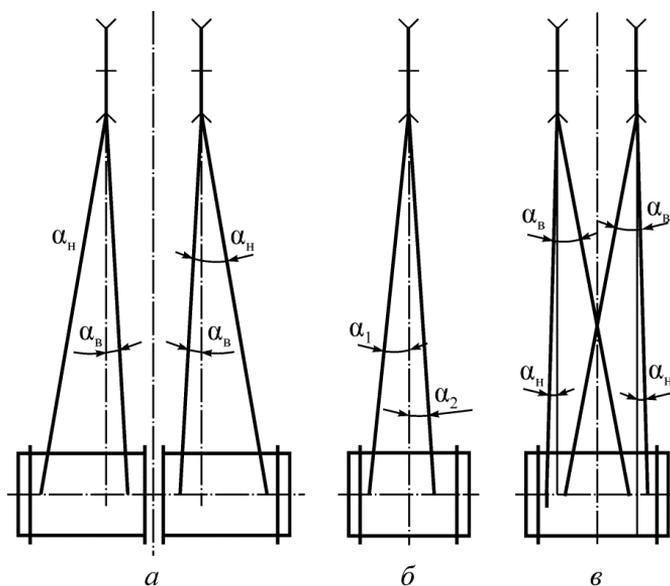


Рис. 8.13. Углы девиации каната на подъемных машинах:
a – двухбарабанной; *б* – однобарабанной; *в* – с разрезным барабаном

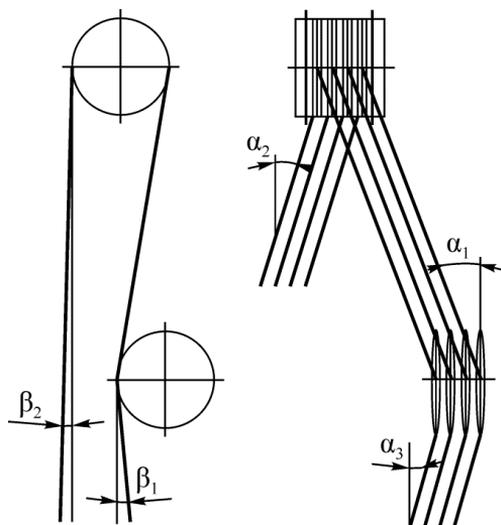


Рис. 8.14. Углы девиации и отклонения каната многоканатных машин

8.2.4. Навивка и крепление каната в барабане

Навивка каната на барабан должна соответствовать назначению подъемной установки в соответствии с паспортом и руководством по эксплуатации завода-изготовителя.

Навивочная поверхность барабанов подъемных машин должна иметь нарезанные спиральные канавки.

Крепление каната в барабане должно выполняться таким образом, чтобы при проходе через щель в обечайке барабана канат не деформировался острыми краями щели. Запрещается крепление конца каната к валу барабана. Крепление конца каната к барабану производится через специально предусмотренные на барабане устройства, позволяющие закрепить канат не менее чем в трех точках.

Для ослабления натяжения каната в месте его крепления к барабану на поверхности последнего должно быть не менее трех витков трения на барабане, футерованном фрикционными материалами, и не менее пяти витков трения на нефутерованных барабанах. Кроме витков трения должны быть запасные витки для периодических испытаний каната. Запасные витки могут располагаться как на поверхности барабана, так и внутри него. Бобины, предназначенные для размещения запасных витков каната, должны иметь специальные устройства, позволяющие фиксировать их относительно барабана машины.

8.2.5. Требования к петле уравнивающего каната

Между ветвями уравнивающего каната в зумпфе должны находиться приспособления, не допускающие скручивания каната. Конструкция приспособлений должна исключать возможность обрыва уравнивающего каната при переподъеме.

Петля уравнивающего каната должна быть больше высоты переподъема верхнего подъемного сосуда.

Петля, а также натяжные устройства уравнивающего каната и тормозных канатов не должны затопляться водой и рассолом.

8.3. Замена и обкатка новых канатов

8.3.1. Общие положения

Замена канатов должна производиться в соответствии с проектом организации работ, выполненным для каждой подъемной установки на основании требований Правил безопасности [114, 115] и рекомендаций завода-изготовителя канатов. Проект организации работ утверждается техническим руководителем предприятия.

Проект должен учитывать местные условия замены каната (особенности конструкции надшахтного здания, копра, застройки околоствольного двора и т.д.).

Проект должен содержать пооперационные графики выполнения работ с указанием исполнителей и мероприятий по безопасному ведению этих работ.

Работы по замене канатов проводятся под общим руководством главного механика шахты или его заместителя. Непосредственное руководство работами осуществляет механик подъема. В случае его неправильных действий руководство работами должны взять на себя вышеуказанные лица.

В проведении работ по замене канатов должны участвовать опытные рабочие, прошедшие обучение и имеющие удостоверения по специальности (электрослесарь, стволовой, машинист подъемной установки и др.).

Перед началом работ по замене канатов должен быть оформлен наряд-допуск на выполнение работ повышенной опасности.

8.3.2. Подготовительные работы

Навеске нового каната должна предшествовать тщательная проверка состояния ручья копрового направляющего, канатоведущего и отклоняющего шкивов, винтовой нарезки на барабане подъемной машины и углов девиации каната.

Необходимо тщательно осмотреть и при необходимости отрегулировать тормозную систему, механизм перестановки барабанов. Коэффициент статической надежности тормоза при перестановке должен быть не менее 1,2.

Во время ведения работ при навеске каната необходимо принимать меры для предохранения его от повреждения.

Для исключения повреждения поверхности каната при разматывании в местах касания его с поверхностью земли и конструкциями монтажных проемов зданий поместить с интервалом деревянные щиты или доски (рис. 8.15).

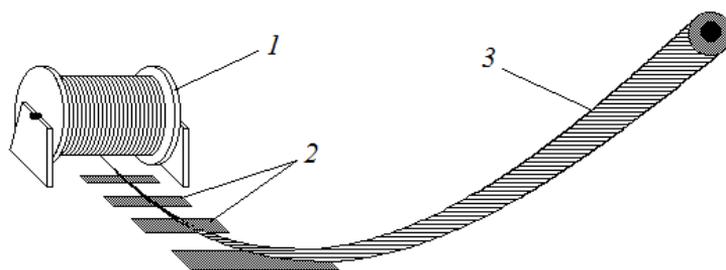


Рис. 8.15. Схема установки подстилающих досок (щитов):

1 – катушка с канатом; 2 – подстилающие доски (щиты); 3 – канат

Навеска каната может производиться путем сматывания его подъемной машиной непосредственно с заводской катушки или со специальных лебедок (лебедок с приводом и тормозом, служащих для выполнения ос-

новых работ по навеске каната), на которые предварительно перематывают канат с заводской катушки, что дает возможность при перематке производить измерение длины каната.

Заводская катушка или моторная лебедка должны устанавливаться так, чтобы было как можно меньше перегибов каната на отклоняющих блоках и исключались перегибы каната во взаимно перпендикулярных плоскостях. Радиус изгиба каната для углов, превышающих 45° , должен быть не менее 15 диаметров каната. В месте захода каната в отделении станка копра на нулевой отметке ствола должен быть установлен временный отклоняющий шкив. При этом, если канат наматывается на барабан подъемной машины снизу, то и барабан с канатом должен быть выставлен так, чтобы канат сматывался с него тоже снизу, и наоборот (рис. 8.16).

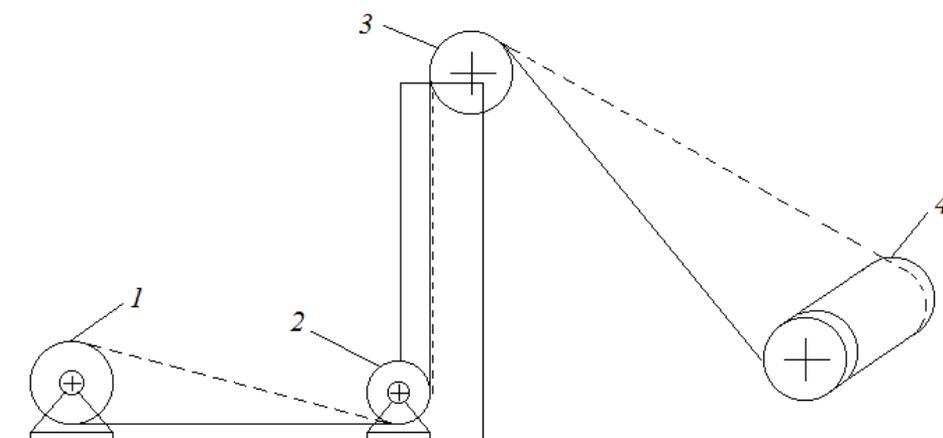


Рис. 8.16. Схема установки катушки с канатом:
1 – катушка с канатом; 2 – временный отклоняющий шкив;
3 – копровый шкив; 4 – барабан подъемной машины

При разматывании канат не должен изгибаться вокруг кромок металлоконструкций копра и надшахтного здания. Для направления канатов необходимо предусмотреть временные отклоняющие блоки или ролики, которые устанавливаются по месту в зависимости от конкретных условий.

Нельзя допускать растягивание каната в целях определения его длины перед навеской по околоствольному двору с укладкой его удлиненными петлями, так как при этом нарушается свивка каната, возможны образование петель и перекрутов прядей, загрязнение каната абразивными материалами.

При перематке каната с барабана на барабан не допускать образования петель и заломов каната. Для этого барабаны с канатами оборудовать осями, желательно с подшипниками качения, и устанавливать на специальные

кронштейны (желательно с винтовыми домкратами). Сматывание и наматывание канатов должны проходить в одном направлении: с нижней части одного барабана на нижнюю часть второго барабана. Во избежание перегиба канатов вращение барабанов в разные стороны не допускается. Расстояние между барабанами должно быть не менее 300 диаметров каната.

Для полного исключения возможного сбрасывания витков при перематке необходимо притормаживать канат со стороны сматывания.

Во время замены каната механик подъема должен измерить диаметр нового каната в его начале, середине и конце и проверить его состояние.

При выполнении работ по снятию подъемных канатов рекомендуется старый канат навивать на барабан с приводом и тормозом.

При отрезке каната (излишняя длина, для испытаний в канатно-испытательной станции, при перепанцировке и т.д.) на него с обеих сторон от места разреза должны быть наложены бандажи из мягкой проволоки. Ширина бандажей должна быть не менее 100 мм, расстояние между перевязками – не менее 75 мм. Отрезку производить между бандажами. Торцы канатов с металлическим сердечником должны быть заварены.

8.3.3. Выравнивание длин канатов после навески

Выравнивание длин канатов после навески и при эксплуатации канатов производится в следующей последовательности:

- оба подъемных сосуда должны быть разгружены;
- подъемный сосуд переставного барабана точно установить в нижнем положении (у дозатора), при этом сосуд заклиненного барабана будет на уровне приемного бункера;
- отключается подъемный двигатель, подъемная машина затормаживается рабочим тормозом;
- включается механизм перестановки, и сжатый воздух или рабочая жидкость (масло) поступает во все цилиндры расцепного устройства; одновременно с этим тормоз каждого барабана получает возможность работать отдельно; после размыкания зацепления зубьев расцепного устройства заклиненный барабан может поворачиваться относительно переставного, заторможенного своим тормозом; учитывая, что при работе скиповой подъемной установки канаты удлиняются около 0,5 м, нижний скип необходимо установить на 1 м выше уровня загрузки;
- производится подтяжка каната со скоростью каната не более 0,3 м/с;
- после окончания процесса перестановки электродвигатель подъемной машины выключается, подъемная машина затормаживается, и выключается механизм перестановки. При несовпадении зубьев наружного венца на сту-

пице рекомендуется легкими толчками двигателя вперед или назад провернуть машину до попадания зубьев во впадины. В случае, если муфта полностью не включается, необходимо легкими толчками в сторону подъема сосуда на заклиненном барабане разгрузить зубья венца до полного включения.

После выравнивания длин производится пробный перегон сосудов на скорости не более 1,0 м/с.

Для контроля удлинения каната в период эксплуатации, после замены каната и точной установки подъемного сосуда необходимо сделать метки несмываемой краской на ободу барабана подъемной машины и тормозной колодке при нижнем положении сосуда. В дозаторе необходимо проверить датчик точной установки скипов при загрузке.

8.3.4. Особенности замены канатов односторонней свивки

Отличительными особенностями и преимуществом данных канатов являются: отсутствие металлического сердечника; трехгранная прядь, увеличивающая площадь соприкосновения каната с копровым шкивом и барабаном подъемной машины, что уменьшает удельные давления на проволоки каната и износ; односторонняя свивка, обеспечивающая линейный контакт проволок в пряди и эластичность каната в целом.

Эти канаты обладают повышенной крутимостью и петлеобразованием. Для исключения появления петель на канате необходимо обеспечить его постоянное натяжение.

С этой целью металлический барабан с навешиваемым канатом устанавливается на специальное приспособление, например, представляющее металлическую раму с фрикционным тормозным устройством (рис. 8.17). Место для установки специальной рамы выбирается вблизи надшахтного здания напротив монтажного проема таким образом, чтобы при разматывании канат не соприкасался с металлоконструкциями здания.

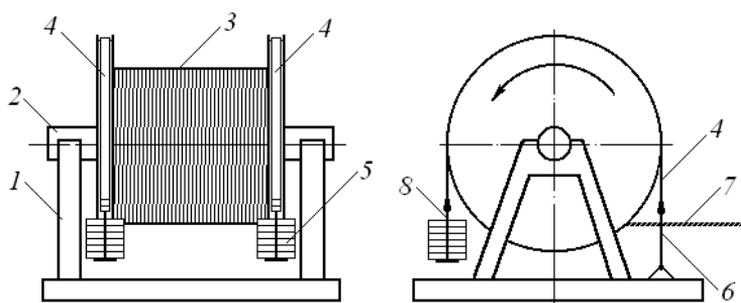


Рис. 8.17. Монтажная лебедка с фрикционным тормозным устройством: 1 – металлоконструкция рамы; 2 – ось; 3 – барабан с навешиваемым канатом; 4 – ленточные тормоза; 5 – тормозные грузы; 6 – тяги; 7 – канат; 8 – шток

Навеска канатов односторонней свивки без применения аналогичного приспособления не допускается.

Протягивание каната под барабан проводится при отсутствии тормозного усилия на катушке с новым канатом.

Для исключения образования петель на канате длина каната под барабаном подъемной машины должна быть достаточной только для заводки его конца в прорезь барабана.

После удаления старого каната с барабана новый заводится в барабан и закрепляется там на все жимки. При этом со стороны крайних жимков необходимо установить метки для контроля проскальзывания каната в жимках.

Перед намоткой каната на барабан навешиваются тормозные грузы 5 для создания тормозного усилия величиной 15–20 кН.

Намотка каната производится при скорости движения барабана не более 0,3 м/с. Очень важно тщательно уложить в винтовую нарезку барабана витки трения и длину каната на периодическую отрубку (8–10 витков). Для направления каната строго в винтовую нарезку допускается подбивать его деревянной кувалдой.

При намотке каната на барабан подъемной машины обязателен контроль за величиной тормозного усилия на катушке.

Когда на катушке останется 5–6 витков каната последнего слоя, намотка каната на барабан останавливается. С наружной стороны щеки катушки перерубается трос, крепящий внутренний конец каната. Тормозное усилие с катушки полностью снимается. Оставшийся канат вручную выматывается с катушки.

При выполнении этих операций необходимо быть внимательными, так как возможно движение каната и катушки после снятия тормозного усилия.

8.3.5. Фиксация данных нового каната

После окончания навески (до начала обкатки) сведения о навешенном канате заносятся в «Журнал записи результатов осмотра подъемных канатов и их расхода».

Одновременно данные о навешенном канате заносятся в память регистратора параметров РПУ 03.5 (при его наличии). Эти данные необходимы для автоматического контроля удлинения каната при работе.

При осуществлении укорачивания каната при его перепанцировке необходимо вводить корректировку в данные регистратора параметров.

8.3.6. Обкатка головных канатов

Правильная обкатка вновь навешенного каната в значительной мере влияет на срок службы каната. Обкатка производится при ограниченной скорости движения и нагрузке. В этот период за счет приложения растягивающей нагрузки канат удлиняется вследствие конструктивных особенностей. Происходят выбор зазоров в свивке каната, вдавливание проволок в опорные поверхности, уменьшается диаметр каната, удлиняется спиральная свивка, упорядоченно формируются опорные поверхности на соседних проволоках. Канат постепенно готовится к работе.

Обкатки каната на скиповых подъемных установках производятся в следующем порядке:

1. При первой установке скипа на нижний горизонт (на загрузку) нанести несмываемые метки на торец тормозного обода барабана и колодку одной из тормозных балок для контроля удлинения каната в течение всего срока его службы.

2. Обкатка каната при порожнем подъемном сосуде:

– со скоростью движения, равной 0,3–0,5 м/с, производится 2 цикла (цикл включает в себя спуск и подъем скипа с вновь навешенным канатом);

– со скоростью движения, равной 1/4 от максимальной, – 2 цикла;

– со скоростью движения, равной 1/2 от максимальной, – 2 цикла;

– с максимальной скоростью движения – 2 цикла.

3. Обкатка каната при загрузке скипа на 1/2 часть объема:

– при скорости движения, равной 1/2 от максимальной, – 2 цикла;

– при максимальной скорости движения – 2 цикла.

4. Обкатка каната при полной загрузке скипа:

– при скорости движения, равной 1/2 от максимальной, – 2 цикла;

– при максимальной скорости движения – 1 цикл.

Обкатка производится в режиме работы подъемной установки «Ревизия» или «Ручное управление».

При обкатке с гружеными скипами их желательно не разгружать. Для этого стопорение скипов производится на расстоянии 10–15 м от отметок загрузки и разгрузки.

Если обкатка производится с разгрузкой скипов в каждом цикле, количество циклов необходимо удвоить.

Произвести проверку крепления каната в барабане подтяжкой гаек на шпильках жимков и положения контрольных меток. Следует помнить, что канаты односторонней свивки с органическим сердечником должны иметь бóльшую затяжку жимков, чем канат с металлическим сердечником.

После обкатки и проверки крепления каната в барабане необходимо произвести проверку каната на всей длине.

Обкатка канатов на клетьевых подъемных установках проводится при тех же скоростных режимах, что и на скиповых подъемных установках. Обкатка каната клетки производится при порожней клетке и с грузом, равным весу максимального числа людей, помещающихся в клетку. Обкатка канатов противовеса проводится с действующим весом противовеса. Число циклов в каждом режиме должно быть не менее четырех.

После проведения работ по навеске каната и его обкатки составляется акт навески каната в произвольной форме.

8.4. Смазка канатов

Эксплуатационная смазка для каната должна быть совместима с типом смазки, наносимой во время изготовления каната. Соответствующие ссылки о типе смазки содержатся в документации производителя канатов.

Среди канатных смазок отечественного производства наибольшее применение нашли смазки типа «Торсиол 35». На ряде горнорудных предприятий для смазки канатов применяется древесная смола в сочетании с отработанными маслами. Однако в условиях калийных рудников эти смазки показывают очень низкую эффективность, так как из-за наличия соляной корки на поверхности каната адгезионные свойства этих смазок резко снижаются.

ОАО «Северсталь-метиз» рекомендует использовать эффективные канатные смазки немецкого производства типа «*Nyrosten*». Эти смазки имеют значительные преимущества перед смазками отечественного производства типа «Торсиол», но и имеют ряд преимуществ перед всеми известной смазкой «*Elaskon*».

Канатные смазки «*Nyrosten*» обладают превосходными адгезионными свойствами, имеют хорошие антифрикционные характеристики, обладают высокой коррозионной стойкостью, и при расплетении каната отмечается хорошее смазывание всех проволок в прядях.

Канатные смазки «*Nyrosten*» применяются в широком температурном диапазоне – от -40 до $+80$ °С. Смазки обеспечивают высокую коррозионную защиту (даже в соляной воде).

Компанией «*Bridon*», имеющей многолетний опыт создания канатов большого диаметра для горнорудной промышленности России, рекомендуется использовать при эксплуатации канатов специализированные эксплуатационные смазки «Брайлюб».

Смазки «Брайлюб» характеризуются улучшенной антикоррозийной защитой, высокой смазывающей способностью, уменьшенным отслоением

смазки, что повышает срок службы каната, эффективным проникновением и легкостью нанесения.

Смазки «Брайлюб–30», –40 и –50 могут наноситься кистью, капельным методом или с помощью распылительного устройства.

Смазки «Брайлюб–60», –70 и –90 могут наноситься под давлением с помощью встроенных систем, предназначенных для широкого диапазона диаметров и конструкций канатов. Эти системы нагнетают смазку в канат под высоким давлением, одновременно производя чистку каната и удаление влаги, остатков смазки и загрязнений.

Смазку лучше наносить на сухой и очищенный от старой смазки и грязи канат. Для этой цели могут применяться различные механические устройства. Устройство очистки не должно повреждать поверхность каната.

Периодичность нанесения смазки должна выбираться из условия поддержания целостности смазочного слоя на поверхности каната, но не реже одного раза в месяц.

Лица, занятые выполнением работ по защите каната, должны быть ознакомлены с инструкцией по безопасному применению канатной смазки.

Участки канатов под коушем и зажимами должны смазываться при каждом осмотре.

При смазке каната емкость со смазкой устанавливают вблизи барабанов подъемной машины. При вращении барабанов смазка под действием собственного веса или давления сжатого воздуха распыляется на канаты. На отрезок каната от барабана до сосуда при верхнем его положении смазка наносится на нулевой отметке ствола. Нанесение смазки производится через устанавливаемую на канат разъемную воронку, которая закрывается крышкой. Нижнее отверстие воронки по периметру должно быть уплотнено войлоком или ветошью, исключающей проливание смазки.

Примерный расход смазки (кг) составляет 3 % от массы каната или может быть определен по следующим формулам:

– для круглопрядных канатов

$$G = \frac{3,5(d+3)L}{1000};$$

– для трехграннопрядных канатов

$$G = \frac{(2,5d + 0,026d^2)L}{1000},$$

где d и L – соответственно диаметр (мм) и длина (м) каната.

8.5. Надзор за канатами

8.5.1. Рекомендации по диагностированию состояния канатов

Канаты шахтных подъемных установок подлежат осмотру лицами, назначенными приказом руководителя шахты, в следующие сроки [112, 113]:

ежесуточно – подъемные канаты сосудов и противовесов вертикальных и наклонных подъемных установок, уравнивающие канаты подъемных установок со шкивами трения, канаты для подвески механических грузчиков (грейферов) при проходке стволов;

еженедельно – уравнивающие канаты подъемных установок с машинами барабанного типа, тормозные и проводниковые канаты, канаты для подвески полков, кабеля и проходческого оборудования, а также подъемные и уравнивающие резинотросовые канаты с участием механика подъема;

ежемесячно – амортизационные и отбойные канаты, подъемные и уравнивающие канаты, включая участки каната в запанцировке с участием главного механика шахты или его заместителя; канаты, постоянно находящиеся в стволах, с участием механика проходки строящейся шахты.

Периодичность проверки канатов подъемных установок, оборудованных системами непрерывного контроля параметров подъемной установки и приборами инструментального неразрушающего контроля на обнаружение оборванных проволок и потерю сечения металла, должны проводиться не реже 1 раза в неделю. Результаты непрерывного контроля должны анализироваться ежесуточно.

Все канаты должны осматриваться по всей длине при скорости движения не более 0,3 м/с.

На подъемных установках ежесуточный осмотр канатов, у которых число оборванных проволок не превышает 2 % от общего числа проволок каната на длине одного шага свивки, необходимо производить при скорости движения не более 1 м/с.

Особое внимание следует уделять тем участкам каната, которые подвергаются повышенному износу. Обычно такие участки определяются на основании опыта эксплуатации. Чрезмерное абразивное изнашивание, оборванные проволоки, деформация и коррозия проволок каната являются визуальными признаками износа.

Абразивное изнашивание (истирание) проволок является естественным процессом при эксплуатации каната. Понизить степень абразивного износа можно путем применения эффективных антифрикционных смазок и регулярного смазывания канатов.

Оборванные проволоки являются нормальным признаком эксплуатации каната в конце его срока службы. Причиной обрыва проволок служит усталостный и механический износ. Местные обрывы проволок могут указывать на наличие механических неполадок в системе или быть причиной аварийных ситуаций. Правильная смазка позволяет улучшить усталостные показатели работы каната.

Деформация обычно является следствием механического повреждения, и, если деформация значительна, она может существенно повлиять на прочность каната. Видимая ржавчина указывает на недостаток смазки и приводит к коррозии. Иногда на поверхности наружных проволок появляются язвины от коррозии, что приводит к обрыву проволок.

Внутренняя коррозия происходит при недостаточной смазке канатов или ее неправильном выборе. Признаком внутренней коррозии служит уменьшение диаметра каната.

8.5.2. Типичные примеры повреждения канатов

Типичные примеры повреждения канатов приведены на рис. 8.18:

а) винтовая деформация каната в виде штопора (см. рис. 8.18, а). Причинами образования штопора являются неравномерное натяжение прядей при свивке каната и несимметричное растяжение каната в процессе эксплуатации, которое имеется практически всегда на переходных участках у копровых направляющих шкивов, на шкивах с изношенными ручьями в сочетании со значительными нагрузками от кручения и растяжения.

Деформация каната в виде штопора чаще всего появляется в канатах с металлическим сердечником. При несовпадении направлений спирали волнистости и свивки каната прочность каната не уменьшается, хотя при эксплуатации канат ускоренно изнашивается на этом участке. Канат следует отбраковать, если деформация каната x превышает по величине $1,33d_k$; длина рассматриваемого участка не должна превышать $25d_k$ (где d_k – диаметр каната).

Наиболее опасной является волнистость, направление спирали которой совпадает с направлением свивки каната, при этом шаги спирали волнистости и свивки каната одинаковы. Канат на этом участке состоит из прядей неодинаковой длины, самая короткая прядь постоянно находится на вогнутой стороне изогнутого каната, а длинная – на выпуклой стороне. При эксплуатации такого каната пряди его на этом участке нагружаются неодинаково – перегружаются короткие пряди и недогружаются длинные. Канат бракуется, если деформация каната x превышает по величине $1,08d_k$, а также при появлении на участке волнистости первых обрывов проволок;

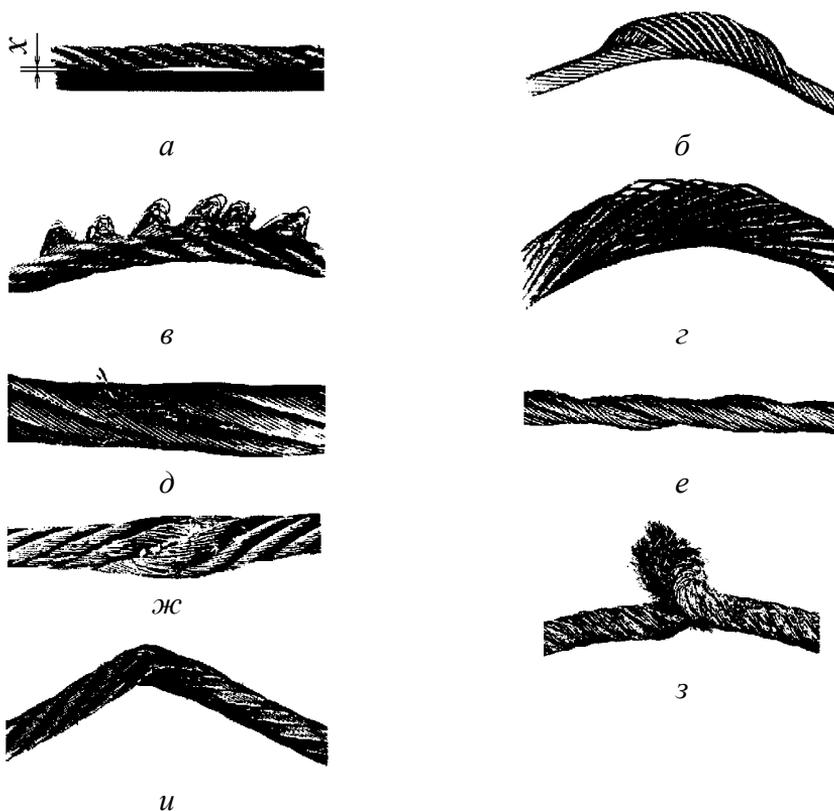


Рис. 8.18. Типовые повреждения канатов: *а* – штопор; *б* – фонарь; *в* – петлеобразный выход проволок; *г* – разрыхление слоя проволок или прядей; *д* – местное утолщение каната; *е* – затяжка одной или нескольких прядей; *ж* – раздавливание каната; *з* – колышка; *и* – излом

б) отслоение наружных прядей или проволок – фонарение (или образование «птичьей клетки») (см. рис. 8.18, б) наблюдается в многослойных канатах и свидетельствует о появлении сжимающих усилий в наружном слое и перегрузке сердечника. Фонарь может возникать еще как следствие раскручивания каната при подготовке его к эксплуатации; при наличии фонаря канат рекомендуется отбраковать;

в) на рис. 8.18 в показан выход из каната проволок при работе на шкивах вследствие ошибки проектирования или неправильного применения каната; при существенном нарушении структуры каната вследствие петлеобразования проволок канат рекомендуется отбраковать;

г) разрыхление наружного слоя проволок или прядей (см. рис. 8.18, г) характеризуется сгоном избыточных длин проволок на отдельные участки каната под воздействием больших сил трения скольжения или при действии динамических нагрузок. При этом проволоки становятся легко под-

вижны, что приводит к перегрузке остальных проволок; если разрыхление (выдавливание трех и более проволок) произошло вследствие износа или коррозии проволок на участке длиной $6d_k$, то канат рекомендуется заменить. В других случаях требуется повышенное внимание к дальнейшей эксплуатации каната;

д) местное утолщение каната (см. рис. 8.18, д) наблюдается при наличии утолщения сердечника, что может служить причиной ускоренного износа прядей. При сильно выраженном местном утолщении каната его рекомендуется отбраковать;

е) затяжка одной или нескольких прядей (см. рис. 8.18, е) может происходить при малом диаметре сердечника, его износе или разрушении. Нарушение структуры каната в виде затяжки приводит к резкому перераспределению нагрузок между его элементами, поэтому при достаточно выраженной затяжке канат следует заменить;

ж) раздавливание каната (см. рис. 8.18, ж) случается как следствие нарушения правил эксплуатации. При приложении динамической нагрузки круглое сечение каната становится овальным в результате пластических деформаций проволок. После снятия нагрузки восстановления круглой формы на этом участке не происходит. Местное раздавливание приводит в последующем к усиленному износу проволок, поэтому требуется повышенное внимание к канату при дальнейшей эксплуатации и браковке при визуальном обнаружении его сплющивания по длине;

з) колышка (см. рис. 8.18, з) образуется при затяжке петли в результате нарушения правил подготовки каната к работе и является безусловным основанием для отбраковки;

и) канат должен быть отбракован также и в случае его резкого излома (см. рис. 8.19, и) в результате перегиба на элементах конструкции или других посторонних воздействий.

8.5.3. Типичные примеры износа канатов

Типичные примеры износа канатов приведены на рис. 8.19:

а) механическое повреждение (см. рис. 8.19, а) в результате движения каната под нагрузкой по острым кромкам;

б) местное абразивное изнашивание (см. рис. 8.19, б) в результате трения о конструкции, вибрации каната на участке между барабаном и копровым отклоняющим шкивом;

в) узкая полоска абразивного износа (см. рис. 8.19, в), приводящая к усталостному разрушению, вызванная движением каната в чрезмерно широком желобе;

г) две параллельные линии оборванных проволок (см. рис. 8.19, з), указывающие на узкий желоб;

д) обрывы проволок на поверхности раздела между прядями или между прядями и сердечником (см. рис. 8.19, д), свидетельствующие о разрушении сердечника;

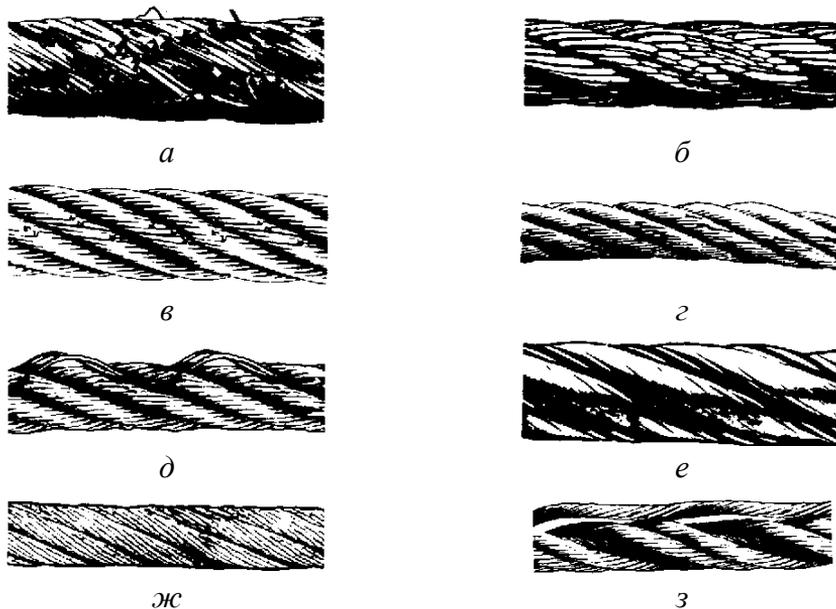


Рис. 8.19. Типичные примеры износа канатов: *а* – механический износ; *б* – местный абразивный износ; *в* – узкая полоска абразивного износа; *г* – две параллельные линии оборванных проволок; *д* – усталостные обрывы проволок; *е* – абразивный износ каната односторонней свивки; *ж* – сильная коррозия; *з* – разрыв сердечника

е) сильный абразивный износ каната односторонней свивки (см. рис. 8.20, *е*), вызванный абразивным трением;

ж) сильная коррозия (см. рис. 8.19, *ж*); внутренняя коррозия характеризуется полным отсутствием зазора между прядями, что является признаком внутреннего разрушения;

з) разрыв проволочного сердечника (см. рис. 8.19, *з*), вызванный высокими напряжениями.

8.5.4. Типичные виды изломов проволок

Типичные виды изломов проволок приведены на рис. 8.20.

Запрещается навешивать или продолжать работу стальными канатами с порванными, выпученными или запавшими прядями, с узлами, «жучками» и с другими повреждениями, а также с утонением более 10 % номинального диаметра.

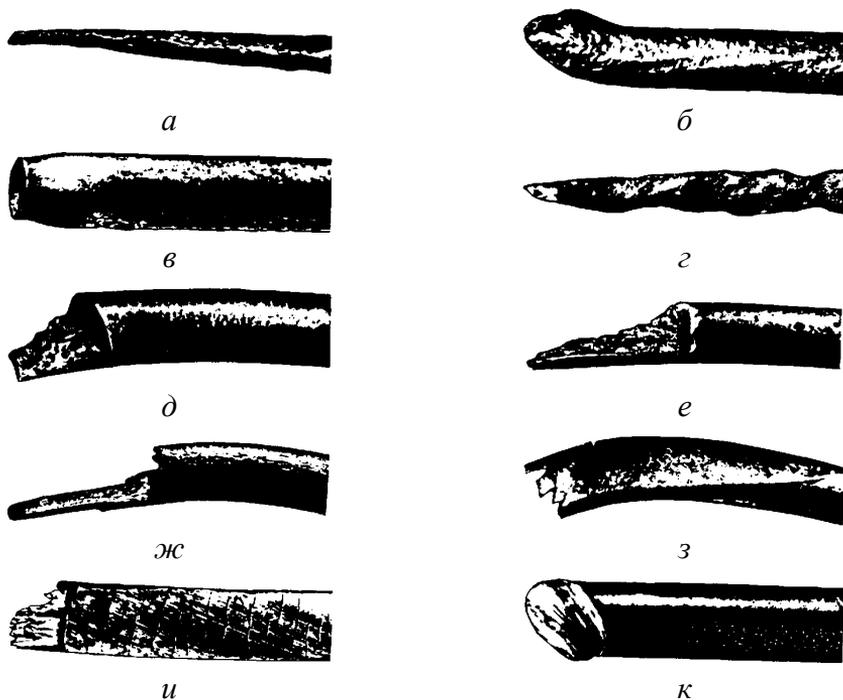


Рис. 8.20. Типы изломов проволоки каната: *а* – вызванный большим абразивным изнашиванием; *б* – при изгибе; *в* – при растяжении; *г* – вызванный коррозией при растяжении; *д* – усталостный; *е* – неоднородный усталостный; *ж* – вызванный коррозионной усталостью; *з* – вязкий при абразивном износе; *и* – мартенситный; *к* – сдвиговый

8.6. Инструментальный контроль канатов

Подъемные прядевые канаты, эксплуатирующиеся в вертикальных стволах и на наклонных выработках, на людских и грузоподъемных подъемах подлежат обязательному инструментальному контролю в целях определения по всей их длине потери сечения металла и наличия обрывов проволок средствами контроля, допущенными в установленном порядке. Для каждого типа канатов, подвергаемых инструментальному контролю на подъемной установке в течение всего срока службы, должен храниться контрольный отрезок каната.

Сроки проведения (периодичность) инструментального контроля приведены в Правилах безопасности [112, 113].

Канаты должны быть сняты и заменены новыми при потере сечения металла, достигающей:

10 % – для подъемных канатов в вертикальных стволах с длиной отвеса более 900 м, навешиваемых в соответствии с требованиями настоящих Правил, с учетом отношения суммарного разрывного усилия всех прово-

лок к концевому грузу, для подъемных канатов людских и грузолюдских двухканатных установок, не оборудованных парашютами, полковых канатов, навешиваемых с запасом прочности менее 6-кратного при палиспастной схеме подвески полков, а также для тормозных канатов парашютов;

15 % – для подъемных канатов с металлическим сердечником, трехграннопрядных, с круглыми пластически обжатыми прядями, навешиваемыми по запасам прочности в соответствии с требованиями настоящих Правил, а также для канатов всех конструкций в вертикальных стволах с длиной отвеса до 900 м, навешиваемых в соответствии с требованиями настоящих Правил, а также канатов подвески стволопроходческих комбайнов, навешиваемых с запасом прочности менее 6-кратного;

18 % – для круглопрядных канатов с органическим сердечником на вертикальных и наклонных людских и грузолюдских подъемах, а также диаметром 45 мм и менее на грузовых подъемах, навешиваемых с запасами прочности, указанными в настоящих Правилах, а также для проводниковых канатов при строительстве и эксплуатации шахт и канатов для подвески проходческого оборудования;

20 % – для круглопрядных канатов диаметром более 45 мм с органическим сердечником на вертикальных грузовых подъемах, навешиваемых с запасом прочности не менее 6,5-кратного, для отбойных канатов и канатов для подвески полков;

24 % – для уравнивающих канатов.

Резинотросовые уравнивающие канаты должны подвергаться инструментальному контролю для определения целостности тросов и браковаться в соответствии с руководством по эксплуатации трудновоспламеняющихся резинотросовых уравнивающих канатов в шахтных стволах.

8.7. Критерии браковки подъемных канатов

Канат должен быть снят и заменен другим, если закончился предельный срок службы по результатам визуального и инструментального контроля или если при повторном испытании:

– запас его прочности окажется ниже 7-кратного – для людских и аварийно-ремонтных подъемов; 6-кратного – для грузолюдских подъемов и проходческих люлек; 5-кратного – для грузовых, передвижных подъемных установок и спасательных лестниц;

– суммарная площадь проволок, не выдержавших испытания на разрыв и перегиб, достигает 25 % общей площади поперечного сечения всех проволок каната.

Запрещается эксплуатация стальных прядевых канатов шахтных подъемных установок при наличии на каком-либо участке обрывов проволок, число которых на шаге свивки от общего их числа в канате достигает при визуальном (инструментальном) контроле:

5 % – для подъемных канатов сосудов и противовесов, канатов для подвески полков и механических грузчиков (грейферов);

10 % – для канатов грузовых концевых откаток по наклонным выработкам с углом наклона до 30° , уравнивающих, тормозных, амортизационных, проводниковых, отбойных канатов.

Если поврежденный участок находится в месте крепления каната к прицепному устройству, то необходимо конец каната с оборванными проволоками отрубить и снова прикрепить канат к коушу.

В журнале записи результатов осмотра подъемных канатов и их расхода должен быть отмечен наиболее поврежденный участок (шаг), на котором число оборванных проволок превышает 2 % общего числа проволок каната.

Запрещается эксплуатация подъемных канатов закрытой конструкции:

- при износе более половины высоты проволок наружного слоя;
- при нарушении замка наружных проволок фасонного профиля (расслоение проволок), если шероховатость поверхности каната возникла за счет разворота вокруг продольной оси не менее чем половины наружных проволок или хотя бы одна Z-образная проволока в результате выхода из замка оказалась вне наружной поверхности каната;

- при наличии трех оборванных проволок (включая и запаянные) фасонного профиля наружного слоя на длине участка, равной пяти шагам их свивки или двенадцати на всей рабочей длине каната.

Допускается эксплуатация канатов, имеющих волнообразные участки без нарушения замка наружных проволок и сохраняющих гладкую поверхность.

Проводниковые канаты подлежат замене:

- при износе на 15 % номинального диаметра, но не более половины высоты или диаметра наружных проволок;
- при обнаружении более одного обрыва наружных проволок на 100 м длины каната закрытой конструкции.

Если при обрыве наружные проволоки в канате закрытой конструкции выходят из замка, то их необходимо надежно заделать в канат или вымотать на участке, не поддающемся заделке.

На многоканатных подъемных установках периодически, но не реже чем через 6 месяцев, с помощью специального прибора должна производиться проверка относительной перегрузки канатов. Если относительная

перегрузка канатов при нижнем положении подъемных сосудов превышает 15 % или при верхнем положении – 25 %, то подъемная установка должна быть остановлена для проведения работ по регулировке распределения нагрузки на канаты.

Тормозной канат подлежит замене, если износ или коррозия наружных проволок достигнет 50 % площади их поперечного сечения.

Канат должен быть снят с эксплуатации и заменен другим, если потеря сечения металла достигнет:

а) 10 % – для головных канатов людских и грузолудских двухканатных установок, не оборудованных парашютами, а также для тормозных канатов парашютов;

б) 15 % – для подъемных канатов с металлическим сердечником, трехграннопрядных, с круглыми пластически обжатыми прядями;

в) 18 % – для круглопрядных канатов с органическим сердечником на людских и грузолудских подъемах, а также диаметром 45 мм и менее на грузовых подъемах;

г) 20 % – для круглопрядных канатов диаметром более 45 мм с органическим сердечником на грузовых подъемах;

д) 24 % – для уравнивающих канатов.

Если в случае экстренного напряжения каната (резкая остановка подъемной машины и т.п.) он оказался поврежденным или получил удлинение (на участке, подвергнувшемся экстремному напряжению) на 0,5 % и более, то канат должен быть заменен.

Запрещается продолжать работу канатами с видимыми структурными изменениями типа «штопор», «фонарь», волнистость, обрыв прядей и выход сердечника, с узлами, «жучками» и другими повреждениями.

9. ПОПЕРЕЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ СТРУНЫ ПОДЪЕМНОГО КАНАТА

Одной из причин обрыва проволок подъемного каната на участке струны является удар каната об элементы конструкции копра, ограждения проема окна здания подъемных машин, через которое проходит струна каната, а также другие предметы в зоне поперечных колебаний струны каната [107]. Для исключения удара каната необходимо знать предельную амплитуду поперечных колебаний струны каната и разработать мероприятия, исключающие ударное взаимодействие каната с предметами, разрушающими канат. Известно [63], что стальные канаты не выдерживают поперечных ударов и относительно легко разрушаются от таких ударов. В трех случаях из четырех оборванных канатов, обследованных комиссией при участии авторов, канат оборвался после поперечного удара.

В связи с изложенным необходимо исследовать совместные колебания подъемного сосуда на канате и струны каната при торможении подъемной установки, на базе которых можно будет разработать методику определения зоны максимально возможных колебаний каната при рабочем и предохранительном торможении, разработать мероприятия по исключению повреждений каната.

9.1. Математическое описание совместных продольных колебаний сосуда на канате и поперечных колебаний струны

Процесс поперечных колебаний струны каната формируется при периодическом внешнем воздействии, совершающем работу на поперечных перемещениях, или параметрическом возбуждении, т. е. периодическом изменении параметров. Источником энергии поперечных колебаний струны каната являются продольные колебания подъемного каната.

Рассмотрим поперечные колебания струны каната. Для этого представим канат стержнем, имеющим следующие параметры:

- интенсивность массы – $m(x)$;
- модуль упругости первого рода – E ;
- площадь поперечного сечения – F .

Стержень совершает параметрические поперечные колебания, вызванные периодическим продольным усилием. При составлении уравнения поперечных колебаний стержня приняты следующие допущения:

- перемещение стержня происходит в одной плоскости;

– влиянием восстанавливающих сил пренебрегаем. Последнее допущение сделано из условия, что поперечная жесткость каната значительно меньше продольной жесткости. Уравнение поперечных колебаний запишем в виде

$$m(x) \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial x} (S(x, t) \frac{\partial z}{\partial x}) = 0,$$

где $S(x, t)$ – продольное усилие в стержне, Н; $z(x, t)$ – поперечное перемещение стержня, м.

Струну каната будем рассматривать как однородный стержень, следовательно, величину интенсивности массы стержня можно заменить массой одного метра каната $m(x) = p$.

Граничные условия запишем из условия, что поперечное перемещение на границах струны равно нулю: $z(0, t) = 0$, $z(L, t) = 0$.

Натяжение струны каната складывается из постоянной составляющей (статического натяжения) и периодической (динамическая составляющая натяжения при продольных колебаниях отвеса каната), описывается выражением:

$$S = S_0 + EF \frac{\partial u}{\partial x}.$$

Величина $u(x, t) = \sum_j X_j(x) T_j(t)$ продольное динамическое перемещение сечения каната.

Продольные колебания системы описываются дифференциальным уравнением в частных производных:

$$EF \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - m(x) \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = q(x, t),$$

где $u(x, t)$ – продольная деформация стержня, м; $m(x)$ – интенсивность массы стержня, кг/м; EF – продольная жесткость стержня, Н; $q(x, t)$ – интенсивность внешнего воздействия, Н/м.

Продольная жесткость принята постоянной из предположения незначительного изменения ее по длине каната и идентичности свойств головных и уравновешивающих канатов. Интенсивность массы стержневой системы описывается выражением:

$$m(x) = p(1 + \sum_i \beta_i \sigma_1(x - x_i)),$$

где p – масса одного метра стержня (каната), кг/м; β_i – величина, характеризующая изменение массы в сечении $x = x_i$, $\beta_i = \frac{m_i}{p}$; m_i – величина сосредоточенной массы, кг.

Граничные условия определяются принятой расчетной схемой. В случае, когда конец стержня свободен, усилие в этом сечении будет равно нулю и, как следствие,

$$\frac{\partial u(x, t)}{\partial x} = 0.$$

Для закрепленного конца системы граничное условие запишем в виде выражения: $u(x, t) = 0$.

Для подъемных установок без уравнивающих канатов можно принять расположение сосредоточенных масс сосудов не в самых крайних сечениях, а бесконечно близко к ним. При таком выборе расчетной схемы можно воспользоваться нулевыми граничными условиями.

В качестве внешнего воздействия рассмотрим силу, приложенную к эквивалентной массе подъемной машины.

Разложим интенсивность внешнего воздействия на систему в ряд по собственным функциям:

$$q(x, t) = \sum_{j=1}^{\infty} m(x) S_j(t) X_j(x).$$

Величину $S_j(t)$ определяем из условия ортогональности собственных функций:

$$S_j(t) = \frac{\int q(x, t) X_j(x) dx}{\int m(x) X_j^2(x) dx}.$$

При постоянном внешнем воздействии, приложенном в одной точке,

$$S_j = \frac{F_d X_j(x_i)}{\int m(x) X_j^2(x) dx}.$$

Решение уравнения продольных колебаний ищем в виде ряда:

$$u(x, t) = \sum_{j=1}^{\infty} X_j(x) T_j(t).$$

Собственные функции для стержневой системы с сосредоточенными включениями в интенсивность массы определяются выражением:

$$X_j(x) = X_j(0)F_1(x) + \frac{X_j'(0)}{k_j}F_2(x),$$

$$\text{где } F_1(x) = \cos(k_j x) + \sum_{i=1}^3 C_i \sin k_j(x - x_i) \sigma_0(x - x_i);$$

$$F_2(x) = \sin(k_j x) + \sum_{i=1}^3 D_i \sin k_j(x - x_i) \sigma_0(x - x_i);$$

$$C_i = -k_j \frac{M_i}{p_0} \left[\cos(k_j x_i) + \sum_{g=1}^{i-1} C_g \sin k_j(x_i - x_g) \right];$$

$$D_i = -k_j \frac{M_i}{p_0} \left[\sin(k_j x_i) + \sum_{g=1}^{i-1} D_g \sin k_j(x_i - x_g) \right].$$

Поиск решения временных функций зависит от вида внешнего воздействия. При постоянном внешнем воздействии дифференциальное уравнение временных функций

$$\ddot{T}_j + \omega_j^2 T_j = -S_j$$

имеет следующее решение:

$$T_j(t) = T_j(0) \cos(\omega_j t) + \frac{\dot{T}_j(0)}{\omega_j} \sin(\omega_j t) - \frac{S_j}{\omega_j^2} (1 - \cos(\omega_j t)),$$

где ω_j – частота свободных колебаний системы, $\omega_j = k_j a$; k_j – собственные числа системы; a – скорость распространения упругой волны, м/с.

Постоянные начальных условий $T_j(0)$ и $\dot{T}_j(0)$ для построения решения временных функций определяются из разложения в ряд по собственным функциям начальных условий системы $u(x, 0) = f(x)$ и $\frac{\partial u(x, 0)}{\partial t} = \varphi(x)$:

$$T_j(0) = \frac{\int_0^l f(x) m(x) X_j(x) dx}{\int_0^l X_j^2(x) m(x) dx}, \quad \dot{T}_j(0) = \frac{\int_0^l \varphi(x) m(x) X_j(x) dx}{\int_0^l X_j^2(x) m(x) dx}.$$

Решение дифференциального уравнения продольных колебаний при нулевых начальных $u(x,0)=0$, $\frac{\partial u(x,0)}{\partial t}=0$ и граничных условиях $u(0,t)=0$, $\frac{\partial u(l,t)}{\partial x}=0$ описывается выражением:

$$u(x,t) = \sum_j X_j T_j = \sum_j \frac{S_j}{\omega_j^2 k_j} (1 - \cos(\omega_j t)) F_2(x).$$

Относительная деформация, первая производная по координате

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial x} = \sum_j X_j' T_j = \sum_j \frac{S_j}{\omega_j^2 k_j} (1 - \cos(\omega_j t)) \frac{dF_2(x)}{dx}.$$

Принимая постоянное натяжение по длине струны, собственные функции $X_j(x)$ определяем в сечении x_i , $X_j(x_i)$. Временные функции при собственных продольных колебаниях определяются начальными условиями:

$$T_j = A_j \cos(\omega_j t - \theta_j),$$

$$A_j = \sqrt{T_j^2(0) + \left(\frac{\dot{T}_j(0)}{\omega_j} \right)^2}, \quad \text{arctg}(\theta_j) = \frac{\dot{T}_j(0)}{\omega_j T_j(0)}.$$

Рассмотрим только первую гармонику продольных колебаний, записав выражение натяжения струны каната в виде:

$$S(t) = S_0 + A_s \cos(\omega_1 t - \theta_1),$$

где $A_s = EFX_1'(x_i)A_1$ – амплитуда продольного натяжения каната, Н.

Уравнение поперечных колебаний струны каната имеет вид

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} - \frac{S(t)}{p} \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = 0.$$

Решая уравнение методом разделения, представим это решение в виде произведения двух функций: $z(x,t) = \sum_j Y_j(x) T_j(t)$. Подставляя значение

натяжения струны каната в дифференциальное уравнение и разделяя переменные, приходим к двум дифференциальным уравнениям:

$$Y_j'' + v_j^2 Y_j = 0,$$

$$\ddot{T}_j + \left(\frac{S_0}{p} v_j^2 + \frac{A_s}{p} v_j^2 \cos(\omega_1 t - \theta_1) \right) T_j = 0.$$

Первое слагаемое в скобках $\psi_j^2 = \frac{S_0}{p} v_j^2$ определяет квадрат частоты собственных поперечных колебаний струны каната. Приведенное выражение определяет зависимость собственной частоты поперечных колебаний от параметров струны: массы одного метра каната p , длины и граничных условий через значение собственных чисел v_j и величины статического натяжения каната S_0 .

Множитель перед косинусом

$$\varepsilon_j^2 = \frac{A_s}{p} v_j^2 = a^2 v_j^2 X_1'(x_i) A_1,$$

определяет амплитуду собственной поперечной частоты и устанавливает ее зависимость от амплитуды продольного усилия при неизменных параметрах струны (a, v_j, p).

Уравнение временных функций можно представить в виде:

$$\ddot{T}_j + (\psi_j^2 + \varepsilon_j^2 \cos(\omega_1 t - \theta_1)) T_j = 0.$$

Периодическое изменение натяжения струны приводит к параметрическим колебаниям струны каната.

Приведем уравнение временных функций к уравнению Матъе:

$$x'' + (b - 2d \cos(2\tau))x = 0.$$

Рассмотрим уравнение временных функций без учета θ_j :

$$t = \frac{2\tau}{\omega_1}, \quad \ddot{T}_j = \frac{\omega_1^2}{4} \frac{d^2 T_j}{d\tau^2};$$

$$\frac{d^2 T_j}{d\tau^2} \frac{\omega_1^2}{4} + (\psi_j^2 + \varepsilon_j^2 \cos(2\tau)) T_j = 0;$$

$$b_j = \left(\frac{2\psi_j}{\omega_1} \right)^2, \quad d_j = -\frac{1}{2} \left(\frac{2\varepsilon_j}{\omega_1} \right)^2.$$

Учет величины θ_j требует другого преобразования:

$$2\tau - \frac{\pi}{2} = t\omega_1 - \theta_1, \quad \ddot{T}_j = \frac{\omega_1^2}{4} \frac{d^2 T_j}{d\tau^2}.$$

Окончательно уравнение временных функций запишем в виде:

$$\frac{d^2 T_j}{d\tau^2} + (b_j - 2d_j \cos(2\tau)) T_j = 0.$$

Определим длину каната при параметрическом резонансе. Условие возникновения параметрического резонанса для первой зоны $(b_1 - 1)^2 - d_1^2 < 0$ или $|b_1| < |d_1 + 1|$. Выполнение равенства $\omega_j = 2\psi_j$ приводит к тому, что при сколь угодно малом возбуждении ε_j амплитуда колебаний возрастает (в системе без учета диссипативных свойств).

Величина b_j характеризует отношение собственной частоты поперечных колебаний струны к частоте изменения параметра (жесткости), d_j отношение амплитуды к частоте изменения параметра.

Рассмотрим выражение $\omega_j = 2\psi_j$ для определения положения системы при параметрическом резонансе.

Частота свободных продольных колебаний определяется выражением:

$$\omega_j = ak_j; \quad a = \sqrt{\frac{EF}{p}},$$

где a – скорость распространения упругой волны в стержне, м/с; k_j – собственные числа системы для продольных колебаний, m^{-1} .

Изменение положения расчетной системы приведет к изменению собственных чисел k_j , скорость распространения упругой волны остается неизменной. Рассматривая расчетную схему в виде сосредоточенной массы на безынерционной упругой связи, значение частоты свободных колебаний

можно определить по выражению: $\omega_1 = \sqrt{\frac{EF}{Hm}}$.

Для поперечных колебаний при изменении положения системы изменяется величина натяжения струны каната S_0 , а собственные числа остаются постоянными и зависят от длины струны при неизменных граничных условиях. Значения собственных чисел струны каната v_j при нулевых

граничных условиях определяются выражением: $v_j = \frac{j\pi}{L}$, где L – длина струны каната, м.

Подставим значения частот колебаний и преобразуем выражение. В результате получим квадратное уравнение относительно длины каната H :

$$H^2 + \alpha H = \beta;$$

$$\alpha = \frac{m}{p}, \quad \beta = \frac{EFL^2}{4\pi^2 gm}.$$

Корни квадратного уравнения описываются выражением:

$$H_{1,2} = -\frac{\alpha}{2} \pm \sqrt{\frac{\alpha^2}{4} + \beta}.$$

Поскольку длина не может быть отрицательной, а выражение под корнем всегда положительно, следовательно, для определения длины отвеса каната используем выражение:

$$H = \sqrt{\left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 + \beta} - \frac{\alpha}{2}.$$

Полученное выражение позволяет определить положение системы, при котором возможно возникновение параметрического резонанса.

Решение уравнения Матъе

Вид решения уравнения Матъе зависит от соотношений коэффициентов дифференциального уравнения b_j и d_j . Комбинация параметров определяет, будут колебания ограничены по амплитуде, т.е. система устойчива, или сформируются условия для возникновения параметрического резонанса.

При возрастании частоты возбуждения ω_j (при увеличении индекса j) параметры b_j , d_j уменьшаются. Соотношение этих параметров в уравнении Матъе остается постоянным, следовательно, состояние системы для каждой гармоники определяется точками на луче $d_j = \frac{1}{2}b_j$, проходящем через начало координат.

Найдем решение уравнения Матъе:

$$\frac{d^2 T_j}{d\tau^2} + (b_j - 2d_j \cos(2\tau))T_j = 0.$$

Определим решение уравнения для наиболее важной – первой области неустойчивости. Границе этой области неустойчивости соответствует решение с периодом $2T$.

В общем виде периодическое решение уравнения Матъе представляется однородной линейной функцией начальных условий:

$$T(\tau) = T(0) \frac{Ce(n, d, \tau)}{Ce(n, d, 0)} + \dot{T}(0) \frac{Se(n, d, \tau)}{Se'(n, d, 0)},$$

где $Ce(n, d, t)$, $Se(n, d, t)$ – периодические функции Матье; $n = 0, 1, 2, \dots$

Периодические функции Матье находятся в виде ряда по параметру d_j , при $n = 1$:

$$Ce(1, d, \tau) = \cos(\tau) - \frac{1}{8}d \cos(3\tau) + \\ + d^2 \left(-\frac{1}{128} \cos(\tau) - \frac{1}{64} \cos(3\tau) + \frac{1}{192} \cos(5\tau) \right);$$

$$Ce(1, d, 0) = 1 - \frac{1}{8}d - \frac{7}{384}d^2;$$

$$Se(1, d, \tau) = \sin(\tau) - \frac{1}{8}d \sin(3\tau) + \\ + d^2 \left(-\frac{1}{128} \sin(\tau) + \frac{1}{64} \sin(3\tau) + \frac{1}{192} \sin(5\tau) \right);$$

$$Se'(1, d, 0) = 1 - \frac{3}{8}d + \frac{25}{384}d^2.$$

Приведенные преобразования позволяют найти периодические решения уравнения Матье.

Построение периодического решения уравнения Матье можно описать следующим алгоритмом. По известным параметрам системы определяют коэффициенты уравнения Матье b_j и d_j . Воспользовавшись разложениями периодических функций Матье для значения $n = 1$ и начальных условий, строится решение уравнения.

После построения уравнения необходимо перейти от аргумента τ к t – времени, воспользовавшись первоначальной подстановкой $\omega_1 t = 2\tau$. Полученные выражения будут описывать временные функции $T_j(t)$.

Теперь нам известны выражения как собственных, так и временных функций, что позволяет построить решение дифференциального уравнения поперечных колебаний в виде $z(x, t) = \sum Y_j(x) T_j(t)$.

Полученное решение позволяет определить амплитуду поперечных колебаний каждого сечения струны для случая параметрического возбуждения колебаний. Эта информация может быть использована для принятия мер, исключающих соударение каната об элементы конструкций копра и здания подъемной машины.

9.2. Экспериментальные исследования совместных колебаний подъемного сосуда и струны каната

Задачи экспериментальных исследований – это обоснование расчетных схем и допущений, принятых при составлении математической модели подъемной установки, и проверка достоверности результатов теоретических исследований. Для их решения проведены экспериментальные исследования продольных колебаний подъемного сосуда на канате совместно с поперечными колебаниями струны каната.

Экспериментальные исследования совместных колебаний подъемного сосуда на канате и поперечных колебаний струны подъемного каната проведены на скиповой подъемной установке 2Ц5×2.7 калийного рудника, параметры которой приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Технические характеристики подъемной установки

Параметры установки	Условные обозначения	Единица измерения	Величина
Высота подъема	H_0	м	301
Грузоподъемность	$m_{п}$	кг	22000
Максимальная скорость подъема	V_{max}	м/с	10,47
Подъемные канаты по ТУ-14-1552-89:			
диаметр	d	мм	63,0
линейная плотность	p	кг/м	16,88
суммарная площадь поперечного сечения проволок	F	м ²	$1918,9 \cdot 10^{-3}$
эквивалентный модуль упругости	E	Н/м ²	$1,11 \cdot 10^{11}$
Подъемные сосуды СН-19.5:			
масса	m_c	кг	18 500
масса груженого сосуда	m_k	кг	40 500
Струна каната:			
длина	L	м	76,1
угол наклона к горизонту	α	град	42,85
Копровые шкивы:			
диаметр	$D_{ш}$	м	5,0
высота реборд	$h_{ш}$	мм	220

Исследования продольных колебаний подъемного сосуда на канате выполнены с помощью аппаратуры «АРМИР» [23, 24], обеспечивающей динамическую диагностику системы «сосуд – армировка» вертикальных

шахтных стволов. Внешний вид аппаратуры «АРМИР», включающей блок сбора, обработки и регистрации сигналов, датчики ускорения и комплект кабелей, приведен на рис. 9.1. На рис. 9.2 показано крепление датчика ускорения на коуше скипа с помощью магнитной защелки.

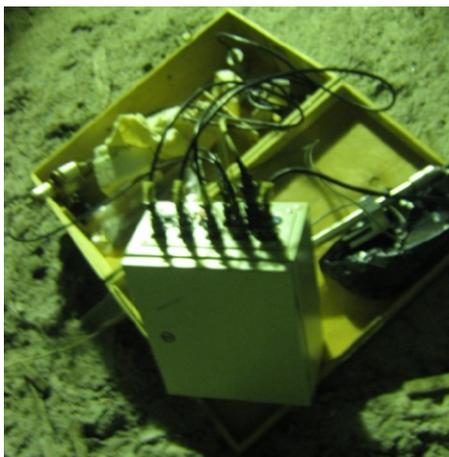


Рис. 9.1. Аппаратура «АРМИР»



Рис. 9.2. Размещение датчика ускорения на скипе

В качестве датчиков ускорения в аппаратуре «АРМИР» применяются емкостные одноосевые датчики типа ММА1260D с диапазоном измерения ускорений $\pm 1,5g$. Запись сигналов датчиков производится с частотой 300 Гц.

Положение скипа в шахтном стволе и скорость его движения измерялись и регистрировались с помощью стационарно установленного на шахтной подъемной машине регистратора параметров РПУ-03.5 [98, 101]. Пример графика вертикального ускорения скипа при спуске порожнего скипа приведен на рис. 9.3.

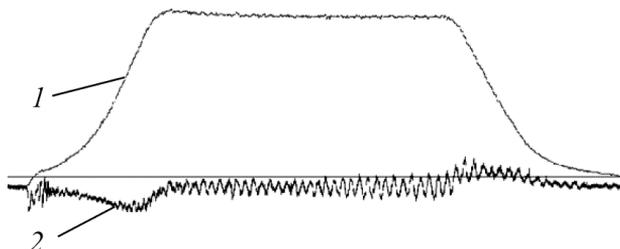


Рис. 9.3. График вертикального ускорения скипа при спуске порожнего скипа: 1 – скорость скипа; 2 – вертикальное ускорение скипа

Измерение амплитуды поперечных колебаний каната выполнено с помощью видеокамеры «SONY» DSR-HC1000E и геодезической рейки РН-10 (ГОСТ 11158–76). Схема размещения приборов при съемке приведена на рис. 9.4.



Рис. 9.4. Размещение видеокамеры и геодезической рейки при измерении амплитуды поперечных колебаний каната

При спуске порожнего скипа и подъеме груженого колебания струны были минимальными. Наибольшие колебания имели место при предохранительном торможении установки после стопорения подъемной машины. Всего было выполнено 6 предохранительных торможений при различном положении сосуда в стволе. Из них зарегистрированы три видеосюжета поперечных колебаний струны, вызванных предохранительным торможением подъемной установки при спуске порожнего скипа и три – при подъеме груженого.

На рис. 9.5 показаны кадры видеосъемки с перемещением каната на фоне геодезической рейки. При движении подъемного сосуда в шахтном стволе канат навивается на барабан подъемной машины или свивается с него. При этом канат перемещается по обечайке барабана подъемной машины, что приводит к изменению положения каната относительно геодезической рейки и объектива видеокамеры. Положение каната на мониторе компьютера при обработке видеосъемки поперечных колебаний струны каната будет отличаться от фактического при отклонении каната от оси видеокамеры.

На рис. 9.6 показана схема размещения оборудования на виде сверху, а на рис. 9.7 дан вид сбоку со стороны подъемной машины.



Рис. 9.5. Кадры видеосъемки перемещений каната на фоне геодезической рейки

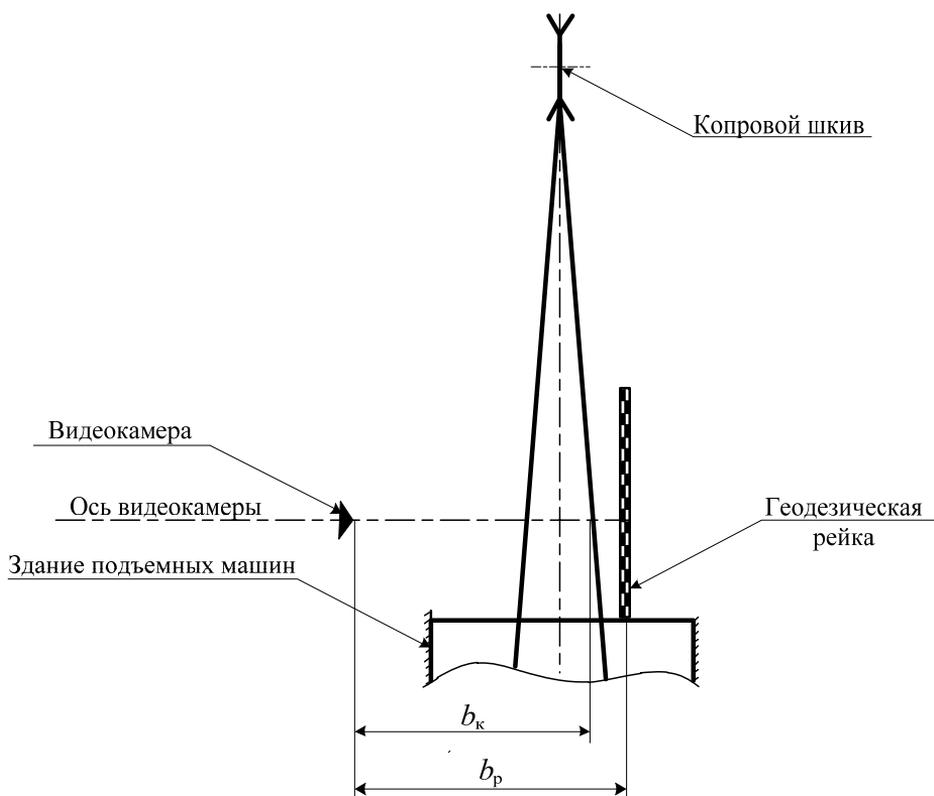


Рис. 9.6. Схема размещения оборудования: b_k – расстояние от точки съемки до каната; b_p – расстояние от точки съемки до измерительной рейки

Из рис. 9.7 видно, что положение каната относительно рейки на экране монитора будет отличаться от фактического. На этом рисунке буквой K обозначен подъемный канат, O – объектив видеокамеры, вертикальной двойной линией показана геодезическая рейка. Начало отсчета – «0» рейки находится сверху. Для удобства графического изображения поперечных колебаний струны каната за начало отсчета (базовую линию) принята отметка «200» на рейке. Относительно базовой линии построены все графики колебаний струны каната. На рис. 9.7 приведены следующие обозначения:

- b_k – расстояние от видеокамеры до оси каната, м;
- b_p – расстояние от видеокамеры до геодезической рейки, м;
- $u_{изм}$ – положение оси каната относительно геодезической рейки на экране монитора, см;
- $u_{ф}$ – фактическое положение оси каната относительно рейки, см;
- $u_{оси}$ – координата оси видеокамеры, см.

Фактическая координата оси каната относительно базовой линии определится из подобия треугольников на рис. 9.7:

$$u_{\phi} = 200 - (1+k) u_{\text{изм}} + k u_{\text{оси}},$$

где $k = 1 - b_{\text{к}} / b_{\text{р}}$.

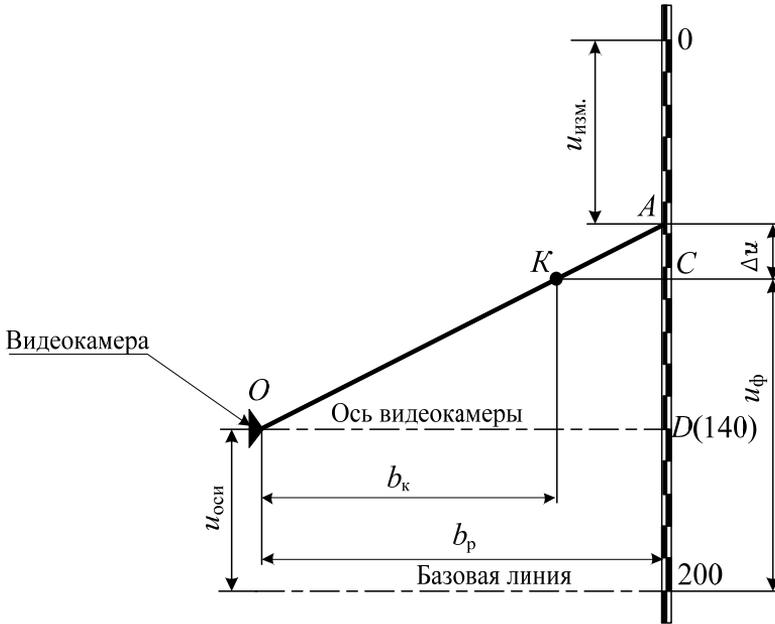


Рис. 9.7. Схема для расчета поправки измерения отклонения каната:

$b_{\text{к}}$ – расстояние от точки съемки до каната;

$b_{\text{р}}$ – расстояние от точки съемки до измерительной рейки

Пример обработки видеосъемки приведен на рис. 9.8

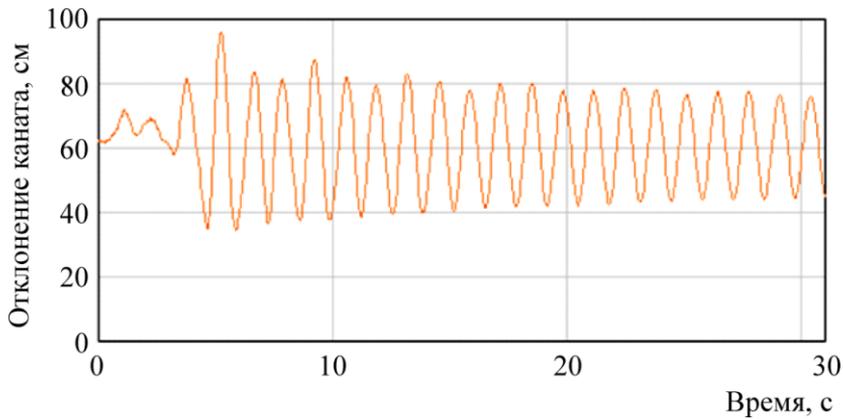


Рис. 9.8. График колебаний струны каната при предохранительном торможении при спуске порожнего скипа

На рис. 9.9 показано изменение положения струны каната при предохранительном торможении при подъеме грузеного скипа.

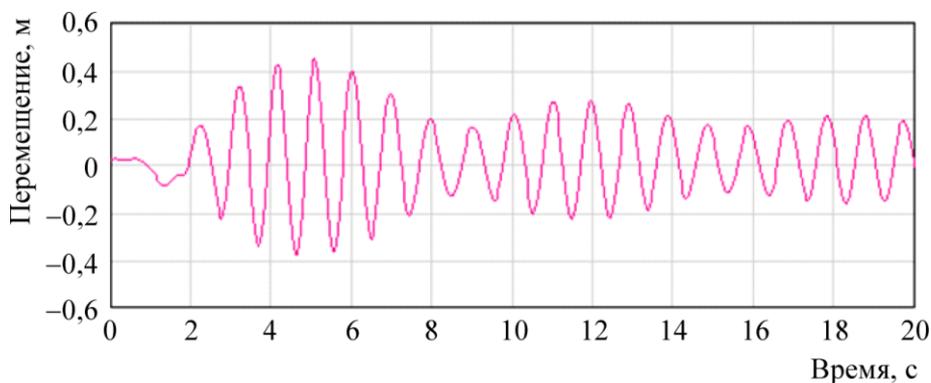


Рис. 9.9. График колебаний струны каната при предохранительном торможении при подъеме грузеного скипа

На рис. 9.10 приведен график ускорений скипа, синхронно измеренных аппаратурой «АРМИР».

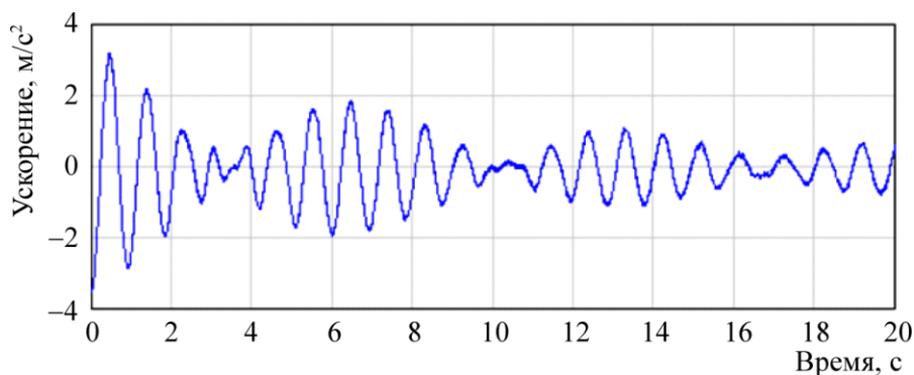


Рис. 9.10. Ускорения скипа при предохранительном торможении при подъеме груза

Представленные параметры являются дискретными сигналами. Воспользуемся дискретным преобразованием Фурье для анализа гармонических составляющих в каждом из сигналов.

На рис. 9.11 представлен дискретный спектр частот вертикального перемещения струны каната.

Из всего спектра выделим две пары наибольших частот:

$$f_{1,1} = 1,00, \quad f_{1,2} = 1,02, \quad f_{1,3} = 1,15, \quad f_{1,4} = 1,17.$$

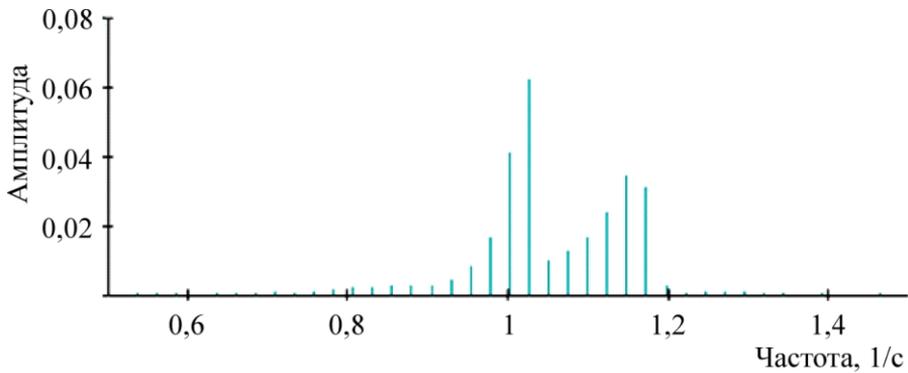


Рис. 9.11. Дискретный спектр частот вертикального перемещения

На рис. 9.12 представлен дискретный спектр частот вертикальной составляющей ускорения.

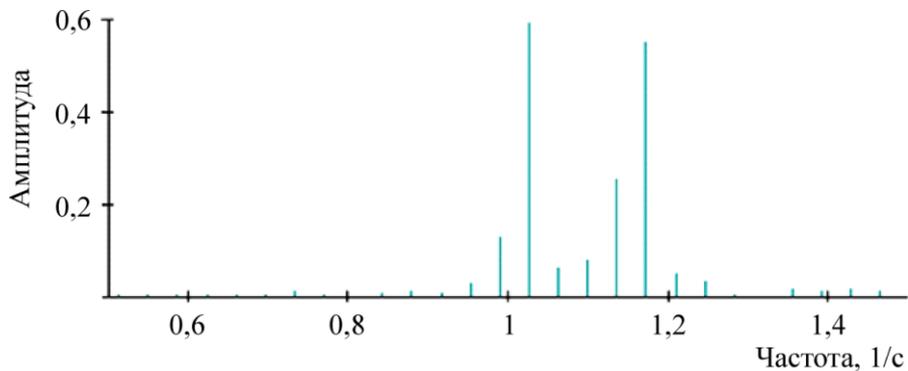


Рис. 9.12. Дискретный спектр частот вертикальной составляющей ускорения

В спектре вертикальных составляющих ускорения аналогично выделим две пары частот:

$$f_{2,1} = 0,99, \quad f_{2,2} = 1,02, \quad f_{2,3} = 1,13, \quad f_{2,4} = 1,17.$$

Оба спектра частот содержат совпадающие частоты:

$$f_{1,2} = f_{2,2} = 1,02, \quad f_{1,4} = f_{2,4} = 1,17.$$

Частота 1,02 1/с является основной как в спектре частот вертикального перемещения, так и в спектре частот вертикальной составляющей ускорения.

Гармоника с частотой 1,17 1/с в спектре вертикального перемещения по амплитуде сопоставима с гармоникой с частотой 1,15 1/с.

В спектре частот вертикальной составляющей ускорения частота 1,17 1/с является второй главной частотой.

Представленный частотный анализ сигналов позволяет представить поперечные колебания струны и продольные колебания скипа в форме суммы двух гармонических законов с частотами $f_1 = 1,02$ и $f_2 = 1,17$ 1/с.

Соотношение между главными частотами:

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{1,17}{1,02} = 1,15.$$

Сравнивая полученные численным решением математической модели значения главных частот колебаний со значениями из частотного спектра вертикальных перемещений, полученных по результатам эксперимента (рис. 9.12, 9.13), можно утверждать о качественном и количественном совпадении результатов математического моделирования совместных продольных и поперечных колебаний каната с результатами экспериментального исследования.

Погрешность определения первой главной частоты, соответствующей первой собственной частоте поперечных колебаний струны, составляет 9,8 %:

$$1 - \frac{0,92}{1,02} = 0,098.$$

Погрешность определения второй главной частоты, соответствующей первой собственной частоте продольных колебаний, составляет 6,8 %:

$$1 - \frac{1,09}{1,17} = 0,068.$$

Установленные закономерности продольных и поперечных колебаний в системе хорошо согласуются с результатами теоретических исследований. Относительная расхождение экспериментальных данных с расчетными не превышает 7–9 %, что свидетельствует о корректности принятых допущений и составленной на их основе математической модели подъемной установки.

9.3. Амплитуда максимальных поперечных колебаний струны

Теоретические и экспериментальные исследования динамики подъемной установки при предохранительном торможении [96, 106] показали, что максимальные колебания струны возбуждаются после остановки органов навивки машины за счет снижения интенсивности колебаний сосуда на канате. При совпадении частот главных колебаний в колебаниях струны ка-

ната может быть сосредоточена практически вся энергия колебаний системы. Колебания сосуда в этот период будут минимальными, и усилие в канате может быть принято равным статическому.

Полученные результаты позволяют вычислить амплитуду максимально возможных поперечных колебаний струны каната. Для этого необходимо определить энергию колебаний всей системы в период торможения и приравнять ее к энергии колебаний струны.

Энергия колебаний системы складывается из энергии продольных колебаний сосуда на канате и энергии поперечных колебаний струны. Ранее (см. подразд. 9.2) было установлено, что колебания струны каната вызваны изменением усилия в канате. Причем возбуждение поперечных колебаний сопровождается снижением интенсивности продольных. Поэтому энергия колебаний системы может быть принята равной энергии продольных колебаний в момент стопорения барабана машины, рассчитанной без учета влияния струны каната.

Максимальные продольные колебания сосуда на канате можно определить по методике, приведенной в работе [93]. В этой работе установлено, что в наиболее неблагоприятных условиях максимальные динамические усилия в канате при предохранительном торможении могут достигать двух статических. Максимальное ускорение сосуда в этом случае равно ускорению свободного падения.

Полная энергия продольных колебаний в момент максимального удлинения каната будет равна потенциальной энергии, определяемой выражением:

$$E_{\text{пр}} = c \frac{\Delta_{\text{max}}^2}{2}, \quad (9.1)$$

где Δ_{max} – максимальное удлинение каната при колебаниях сосуда, м; c – жесткость каната, Н/м.

Деформация каната зависит от его длины и упругих свойств, поэтому целесообразно энергию продольных колебаний выразить через ускорение сосуда. Для этого воспользуемся выражением $c \cdot \Delta = m \cdot a$. Отсюда

$$\Delta_{\text{max}} = \frac{m}{c} a_{\text{max}} = \frac{1}{v^2} a_{\text{max}}.$$

Подставив значение деформации каната в (с), получим

$$E_{\text{пр}} = \frac{m^2}{2c} a_{\text{max}}^2 = \frac{c}{2v^4} a_{\text{max}}^2. \quad (9.2)$$

Энергия поперечных колебаний струны в момент наибольшего отклонения каната также будет равна потенциальной энергии, определяемой выражениями (9.2) и (9.3). Для основного тона колебаний

$$E_{\text{поп}} = \frac{1}{4} \frac{\pi^2}{L} [m_c g + p g (l - L)] (\varphi^2 - \psi^2) + p g \frac{L}{\pi} \cos \alpha (\varphi - \psi). \quad (9.3)$$

При выводе этой формулы учтено, что усилие в канате при максимальных колебаниях струны равно статическому.

Приравняв выражения (9.2) и (9.3), после преобразований получим формулу для расчета амплитуды максимальных колебаний произвольного участка струны каната:

$$u_{\text{max}} = \left(u_0 \pm \sqrt{\frac{2m}{pL} \frac{a_{\text{max}}}{\omega^2}} \right) \sin \frac{\pi \xi}{L}, \quad (9.4)$$

где u_0 – статический провес середины струны, $u_0 = \frac{4L^2 \cos \alpha}{\pi^3 (m_c / p + l - L)}$, м; α –

угол наклона струны к горизонту, град; l – длина каната от барабана подъемной машины до подъемного сосуда, м; a_{max} – амплитуда максимальных ускорений сосуда после стопорения органов навивки каната, м/с²; ξ – расстояние от барабана до рассматриваемого участка струны каната.

При определении максимального отклонения каната вверх перед радикалом берется знак минус, вниз – знак плюс.

Величина максимальных ускорений сосуда при колебаниях в процессе торможения может быть рассчитана по известным методикам [93]. При наиболее неблагоприятных условиях торможения $a_{\text{max}} = 9,81$ м/с².

Формула (9.4) позволяет определить границу максимальных отклонений любой точки струны каната при торможении, если известны длина струны и угол наклона ее к горизонту, а также линейная плотность каната и масса сосуда.

Амплитуда максимальных поперечных колебаний струны каната при предохранительном торможении, прямо пропорциональна амплитуде максимальных ускорений (замедлений) подъемного сосуда в период предохранительного торможения. Снижение амплитуды колебаний сосуда при торможении является одним из основных способов уменьшения поперечных колебаний струны в этот период. На действующих подъемных установках некоторое снижение колебаний сосуда при торможении может быть достигнуто соответствующей настройкой тормозной системы на минимальные замедления системы при предохранительном торможении при

подъеме груза. Наиболее эффективным способом предохранительного торможения, обеспечивающим минимальные колебания подъемных сосудов, является регулируемое предохранительное торможение [93].

Выполненными теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что поперечные колебания струны каната имеют максимальную амплитуду при предохранительном торможении на участке, где частоты собственных колебаний струны каната и сосуда на канате совпадают. Эта амплитуда прямо пропорциональна амплитуде колебаний сосуда на канате в период предохранительного торможения и рассчитывается по выведенной формуле. Это позволяет на стадии проектирования определить зону возможных поперечных колебаний струны каната и исключить возможность соударения каната об элементы конструкции копра и здания подъемных машин.

Для исключения биений струны каната следует избегать срабатывания предохранительного тормоза при нижнем положении порожнего подъемного сосуда и верхнем положении груженого. Для снижения амплитуды колебаний необходима наладка тормозной системы на минимальные замедления в пределах, установленных правилами безопасности. В зоне поперечных перемещений струны каната необходимо исключить нахождение деталей с острыми кромками и установить ограждения с радиусом кривизны не менее 15 диаметров каната, футерованные «мягким» материалом.

**Описание работы клетевой ШПУ
по записям регистратора параметров РПУ-03.5 в связи
с выходом противовеса из направляющих**

Рассмотрим работу шахтной подъемной установки в штатном режиме. 06 ноября 2008 г. в период с 7 ч 58 мин 15 с до 8 ч 10 мин 15 с на ШПУ была проведена предусмотренная технологическим регламентом проверка исправности защит и блокировок (см. табл. П1.1). В таблице приведен полный перечень срабатываний предохранительного тормоза в период с 7:58:00 06.11.2008 г. по 15:10:01 07.11.2008 г. В ходе работ были проверены защиты от переподъемов сосудов:

1) *переподъем противовеса* и *дублирующий переподъем противовеса* сработали на отметках $-2,54$ м и $-1,91$ м соответственно (положение противовеса по данным РПУ-03.5 дано в абсолютных значениях относительно нулевой отметки);

- 2) *переподъем клетки 1* (реле 2Р1) сработала на отметке $0,81$ м;
- 3) *переподъем клетки 1 дублирующий* (1ВК) – на отметке $6,04$ м;
- 4) *переподъем клетки 2* (2Р2) – на отметке $14,74$ м,
- 5) *переподъем клетки 2 дублирующий* (2ВК) – на отметке $16,0$ м.

После проверки срабатываний защит был выполнен перегон подъемных сосудов, сосуды установлены на уровнях: клеть $-320,2$ м, противовес $-46,66$ м. Таким образом, в штатном режиме в ходе ежесменной проверки защит и блокировок на данной установке проверяется срабатывание двух защит *переподъем противовеса* и четырех защит *переподъем клетки*.

Графики работы подъемной установки при проверке защит и блокировок приведены на рис. П1.1.

Действия машиниста подъемной машины 07 ноября 2008 г. 8:02:15 – 8:17:15 (рис. П1.2). Проверка защит. Начальное положение подъемных сосудов: клеть на отметке $-334,08$ м, противовес на отметке $-32,77$ м. Противовес поднят до отметки $-14,06$ м, сработала защита от превышения скорости (РОС), наложен ТП. В дальнейшем проверены защиты от первого и второго переподъема противовеса, противовес был последовательно установлен в положения $-2,64$ м и $-1,91$ м. После проверки защит от переподъемов противовес опущен на отметку $-33,93$ м и выполнены проверки следующих защит:

- 1) РОС;
- 2) РОС;
- 3) 1Р. Реле контроля цепи первой ступени;

Полный перечень срабатываний предохранительного тормоза клетевой машины в период с 7:58 06.11.2008 г. по 15:10:01 07.11.2008 г.

Время срабатывания защиты	№ причины	Расшифровка причин наложения ТП, виды защиты	Режим работы	Скорость дв., м/с	Положение клетки, м
06.11.2008 7:58	20	Р1. Реле «Авария»	Люди	-0,27	-333,765
06.11.2008 7:59	21	Кнопка «Стоп»	Люди	0,00	-333,763
06.11.2008 7:59	20	Р1. Реле «Авария»	Люди	0,00	-333,762
06.11.2008 8:00	17	2Р3. Перепадъем прогивовеса	Люди	0,58	-364,311
06.11.2008 8:03	13	2Р1. Перепадъем клетки 1	Люди	-0,24	0,812
06.11.2008 8:03	14	1ВК. Перепадъем клетки 1, дублирующий	Люди	-0,32	6,035
06.11.2008 8:04	15	2Р2. Перепадъем клетки 2	Люди	-0,30	14,737
06.11.2008 8:04	16	2ВК. Перепадъем клетки 2, дублирующий	Люди	0,00	15,997
06.11.2008 8:05	20	Р1. Реле «Авария»	Люди	0,00	-0,002
06.11.2008 8:05	19	Д6. Блокировка дверная	Люди	0,46	-0,581
06.11.2008 8:06	6	РКН. Реле контроля напряжения	Люди	0,15	-13,487
06.11.2008 8:07	2	РОС. Реле ограничения скорости	Люди	-1,42	-315,858
06.11.2008 8:07	2	РОС. Реле ограничения скорости	Люди	0,00	-319,059
06.11.2008 8:08	20	Р1. Реле «Авария»	Люди	0,00	-319,092
06.11.2008 8:08	20	Р1. Реле «Авария»	Люди	0,00	-319,092
06.11.2008 8:08	8	1Р. Реле контроля цепи первой ступени	Люди	0,00	-319,092
06.11.2008 8:08	9	1ВМ. Выключатель вакуумный	Люди	0,00	-319,092
06.11.2008 8:09	12	2ВИК. Выключатель износа колодок 2	Люди	0,00	-319,092
06.11.2008 8:10	11	1ВИК. Выключатель износа колодок 1	Люди	0,00	-319,092
06.11.2008 8:11	10	КД. Контроль давления	Люди	0,00	-319,092
06.11.2008 9:07	7	ПМ. Пускатель магнитный	Люди	0,00	-4,297
06.11.2008 11:55	20	Р1. Реле «Авария»	Люди	0,00	-336,659
06.11.2008 12:08	19	Д6. Блокировка дверная	Люди	0,00	-2,214
06.11.2008 12:10	7	ПМ. Пускатель магнитный	Люди	0,00	-3,348
06.11.2008 15:13	7	ПМ. Пускатель магнитный	Люди	0,00	-40,921

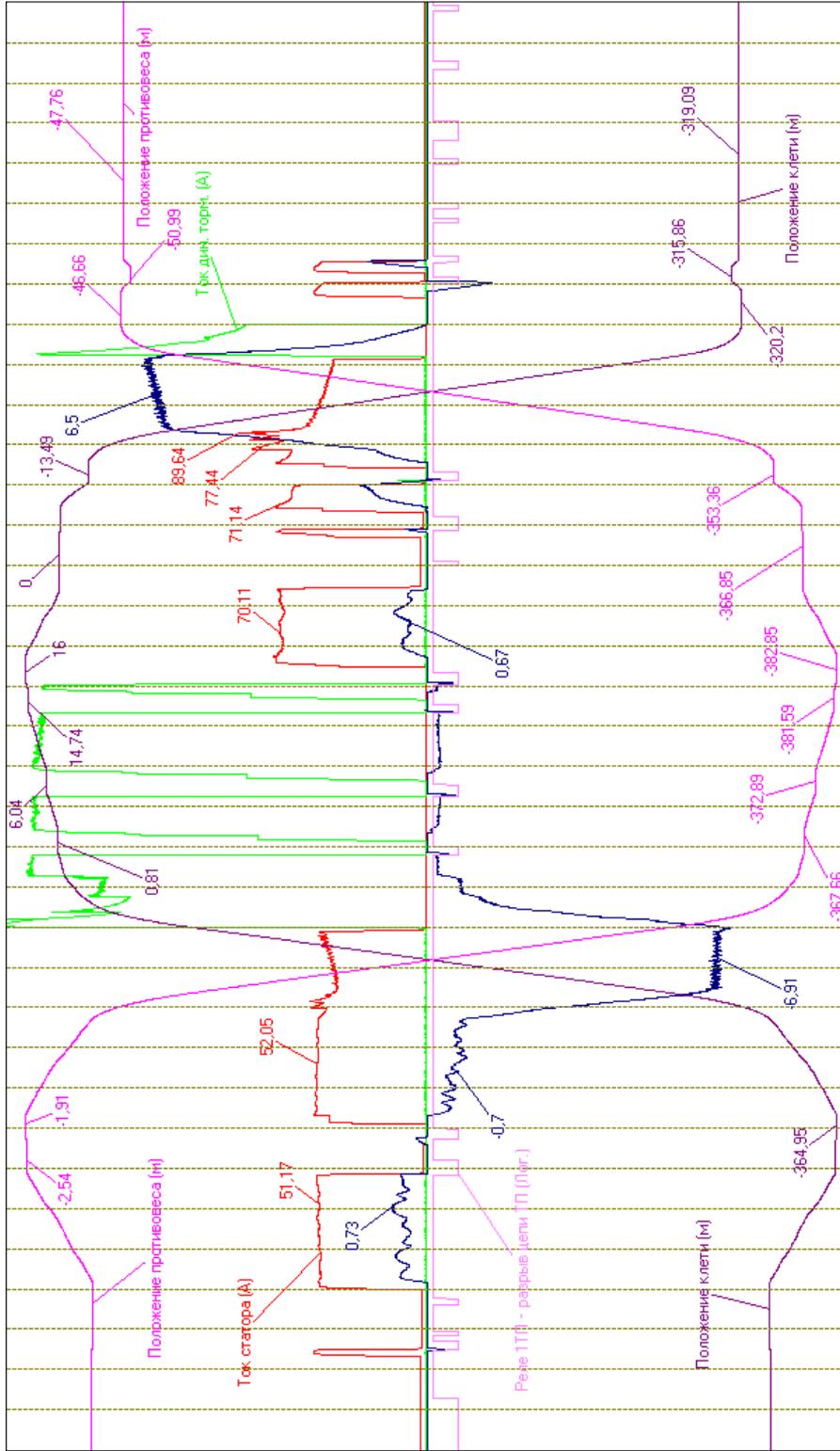
Продолжение табл. П1.1

Время срабатывания защиты	№ причины	Расшифровка причин наложения ТП, виды защиты	Режим работы	Скорость дв., м/с	Положение клетки, м
06.11.2008 15:14	7	ПМ. Пускатель магнитный	Люди	0,00	-40,184
06.11.2008 19:45	21	Кнопка «Стоп»	Люди	0,00	-40,184
06.11.2008 19:46	13	2Р1. Переподъем клетки 1	Люди	-0,25	0,79
06.11.2008 19:46	14	1ВК. Переподъем клетки 1, дублирующий	Люди	-0,30	5,988
06.11.2008 19:47	15	2Р2. Переподъем клетки 2	Люди	-0,27	14,688
06.11.2008 19:47	16	2ВК. Переподъем клетки 2, дублирующий	Люди	-0,25	15,888
06.11.2008 19:48	2	РОС. Реле ограничения скорости	Люди	1,24	-21,596
06.11.2008 19:48	2	РОС. Реле ограничения скорости	Люди	-1,30	-19,376
06.11.2008 19:51	17	2Р3. Переподъем противовеса	Люди	0,45	-364,258
06.11.2008 19:52	18	3ВК. Переподъем противовеса, дублирующий	Люди	0,00	-358,142
06.11.2008 19:53	20	Р1. Реле «Авария»	Люди	0,00	-334,174
06.11.2008 19:53	20	Р1. Реле «Авария»	Люди	-0,35	-333,669
06.11.2008 19:55	7	ПМ. Пускатель магнитный	Люди	0,00	-0,426
06.11.2008 21:48	19	Д6. Блокировка дверная	Люди	0,31	-0,455
06.11.2008 21:49	20	Р1. Реле «Авария»	Люди	0,00	-0,455
06.11.2008 22:02	20	Р1. Реле «Авария»	Люди	0,00	-362,558
06.11.2008 22:08	7	ПМ. Пускатель магнитный	Люди	0,00	-0,021
07.11.2008 2:39	7	ПМ. Пускатель магнитный	Люди	0,00	-49,323
07.11.2008 7:26	7	ПМ. Пускатель магнитный	Люди	0,00	-334,079
07.11.2008 8:04	2	РОС. Реле ограничения скорости	Люди	1,28	-352,794
07.11.2008 8:05	17	2Р3. Переподъем противовеса	Люди	0,55	-364,207
07.11.2008 8:05	18	3ВК. Переподъем противовеса, дублирующий	Люди	0,50	-364,943
07.11.2008 8:08	2	РОС. Реле ограничения скорости	Люди	-1,83	-310,497
07.11.2008 8:08	2	РОС. Реле ограничения скорости	Люди	1,58	-313,837
07.11.2008 8:10	8	1Р. Реле контроля цепи первой ступени	Люди	0,00	-313,826
07.11.2008 8:12	20	Р1. Реле «Авария»	Люди	0,00	-313,826
07.11.2008 8:12	20	Р1. Реле «Авария»	Люди	0,00	-313,826
07.11.2008 8:13	9	1ВМ. Выключатель вакуумный	Люди	0,00	-313,826

Окончание табл. П1.1

Время срабатывания защиты	№ причины	Расшифровка причин наложения ТП, виды защиты	Режим работы	Скорость дв., м/с	Положение клетки, м
07.11.2008 8:13	12	2ВИК. Выключатель износа колодок 2	Люди	0,00	-313,826
07.11.2008 8:14	11	1ВИК. Выключатель износа колодок 1	Люди	0,00	-313,826
07.11.2008 8:16	10	КД. Контроль давления	Люди	0,00	-313,826
07.11.2008 8:25	13	2Р1. Переподъем клетки 1	Люди	-0,30	0,822
07.11.2008 8:26	16	2ВК. Переподъем клетки 2, дублирующий	Люди	-0,75	16,562
07.11.2008 8:27	7	ПМ. Пускатель магнитный	Люди	0,00	-0,167
07.11.2008 8:30	7	ПМ. Пускатель магнитный	Люди	0,00	-0,001
07.11.2008 8:47	13	2Р1. Переподъем клетки 1	Люди	-0,22	0,751
07.11.2008 8:47	7	ПМ. Пускатель магнитный	Люди	0,00	0,025
07.11.2008 9:39	13	2Р1. Переподъем клетки 1	Люди	-0,15	0,499
07.11.2008 9:43	15	2Р2. Переподъем клетки 2	Люди	-0,54	14,547
07.11.2008 9:44	16	2ВК. Переподъем клетки 2, дублирующий	Люди	-0,12	15,62
07.11.2008 11:56	7	ПМ. Пускатель магнитный	Люди	0,00	15,62
07.11.2008 15:10	7	ПМ. Пускатель магнитный	Люди	0,00	22,644

Клетевая ШПУ. Проверка цели защит и блокировок. 6 ноября 2008 г. 7:58:15 – 8:10:15. Шаг сетки – 20 с



07:58:15,4

08:10:15,3

Рис. П1.1. Графики работы подъемной установки при проверке защит и блокировок

- 4) Р1. Реле «Авария»;
- 5) Р1. Реле «Авария»;
- 6) 1ВМ. Выключатель вакуумный;
- 7) 2ВИК. Выключатель износа колодок 2;
- 8) 1ВИК. Выключатель износа колодок 1;
- 9) КД. Контроль давления.

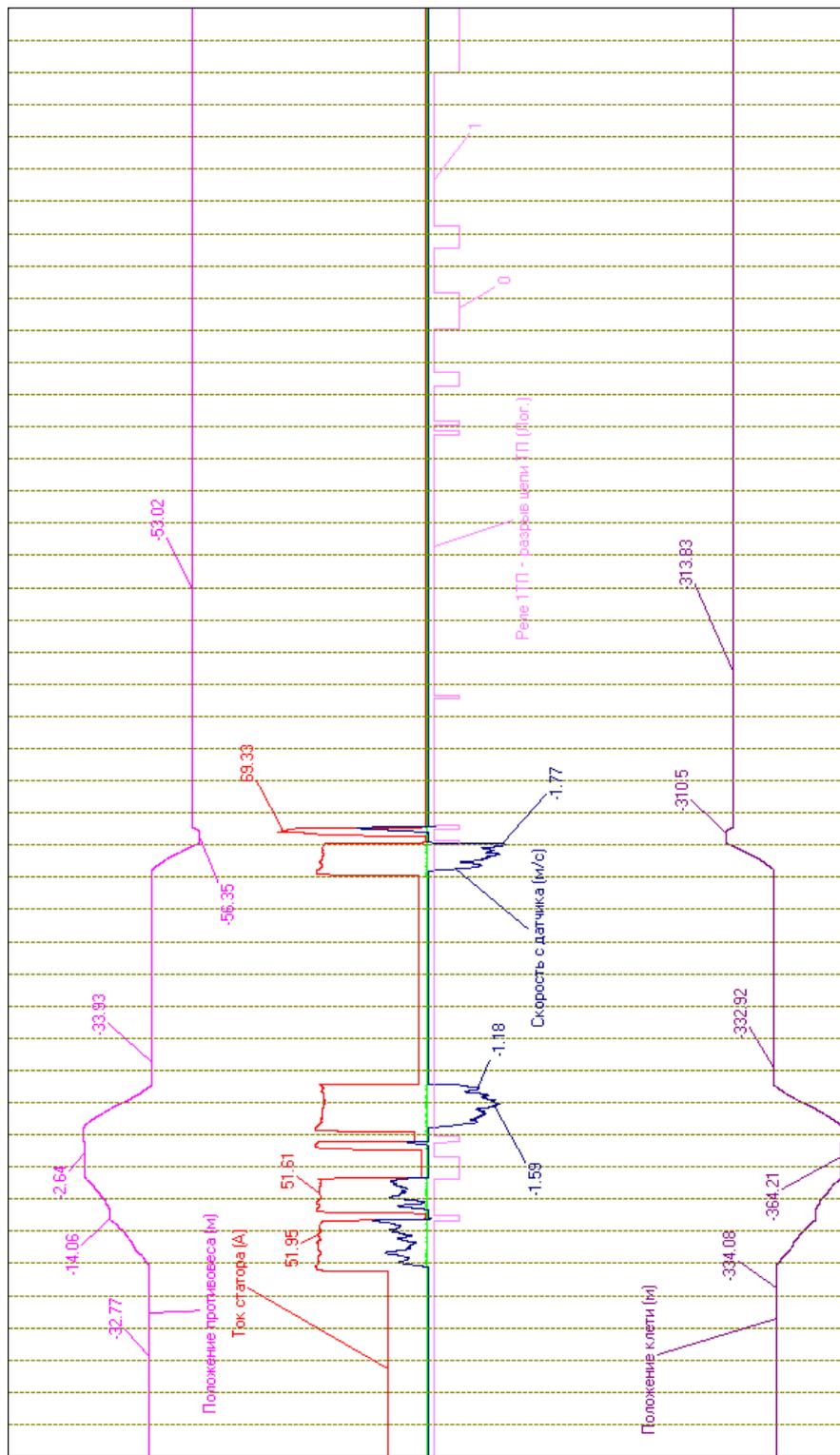
После проверки защит подъемные сосуды находились на отметках: клеть –313,83 м, противовес –53,02 м.

Действия машиниста в период 8:23:00– 8:29:30 (рис. П1.3). После проверки срабатывания реле контроля давления в 8:23:56 цепь ТП была собрана. Клеть была поднята до положения переподъема –0,82 м, при этом сработала защита *переподъем клетки 1* (2Р1), наложен ТП. Далее машинист продолжил движение клетки в сторону подъема, и на отметке +16,56 м сработала защита *переподъем клетки 2 дублирующий* (2ВК), наложен ТП. При этом при прохождении клетью отметок +6,04 и +14,74 м, соответствующих переподъему 1ВК и 2Р2, срабатываний защиты от переподъема не было. Далее цепь ТП была собрана и клеть поднята еще выше, на отметку +25,58 м, где подъемная машина в 8:26:35 заторможена рабочим тормозом. В это время противовес опустился на отметку –392,42 м. Таким образом, подъемные сосуды заняли положения, на 9,02 м выходящие за крайние ограничения, предусмотренные защитой от переподъема сосудов.

Действия машиниста в период 8:26:11– 8:32:11 (рис. П1.4). Клеть находится в положении +25,58 м, противовес –392,42 м. В 8:26:53 машинист начал опускание клетки и подъем противовеса. Клеть опущена на отметку 0,17 м. Машина остановлена рабочим тормозом. Противовес находится в положении –366,68 м. При подъеме противовеса ток статора подъемного двигателя имел завышенное значение 70 А (при аналогичном движением подъемной машины в ходе проверки защит 06 ноября 2008 г. ток статора составлял 50 А). Через 1 мин 10 с после остановки началось движение на подъем противовеса. Подъем проходил со средней скоростью 6 м/с, при разгоне ток статора также имел завышенные значения, достигающие в пике 105 А (при нормальном режиме он составлял 86 А). Графики скорости и тока статора имеют большую амплитуду колебаний на всем протяжении движения, что не характерно для обычного режима работы ШПУ. Машина была остановлена рабочим тормозом при положении клетки на отметке –113,87 м. После небольшого простоя (13 с) клеть была поднята до отметки 0 м. Скорость движения менялась ступенчато, вначале она составляла 4,9 м/с, далее снижалась до значений 2,9, 1,27 и 0,63 м/с.

После остановки ШПМ простояла без движений 7 мин 22 с.

Клетевая ШПУ. Проверка защит и блокировок. 7 ноября 2008 г. 8:02:15 – 8:17:15. Шаг сетки – 20 с

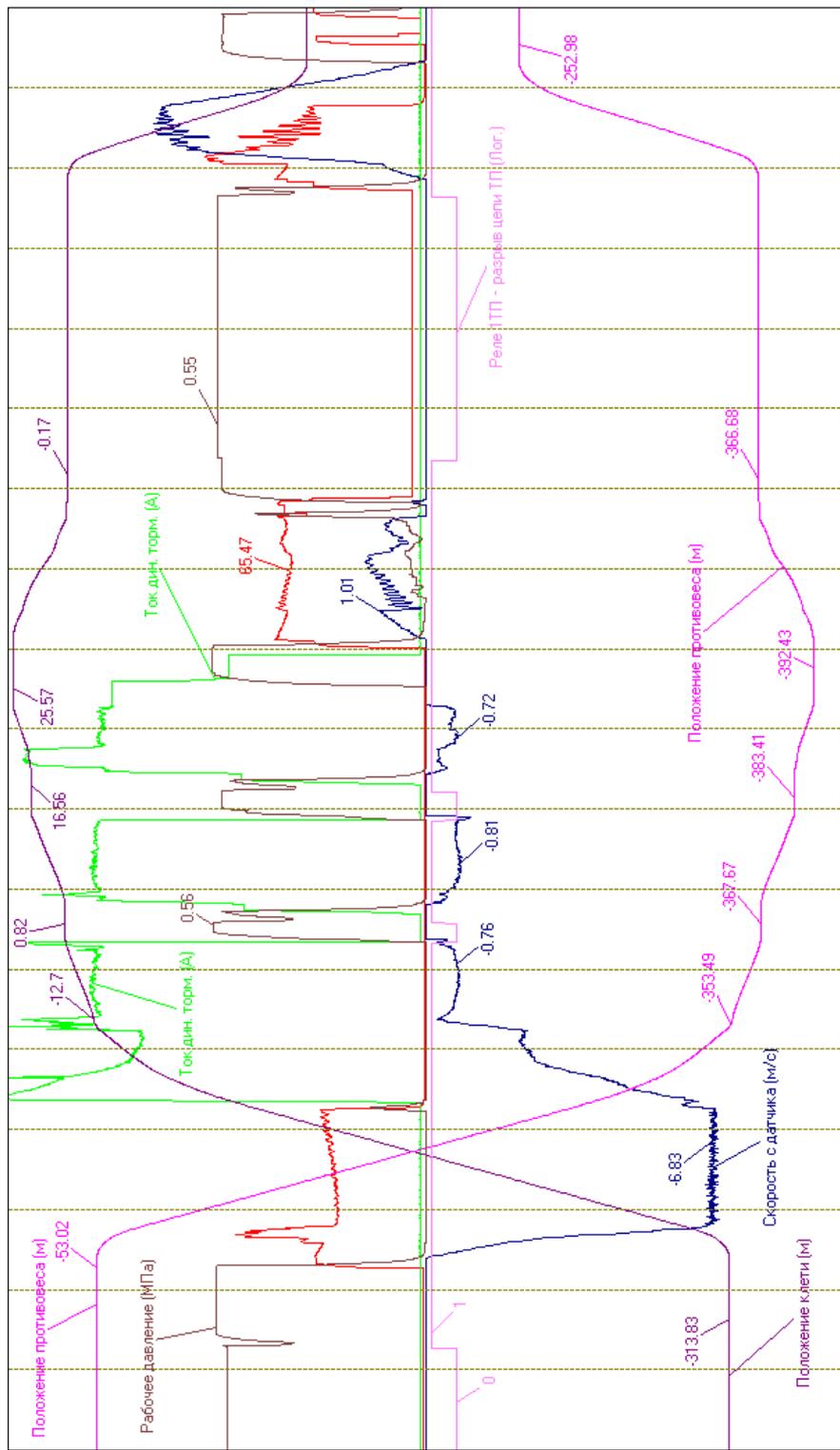


08:02:15,5

08:17:15,4

Рис. П1.2. Графики работы подъемной установки при проверке защит и блокировок

Клетевая ШПУ. Переподъем клетки. 7 ноября 2008 г. 8:23:00–8:29:30. Шаг сетки – 20 с

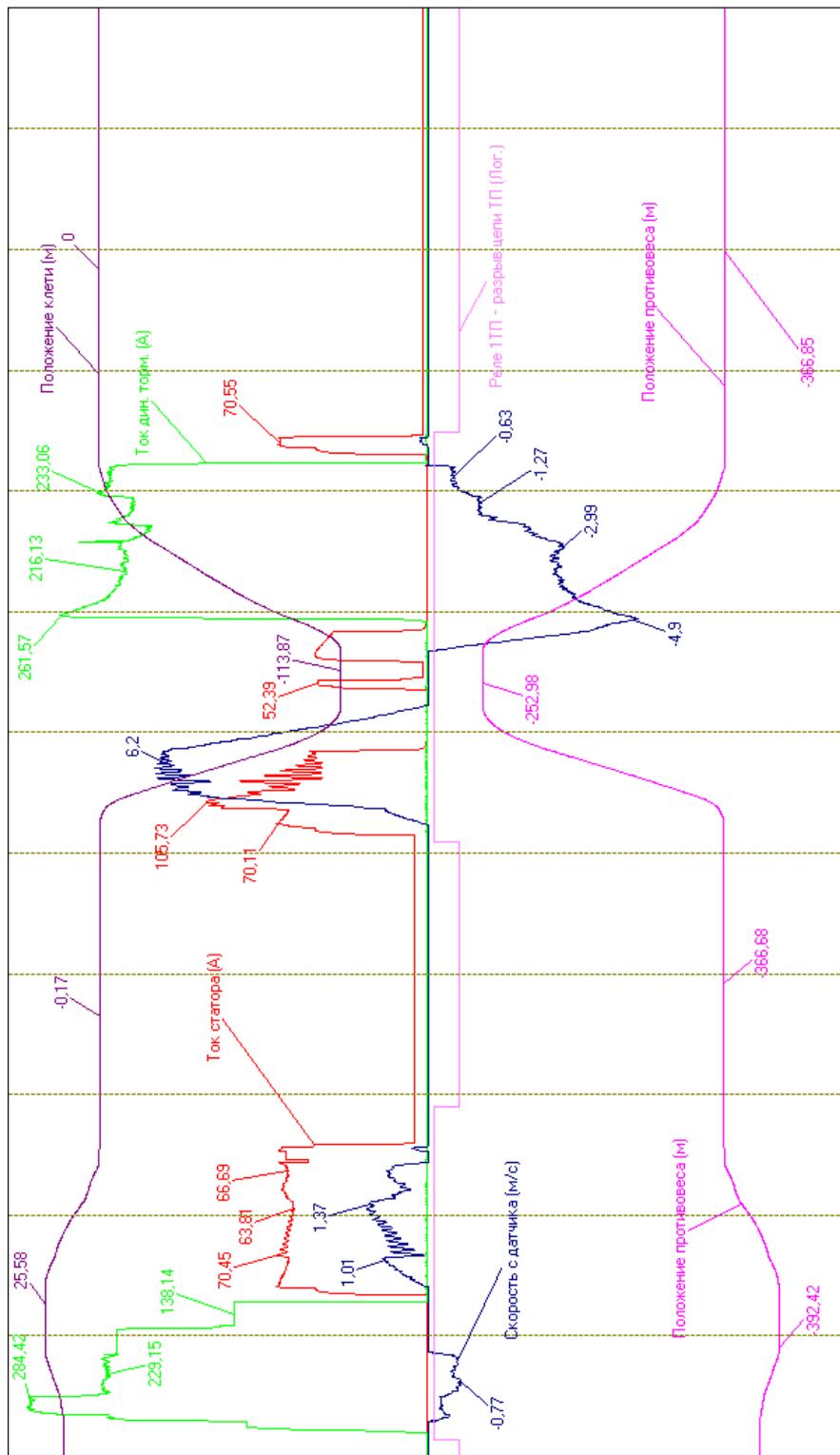


08:23:31,0

08:29:30,9

Рис П1.3. Графики подъемной установки при переподъеме клетки

Перемещение сосудов после переподъема клетки. 7 ноября 2008 г. 8:26:11 – 8:32:11. Шаг сетки – 20 с



08:32:11,0

08:26:11,1

Рис. П1.4. Графики работы подъемной установки после переподъема клетки

Перемещение сосудов после переподъема клетки. 7 ноября 2008 г. 8:35:13 – 8:50:13. Шаг сетки – 20 с

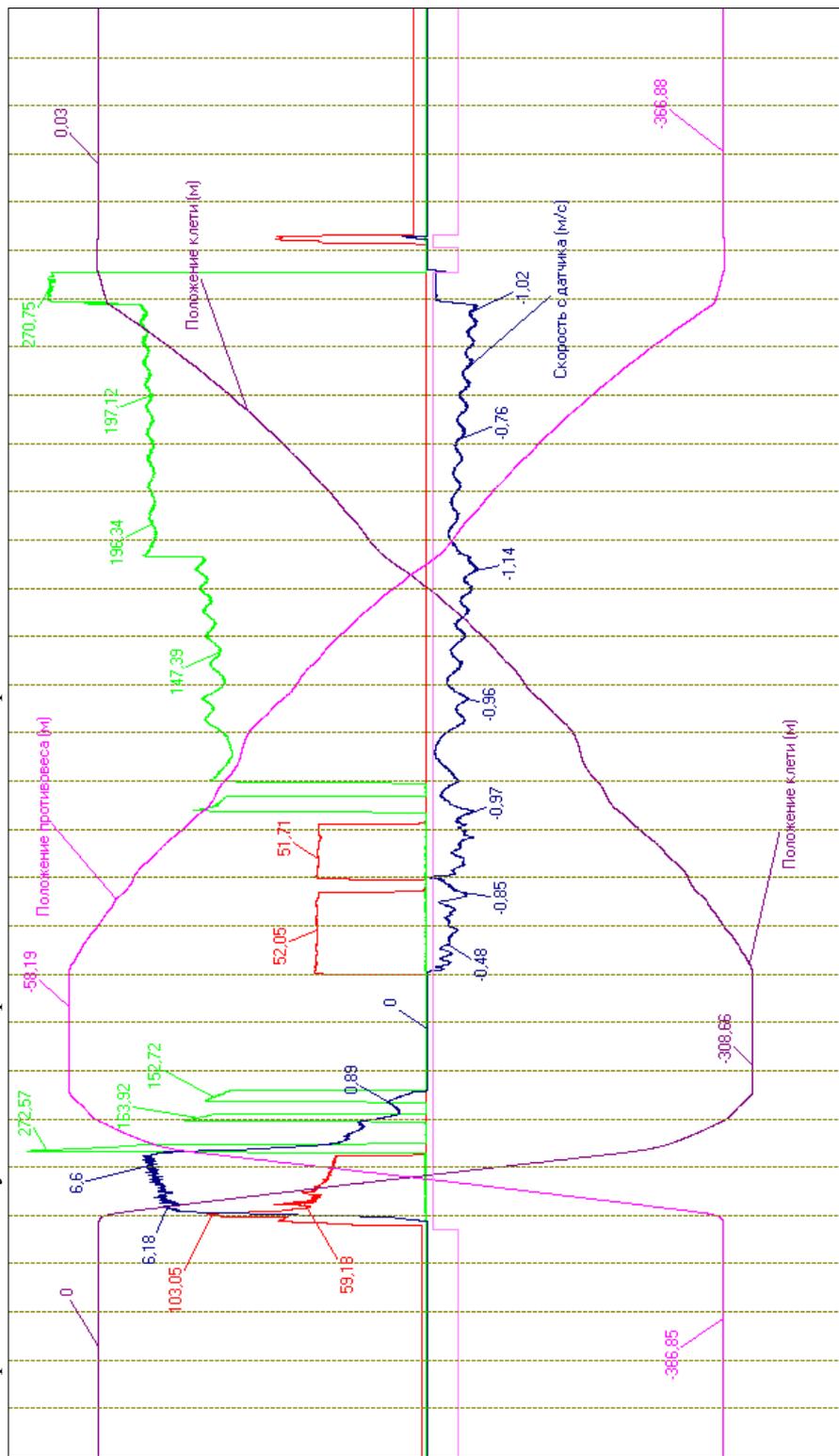


Рис. П.1.5. Графики работы подъемной установки после переподъема клетки

Действия машиниста в период 8:35:13 – 8:50:13 (рис. П1.5). В 8:37:38 началось движение в направлении подъема противовеса. Сосуды были разогнаны до скорости 6 м/с, при этом величина тока статора превышала обычные значения и достигала в пике 103 А. При прохождении противовесом отметки –119,58 м был включен режим динамического торможения. После переключения режима двигателя скорость подъемных сосудов постепенно снизилась до значения 1,5 м/с, далее до 0,89 м/с, сосуды остановлены на отметках: противовес –58,19 м, клеть –308,66 м. Через 1 мин 16 с после остановки ШПМ был начат подъем клетки. Подъем осуществлялся со средней скоростью 1 м/с. Длительность подъема составила 7 мин 13 с. Подъемные сосуды заняли положения: клеть – 0 м; противовес –366,85 м.

Заключение

На основании расшифровки записей регистратора параметров РПУ-03.5, установленного на клетевой ШПУ, по факту повреждения элементов противовеса сделаны следующие выводы:

1. 07 ноября 2008 г. в 08 часов 26 минут при проверке защит и блокировок был допущен подъем клетки выше установленных ограничений на величину, равную 9,02 м. При этом противовес был опущен ниже допустимого уровня. По данным механической службы рудника противовес вышел из направляющих проводников и при последующем подъеме не вошел в направляющие и двигался по стволу вне проводников. Такое движение привело к серьезным повреждениям противовеса и элементов армировки ствола.

2. На клетевой ШПУ, в цепи защит и блокировок, предусмотрено 4 ограничения, защищающих ШПУ от подъема клетки выше допустимых величин. Каждое ограничение настроено на определенную высоту и при достижении клетью этих значений накладывает предохранительный тормоз.

В процессе проверки защит от переподъема клетки машинист поднимает клеть на уровни защиты и проверяет их срабатывание. При срабатывании защиты на первом уровне, для возможности проверить остальные, машинист производит переключение специального обходного переключателя, позволяющего игнорировать сработавшую защиту и продолжить движение подъемных сосудов в сторону переподъема.

3. При проверке 07 ноября 2008 г. в 08 часов, при подъеме клетки на уровень 0,81 м сработала защита *Переподъем клетки 1 (2Р1)*. Машинист переключил обходной переключатель и продолжил движение клетки вверх с целью проверить срабатывание следующего уровня переподъема. Следующей сработала защита *Переподъем клетки 2, дублирующий (2ВК)* при

положении клетки +16,56 м, что соответствует крайнему положению клетки. Две промежуточные защиты, соответствующие отметкам 6,0 и 14,7 м, не сработали. Возможно, машинист не принял во внимание текущее положение клетки и, полагая, что сработала защита на отметке +6,0 м или +14,7 м, продолжил подъем клетки, ожидая срабатывания очередной защиты. Подняв клетку на отметку +25,57, не дожидаясь срабатывания защиты, машинист остановил рабочим тормозом подъемную машину и опустил клетку на уровень «0» отметки.

На графике скорости видно, что при опускании клетки на отметку «0» сигнал имеет большую амплитуду колебаний. Величина тока статора при этом превышает обычную величину, характерную для такого движения. Эти факторы свидетельствуют о том, что на машину оказывается дополнительное воздействие. Такое воздействие может быть вызвано сопротивлением движению противовеса вследствие его выхода из направляющих. Все дальнейшие движения на подъем противовеса также сопровождаются увеличенным значением тока статора. Увеличенную амплитуду колебаний графиков скорости и тока статора можно объяснить ударами противовеса о конструкции ствола при движении.

4. После выхода противовеса из направляющих подъемной установкой выполнено четыре проезда по стволу, три из которых были произведены на высокой скорости.

Таким образом, определено несколько факторов, повлиявших на выход противовеса из направляющих и его дальнейшее повреждение:

1) не сработали защиты на уровнях переподъема +6,0 и +14,7 м. Причиной могут быть ошибочное переключение обходных переключателей на пульте машиниста, сбой в работе оборудования;

2) невнимательность машиниста, при выполнении проверки защиты от переподъема клетки. В ходе проверки машинист обязан проверить, при каком положении клетки сработает защита;

3) несвоевременное осознание машинистом произошедшего и, как следствие, неправильные действия, усугубившие последствия.

**Расшифровка записей регистратора параметров РПУ 03.5
скиповой подъемной установки при перестановке барабанов**

На подъемной установке правый (западный) барабан – заклиненный, левый (восточный) – переставной.

Положение подъемных сосудов вычисляется по углу поворота заклиненного барабана.

Положение скипов:

	Левый скип	Правый скип
Верхнее положение (разгрузка)	28,02 м	28,04 м
Нижнее положение (загрузка)	-350,04 м	-350,02 м

В табл. П2.1 приведено описание работы машины и действий машиниста, указано положение скипов на момент окончания временного интервала.

На рис. П2.1–П2.6 приведены графики изменения аналоговых и логических (цифровых) сигналов: 0 логического сигнала соответствует выключенному состоянию, 1 – включенному.

Таблица П2.1

Интервал времени	Описание работы машины, действий машиниста	Положение левого скипа, м	Положение правого скипа, м	Рисунки
	Исходное положение сосудов на 08:00:00	-320,2	-1,8	
08:09:30–08:22:00	Проверка защит	-1,7	-320,3	
08:35:50–08:37:30	Подъем правого порожнего скипа до отметки – 16 м в режиме «Ручной» с максимальной скоростью движения 6,3 м/с	-305,78	-16,22	
08:39:17–08:39:35	Подъем правого скипа в режиме «Ревизия» с максимальной скоростью движения 0,3 м/с	-308,95	-13,05	
09:17:40–09:17:48	Подъем правого скипа в режиме «Ревизия»	-309,43	-12,57	
09:18:42–09:18:47	Подъем правого скипа в режиме «Ревизия». (В книгу осмотра канатов и их расхода внесена запись об отрубке отрезка каната длиной 6,46 м)	-309,41	-6,09	
09:20:22–09:20:35	Подъем правого скипа в режиме «Ревизия»	-309,17	-6,33	
09:26:14–09:26:31	Опускание правого скипа в режиме «Ревизия». В 09:26:29 сработала защита <i>Провис каната</i> . Наложение ТП.	-308,61	-6,89	
09:49:52–09:50:09	Опускание правого скипа в режиме «Ревизия»	-307,92	-7,58	

Продолжение табл. П2.1

Интервал времени	Описание работы машины, действий машиниста	Положение левого скипа, м	Положение правого скипа, м	Рисунок
09:51:50–09:52:23	Подъем правого скипа в режиме «Ревизия»	–309,50	–6,00	
09:52:28–09:52:52	Подъем правого скипа в режиме «Ревизия»	–310,75	–4,75	
09:53:07–09:54:49	Опускание правого скипа в режиме «Ревизия» со скоростью менее 0,1 м/с	–306,03	–9,47	
09:58:34–09:58:59	Опускание правого скипа в режиме «Ревизия» со скоростью менее 0,2 м/с	–304,62	–10,88	
10:03:50–10:06:05	Опускание правого скипа в режиме «Ревизия» со скоростью менее 0,2 м/с	–291,98	–23,52	
10:19:30–10:20:20	Опускание правого скипа в режиме «Ревизия». В 10:20:16,29 сработала защита <i>Провис каната</i> . Наложение ТП.	–289,71	–25,80	
10:28:45–10:30:30	Опускание правого скипа в режиме «Ревизия» со скоростью менее 0,2 м/с	–282,03	–33,47	
10:34:10–10:34:54	Опускание правого скипа в режиме «Ревизия» со скоростью менее 0,2 м/с	–279,32	–36,19	
11:07:42–11:10:29	Подъем правого скипа в режиме «Ревизия» со скоростью менее 0,2 м/с	–294,25	–21,25	
11:10:48–11:11:35	Опускание правого скипа в режиме «Ревизия» со скоростью менее 0,2 м/с	–291,75	–23,75	
11:12:17–11:13:50	Подъем правого скипа в режиме «Ревизия» со скоростью менее 0,2 м/с	–297,73	–17,77	
11:18:26–11:19:36	Подъем правого скипа в режиме «Ревизия» со скоростью менее 0,2 м/с	–301,96	–13,54	
11:20:27–11:20:53	Опускание правого скипа в режиме «Ревизия» со скоростью менее 0,2 м/с	–299,76	–15,74	
11:21:40–11:21:56	Опускание правого скипа в режиме «Ревизия» со скоростью менее 0,2 м/с	–299,38	–16,13	
11:24:59–11:25:41	Подъем правого скипа в режиме «Ревизия» со скоростью менее 0,2 м/с	–300,91	–14,60	
11:31:46–11:32:13	Опускание правого скипа в режиме «Ревизия» со скоростью менее 0,2 м/с	–299,25	–16,25	
11:32:58–11:33:28	Опускание правого скипа в режиме «Ревизия» со скоростью менее 0,2 м/с	–297,66	–17,84	
11:42:40–11:44:38	Опускание правого скипа в режиме «Ручной» со скоростью 6,0 м/с. Левый скип остановлен в положении разгрузки	27,89	–343,39	П2.1
11:45:37–11:47:26	Включение режима «Перестановка барабана». Опускание правого скипа на скорости менее 0,1 м/с		–346,57	П2.1
11:48:31–11:49:12	Опускание правого скипа на скорости менее 0,1 м/с		–347,98	П2.1
11:49:58–11:50:29	Опускание правого скипа со скоростью менее 0,1 м/с		–348,68	П2.1

Продолжение табл. П2.1

Интервал времени	Описание работы машины, действий машиниста	Положение левого скипа, м	Положение правого скипа, м	Рисунок
11:50:53–11:51:12	Опускание правого скипа со скоростью менее 0,1 м/с		–349,36	П2.1
11:51:34–11:51:56	Опускание правого скипа со скоростью менее 0,1 м/с		–350,46	П2.1
11:52:27–11:52:39	Опускание правого скипа со скоростью менее 0,1 м/с		–350,95	П2.1
11:53:21–11:53:40	Опускание правого скипа со скоростью менее 0,1 м/с. Общее опускание правого скипа с расцепленным барабаном – 8,0 м. Время движения – 9 мин		–351,44	П2.1
11:54:13–11:55:02	Отключение режима «Перестановка барабана». Задание на подъем правого скипа в 11:54:40. Машина расторможена. Скорость равна нулю. Ток возбуждения вырос до 190 А. Ток якоря равен нулю. Начало торможения в 11:54:42 (увеличение давления). Задание на подъем правого скипа в 11:54:48. Ток возбуждения вырос до 198 А. Ток якоря вырос до 2800 А. Задание снято в 11:54:54	31,07	–351,49	П2.1
11:54:13–11:55:02	Задание на опускание правого скипа в 11:54:58. Машина заторможена. Ток якоря вырос до 2550 А. Задание снято. Ток упал до нуля в 11:55:02	31,07	–351,49	П2.1
11:55:09–11:55:15	Задание на опускание правого скипа. В 11:55:09 сработала защита <i>Реле блокировки перестановки</i> . Наложено ТП. Машина «заряжена» в 11:55:13. Машина расторможена и сразу заторможена	31,07	–351,49	П2.2
11:55:16–11:55:23	Задание на подъем правого скипа. Задание снято в 11:55:20. Пиковое значение тока якоря –1872 А	31,18	–351,6	П2.2
11:55:23–11:55:34	Две попытки поднять левый скип и одна попытка поднять правый скип в режиме «Ревизия» без снятия машины с тормозов	31,18	–351,6	П2.2
11:55:59–11:56:14	Включение режима «Перестановка барабана». Задание на подъем правого скипа. Расторможено правый тормоз. Пиковое значение тока якоря –4500 А в 11:56:12. Правый скип поднялся	31,08	–351,5	П2.2
11:56:14–11:56:19	Задания не было. Опускание правого скипа. При достижении скорости 0,58 м/с сработала защита <i>Реле обратного хода</i> . Наложение ТП в 11:56:15. Скорость увеличилась до 3,74 м/с в 11:56:18, затем упала до нуля. В 11:56:18.5 выключен режим «Перестановка барабана»	31,08	–359,32	П2.2

Продолжение табл. П2.1

Интервал времени	Описание работы машины, действий машиниста	Положение левого скипа, м	Положение правого скипа, м	Рисунок
11:56:53	Машина «заряжена»	31,08	-359,32	П2.2
12:13:04–12:13:07	Попытка подъема правого скипа в режиме «Ревизия». Машина заторможена	31,06	-359,3	
12:13:11–12:13:07	Попытка опускания правого скипа в режиме «Ревизия». Машина заторможена	31,09	-359,33	
12:33:43–12:37:28	Подъем правого скипа в режиме «Ревизия». Машина расторможена. Скорость до 0,1 м/с. Во время движения машину подтормаживали тормозом	22,87	-351,11	П2.3
12:38:54–12:38:56	Задание на подъем правого скипа. Подъем правого скипа на 0,03 м. Опускание правого скипа на 0,12 м	22,96	-351,2	П2.3
12:38:58–12:39:06	Задание на подъем правого скипа. Подъем правого скипа на 0,03 м. Опускание правого скипа на 0,11 м	23,04	-351,28	П2.3 П2.4
12:39:08–12:43:43	Задание на подъем правого скипа. Подъем правого скипа в режиме «Ревизия». Скорость до 1,0 м/с. Среднее значение тока якоря -2000 А, что соответствует подъему груженого скипа	-141,31	-171,29	П2.3 П2.4
12:43:57–12:44:00	Задание на подъем правого скипа. Опускание правого скипа. На скорости 0,55 м/с сработала защита <i>Реле обратного хода</i> . Наложено ТП. Максимальная скорость 0,66 м/с. После наложения ТП скип прошел 0,54 м	-140,56	-172,04	П2.4
12:44:07–12:44:15	Задание на подъем правого скипа. Машина не расторможена. Подъем правого скипа на 0,03 м. Машина расторможена. Опускание правого скипа на 0,15 м со скоростью 0,2 м/с. Машина заторможена	-140,44	-172,16	П2.4
12:44:20–12:44:21	Задание на подъем правого скипа. Машина заторможена. Положение скипа не изменилось. Задание снято	-140,44	-172,16	П2.4
12:44:28–12:45:06	Задание на подъем правого скипа. Машина расторможена. Подъем правого скипа. Средняя скорость 0,6 м/с. Средний ток якоря -2000 А. Машина заторможена	-158,1	-154,5	П2.4
12:45:08–12:45:14	Задание на подъем правого скипа. Машина расторможена. Подъем правого скипа на 0,02 м. Опускание правого скипа на 0,13 м. Скорость до 0,2 м/с. Машина заторможена	-157,99	-154,61	П2.4
12:45:16–12:47:31	Задание на подъем правого скипа. Машина расторможена. Подъем правого скипа. Скорость до 0,5 м/с. Средний ток якоря -1700 А. Машина заторможена	-217,69	-94,91	П2.4

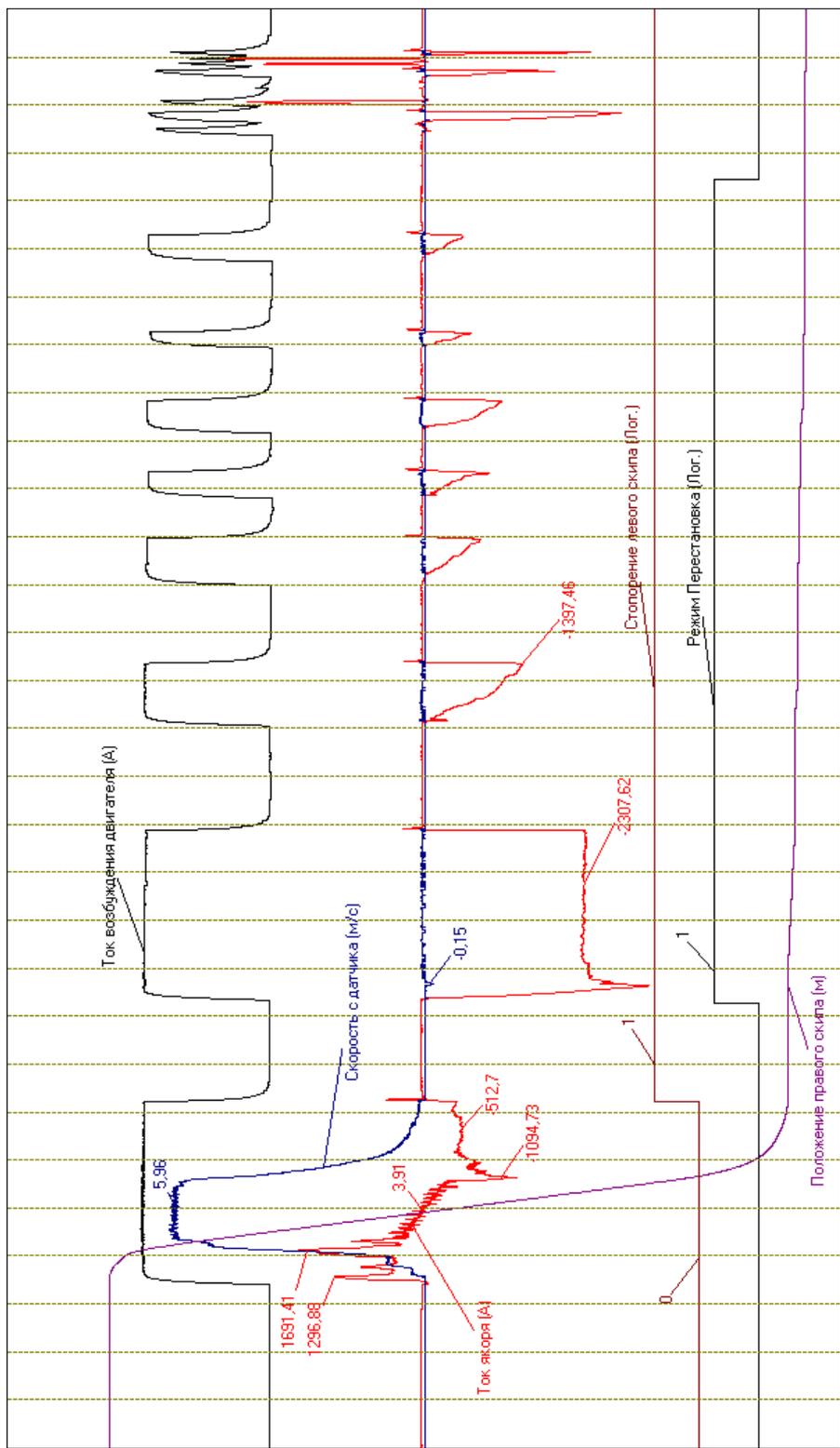
Продолжение табл. П2.1

Интервал времени	Описание работы машины, действий машиниста	Положение левого скипа, м	Положение правого скипа, м	Рисунок
12:47:32–12:47:38	Задание на подъем правого скипа. Машина расторможена. Спуск правого скипа. Скорость до 0,13 м/с. Средний ток якоря –1500 А. Машина заторможена	–217,57	–95,03	П2.4
12:47:40–12:52:06	Задание на подъем правого скипа. Машина расторможена. Подъем правого скипа. Скорость до 0,7 м/с. Средний ток якоря –1500 А. Машина заторможена	–313,5	0,9	
12:52:28–12:53:29	Задание на опускание правого скипа. Машина расторможена. Опускание правого скипа. Скорость до 0,1 м/с. Задание снято. Машина заторможена	–310,17	–2,43	
12:55:07–12:55:36	Задание на опускание правого скипа. Машина расторможена. Опускание правого скипа. Скорость до 0,1 м/с. Задание снято. Машина заторможена	–310,71	–3,89	
12:56:03–12:58:27	Задание на опускание правого скипа. Машина расторможена. Опускание правого скипа. Скорость до 0,1 м/с. Задание снято. Машина заторможена	–299,72	–12,88	
12:59:32–13:00:25	Задание на опускание правого скипа. Машина расторможена. Опускание правого скипа. Скорость до 0,05 м/с. Задание снято. Машина заторможена	–297,16	–15,44	
13:01:27–13:03:24	Задание на подъем правого скипа. Машина расторможена. Подъем правого скипа. Скорость до 0,1 м/с. Средний ток якоря –1500 А. Задание снято. Машина заторможена	–308,57	–4,03	
13:04:24–13:04:39	Задание на подъем правого скипа. Машина расторможена. Подъем правого скипа. Скорость до 0,3 м/с. Средний ток якоря –1700 А. Задание снято. Машина заторможена	–309,91	–2,69	
13:05:15–13:05:27	Задание на подъем правого скипа. Машина расторможена. Опускание правого скипа. Скорость до 0,1 м/с. Задание снято. Машина заторможена	–309,63	–2,97	
13:05:30–13:06:01	Задание на подъем правого скипа. Машина расторможена. Опускание правого скипа. Скорость до 0,1 м/с. Задание снято. Машина заторможена	–308,57	–4,03	
13:13:11–13:14:39	Задание на подъем правого скипа. Машина расторможена. Подъем правого скипа. Скорость до 0,3 м/с. Средний ток якоря –1400 А. Задание снято. Машина заторможена	–323,63	11,03	
13:18:32	Включен режим «Перестановка барабана»	–323,63	11,03	

Окончание табл. П2.1

Интервал времени	Описание работы машины, действий машиниста	Положение левого скипа, м	Положение правого скипа, м	Рисунок
13:18:34–13:18:48	Задание на подъем правого скипа. Машина заторможена. Машина расторможена при токе якоря 4000 А. Ток якоря растет. Подъем правого скипа. Скачки скорости до 0,1 м/с. Ток якоря растет. При токе якоря 6000 А нажали тормоз и сняли задание. После того как значение тока якоря уменьшилось до нуля, правый скип начал опускаться с увеличением скорости, и на скорости 0,51 м/с сработала защита <i>Реле обратного хода</i> . Наложены предохранительный тормоз.		11,17	П2.5
13:19:03	Машину «зарядили»		11,17	П2.5
13:19:07–13:20:41	Задание на подъем правого скипа. При токе якоря 3300 А частично растормозили машину в 13:19:14. Появилась скорость 0,15 м/с. Подъем правого скипа. Ток якоря установился на значении 5000 А. В 13:19:57 машину полностью растормозили. Ток якоря упал до 4200 А. При этом движение скипа прекратилось. Наложены тормоз. Сняли задание		16,49	П2.5 П2.6
13:20:42	Машина полностью заторможена. После падения тока якоря до нуля в 13:20:42, правый скип начал опускаться с увеличением скорости. При скорости 0,51 м/с в 13:20:43 сработала защита <i>Реле обратного хода</i> . Скорость продолжает увеличиваться. При скорости 2,84 м/с отключили режим «Перестановка барабана». Скорость продолжает увеличиваться. Через 5,7 с снова включен режим «Перестановка барабана». Скорость продолжает увеличиваться			П2.5 П2.6
13:20:58	Скорость 9,11 м/с		–50,00	П2.6
13:21:02	Скорость 15,54 м/с		–100,00	
13:21:05	Скорость 20,60 м/с		–150,00	
13:21:07	Скорость 22,16 м/с		–200,00	
13:21:09	Скорость 24,30 м/с		–250,00	
13:21:11	Скорость 26,06 м/с		–300,00	
13:21:13	Скорость 28,70 м/с		–350,00	
13:21:13.	Скорость 28,93 м/с		–369,00	
13:21:14	Скорость начала резко падать		–369,47	
13:21:18	Скорость равна нулю		–432,89	

16 ноября 2007 г. 11:40:58 – 11:55:58. Шаг сетки – 30 с

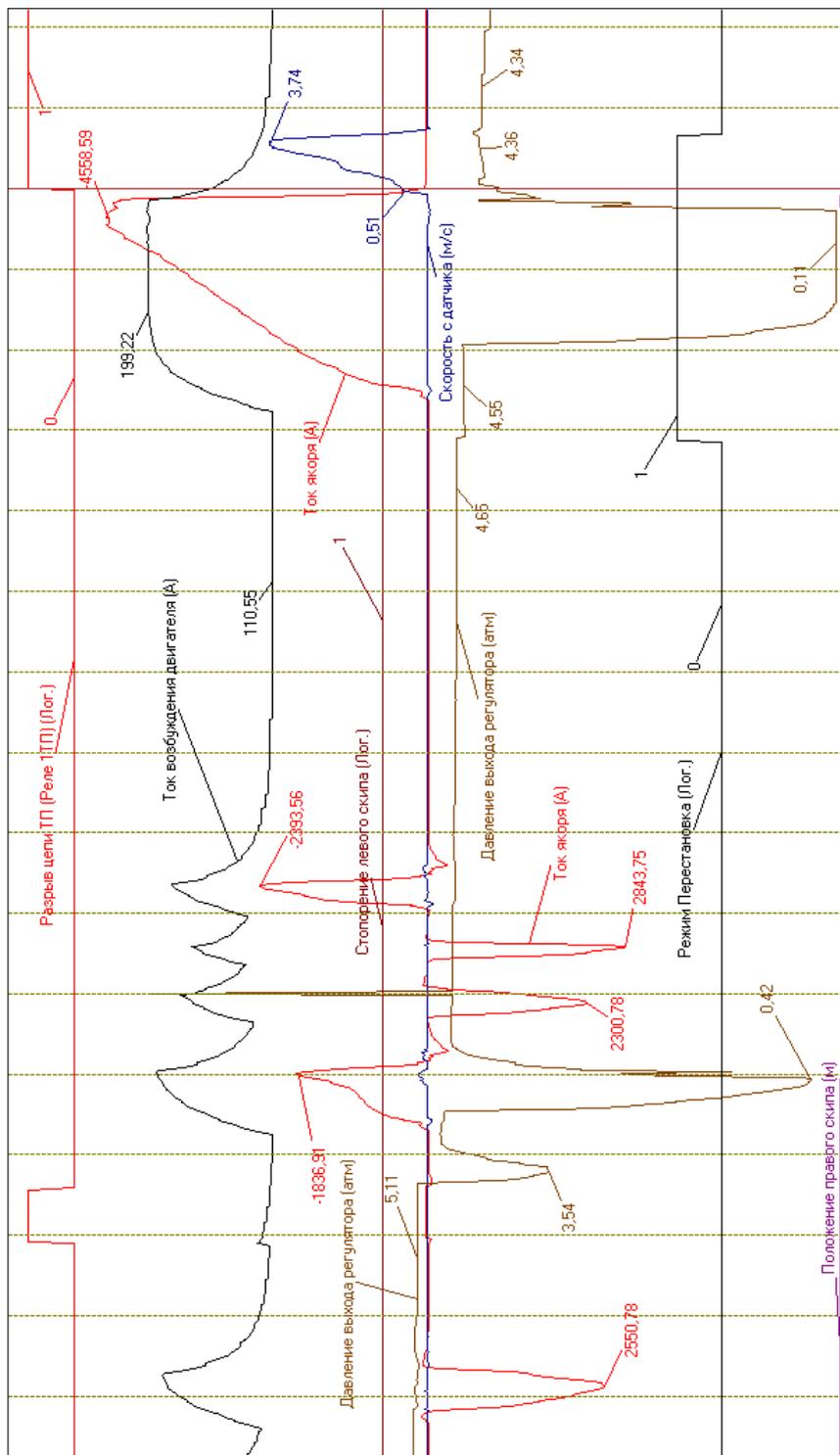


11:40:58,6

11:55:58,5

Рис. П2.1. Установка скипов в крайние положения

16 ноября 2007 г. 11:54:57 – 11:56:27. Шаг сетки – 5 с

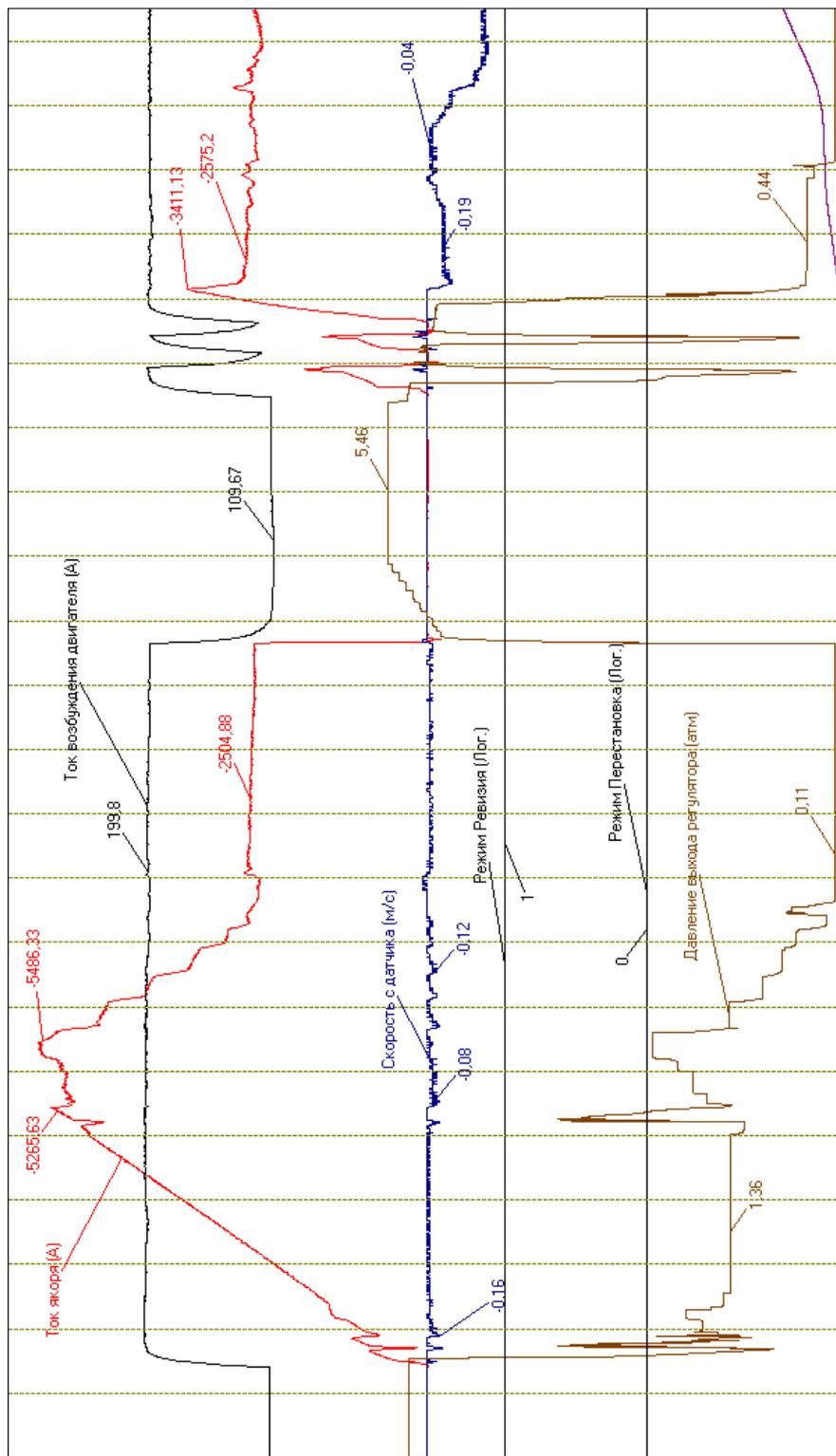


11:54:57,0

11:56:27,0

Рис. П2.2. Уход правого скипа ниже отметки разгрузки

16 ноября 2007 г. 12:33:15 – 12:40:45. Шаг сетки – 20 с

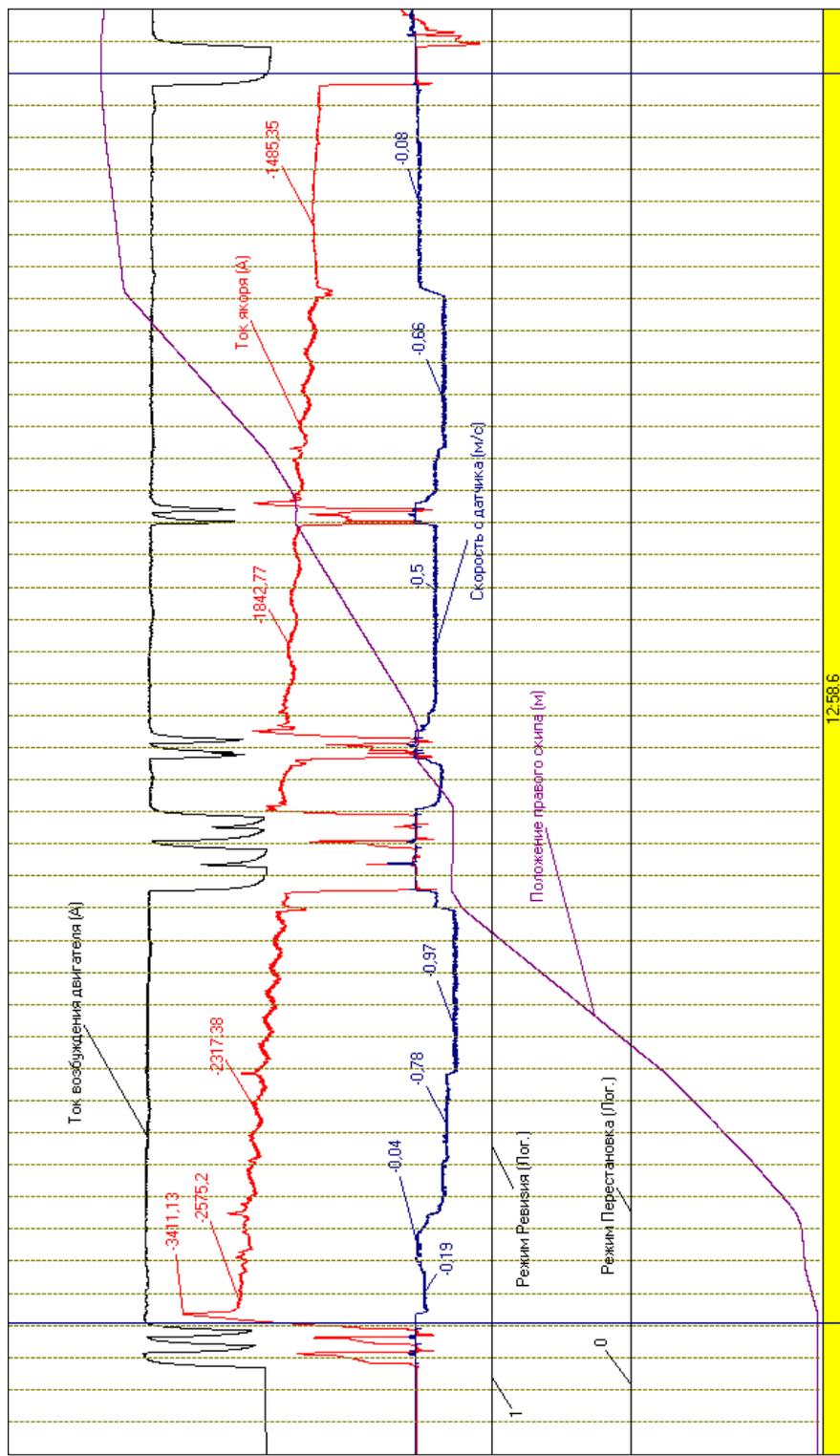


12:33:15,3

12:40:45,2

Рис. П2.3. Подъем правого скипа из зумпфа

16 ноября 2007 г. 12:37:51 – 12:52:50



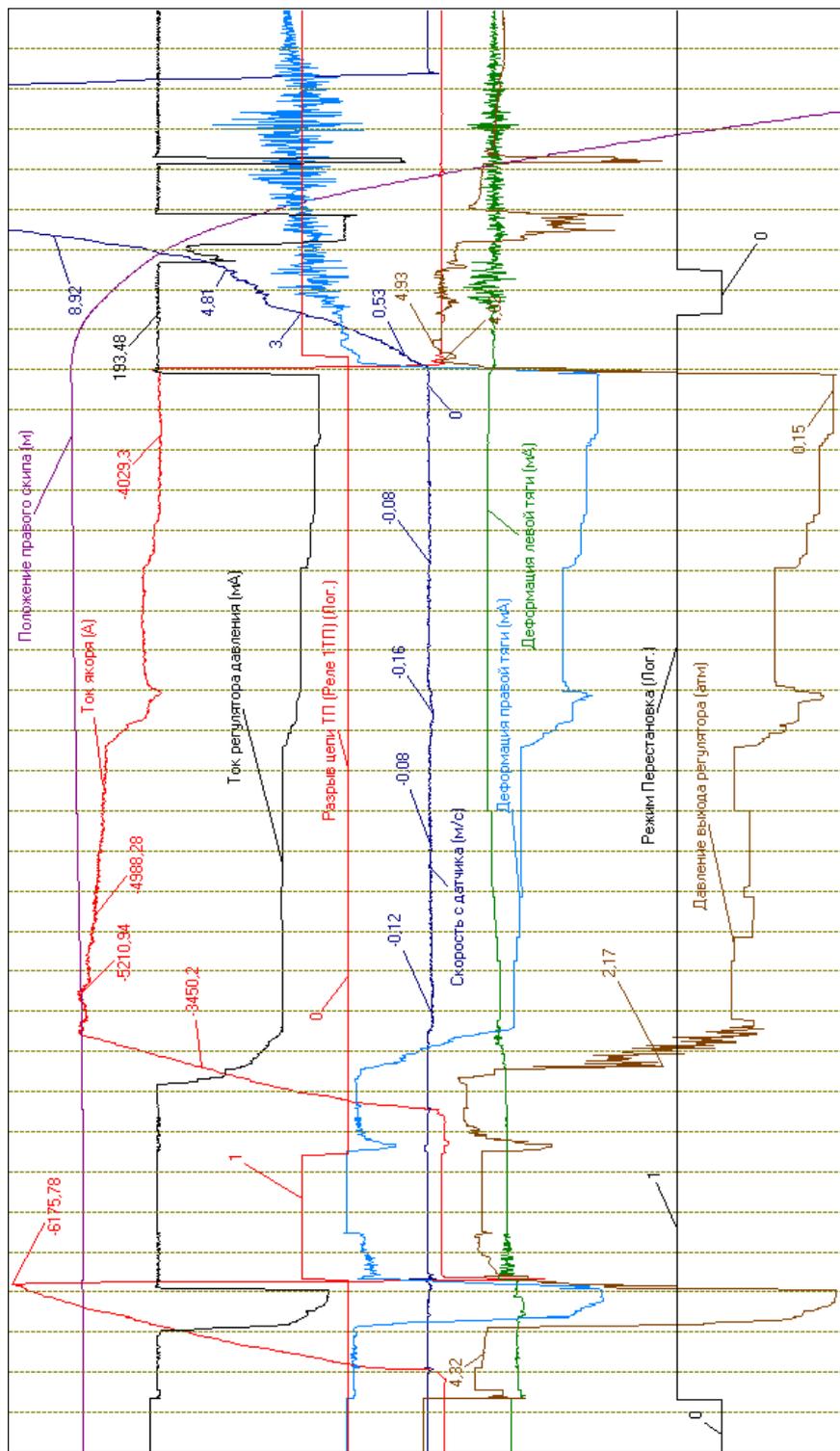
12:37:51,0

12:58.6

12:52:50,9

Рис. П2.4. Подъем правого скипа в режиме «Ревизия»

16 ноября 2007 г. 13:18:21 – 13:21:21. Шаг сетки – 5 с



13:18:26,1

Рис. П2.5. Подъем правого скипа в режиме «Перестановка барабанов»

13:21:26,0

16 ноября 2007 г. 13:20. Шаг сетки – 5 с

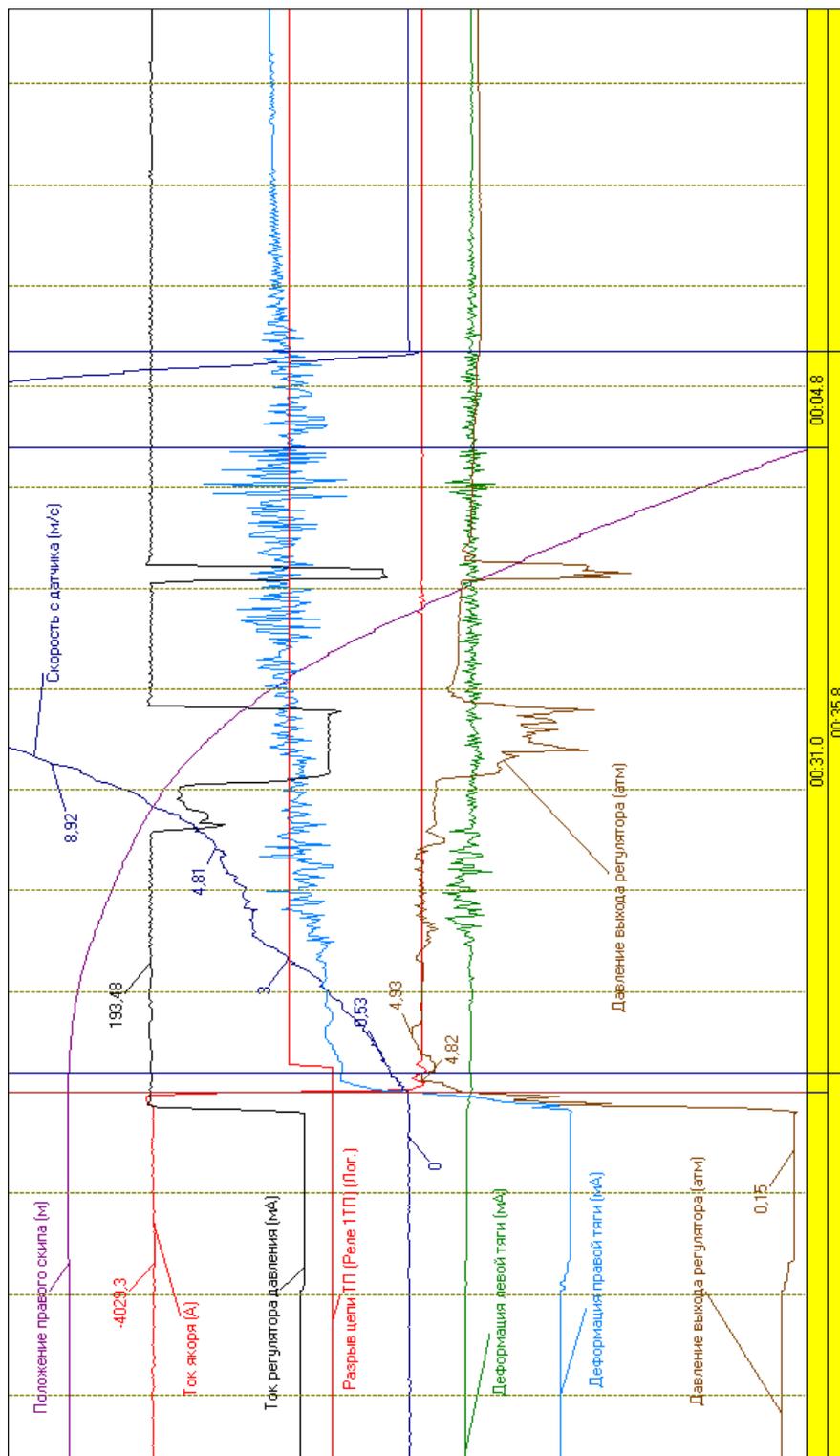


Рис. П2.6. Аварийный спуск правого скипа

Заключение
по расшифровке записей регистратора
параметров РПУ-03.5 скиповой подъемной установки
в период с 8:00 до 13:20 16 ноября 2007 г.

С 8:00 до 8:36 на скиповой подъемной установке выполнена проверка защит, которая показала, что машина находилась в исправном состоянии. Сосуды разгружены.

С 08:36 до 11:33 произведена отрубка правого каната для испытаний в канатной испытательной КИС. Работы проведены в штатном режиме.

В 11:43 осуществлен перегон подъемных сосудов. Левый скип (сосуд переставного барабана) поставлен в положение разгрузки для последующей корректировки положения сосудов путем перестановки барабанов. Это является нарушением действующего «Технологического регламента эксплуатации шахтных подъемных установок и стволов ...» (в дальнейшем «Технологического регламента...»). Статья 29.2, в предписывает перед проведением перестановки барабанов установить подъемный сосуд переставного барабана на нижней приемной площадке у дозатора. При правильных действиях машиниста при перестановке барабанов следующие действия персонала не могли иметь таких последствий.

Далее переставной барабан был выведен из зацепления с валом подъемной машины и произведена корректировка положения правого скипа путем его опускания до нижней приемной площадки (у дозатора). В 11:54 переставной барабан введен в зацепление.

После этого, очевидно, и была осуществлена загрузка скипа. Это является нарушением «Технологического регламента...», так как после окончания процесса перестановки необходимо провести пробный перегон порожних сосудов (статья 29.2, ж «Технологического регламента...»).

В 11:56 переставной барабан был снова выведен из зацепления. Учитывая, что после этого была попытка подъема скипа, очевидно, из дозаторной поступило сообщение, что скип находится ниже уровня загрузки. Статья 29.2, в «Технологического регламента...» предписывает установку скипа на 1 м выше уровня загрузки. Для выполнения этого требования и был выведен переставной барабан из зацепления. Без связи с дозаторщиком в этом не было бы необходимости.

Скип в это время был уже загружен, один тормоз его не мог удержать, и в 11:56 груженный скип упал в зумпф, пролетев 8 м.

Далее переставной барабан был введен в зацепление. После введения направляющих скипа в проводники в 12:39 был начат подъем правого

(опускание левого) скипа в режиме «Ревизия». При этом ток якоря составлял в среднем 2000 А, что соответствует подъему груженого скипа.

В 12:43 в середине ствола при попытке тронуться после остановки сработала защита *Реле обратного хода*. Наложен предохранительный тормоз. Срабатывание защиты свидетельствует о том, что скип груженный.

Далее с остановками скип был поднят до нулевой отметки, где он был осмотрен. Подтвердилось, что в скипе руда.

Далее скип был поднят на 15 м. При дальнейшем подъеме правого скипа левый скип в зумпфе мог выйти из проводников и «сесть» на руду. Это связано с тем, что ранее при перестановке барабанов в дозаторной правый скип «ушел» вниз на 8 м и после этого переставной барабан был введен в зацепление.

В сложившейся ситуации было принято неверное решение: вывести переставной барабан из зацепления с валом подъемной машины. Это решение неверно в связи с тем, что груженный скип не может удержаться одним тормозом. Этот режим для подъемной машины недопустим.

В 13:18 предпринята попытка подъема груженого скипа. При этом ток двигателя достигал до 6000 А. Усилия двигателя не хватало, поэтому скип начал опускаться, сработала защита *Реле обратного хода*. Наложен предохранительный тормоз. Машина остановлена.

Вероятно, в связи с тем, что груженный скип дважды (после вывода переставного барабана из зацепления и после наложения ТП) удерживался тормозом, было принято решение продолжить подъем груженого скипа до разгрузочных кривых и разгрузить его.

В 13:19 начали снова поднимать груженный скип. Подняли его на 5 м. Затормозили машину ручным тормозом и сняли задание на двигатель. В связи с тем, что подъем скипа осуществлялся с подтормаживанием, тормозные колодки, очевидно, нагрелись, коэффициент трения их снизился и тормозного усилия от ручного затормаживания (давление в полости цилиндра было 4,93 атм) оказалось недостаточно для удержания груженого скипа. Как только ток двигателя упал до нуля, груженный скип начал опускаться, сработала защита *Реле обратного хода*, наложился предохранительный тормоз, но возросшего тормозного усилия было недостаточно для удержания скипа. Уменьшение тормозного усилия связано с тем, что при нагреве тормозных колодок коэффициент трения их уменьшается.

Было предпринято две попытки ввести переставной барабан в зацепление, но в связи с большой скоростью (2,8 м/с и более) зацепления не произошло.

Поскольку тормозное усилие было меньше, а натяжение каната возрастало за счет добавления веса каната, скип с ускорением опустился до

зумпфа. Максимальная скорость составила 28,9 м/с. После этого скорость вращения барабана подъемной машины начала резко уменьшаться, и через 2,5 с произошло стопорение машины. При этом произошел напуск подъемного каната длиной 63 м.

Следует отметить, что в рассмотренном случае подъемный канат не испытал дополнительных нагрузок, он воспринимал только вес груженого скипа. Были дополнительные динамические нагрузки при срабатывании предохранительного тормоза, которые случаются при работе подъема.

Выводы

1. В рассмотренном случае были допущены нарушения «Технологического регламента...»:

– перед проведением перестановки барабанов подъемный сосуд переставного барабана необходимо было установить на нижней приемной площадке (у дозатора);

– недопустима загрузка сосудов до завершения перестановки. После перестановки барабанов необходим пробный перегон порожних сосудов;

– перестановка барабанов допустима только при порожних подъемных сосудах.

2. Во время корректировки положения скипов имела место несогласованность действий машиниста подъема и дозаторщика, что привело к несанкционированной загрузке скипа.

3. При ликвидации последствий от несанкционированной загрузки скипа необходимо было осуществить принудительную (вне разгрузочных кривых) разгрузку скипа и только после этого завершить корректировку положения скипов путем перестановки барабанов.

Расшифровка записей РПУ-03.5 клетевой подъемной установки с противовесом

Клеть находится на глубине $-278,19$ м (по датчику угла поворота вала подъемной машины).

В 08:00:15,8 начали растормаживать подъемную машину (начало роста тока регулятора давления (рис. ПЗ.1). При этом подъемный двигатель не включился (ток статора двигателя равен току при неподвижной машине – 6,38 А). Через 5 с после начала растормаживания в 08:00:20,6 включилось реле пуска машины (К1).

В 08:00:22,6 после полного растормаживания машины (рис. ПЗ.2) клеть начала движение вверх. Клеть движется под действием силы тяжести противовеса. Задание на двигатель и ток двигателя отсутствуют.

В 08:01:09,0 через 46 с после начала движения скорость клетки достигла номинального значения (5,02 м/с) и продолжает расти.

В 08:01:30,5 при скорости 12,24 м/с и положении клетки $-17,29$ м начали торможение машины ручным тормозом (рис. ПЗ.3).

В 08:01:31,3 при скорости 12,56 м/с и положении клетки $-7,44$ м началась деформация тормозных тяг. Одновременно с этим, на короткое время (0,2 с), включилось реле начала замедления (КТ1), появился пик тока статора (289,77 А) и напряжения на выходе преобразователя (335,98 В).

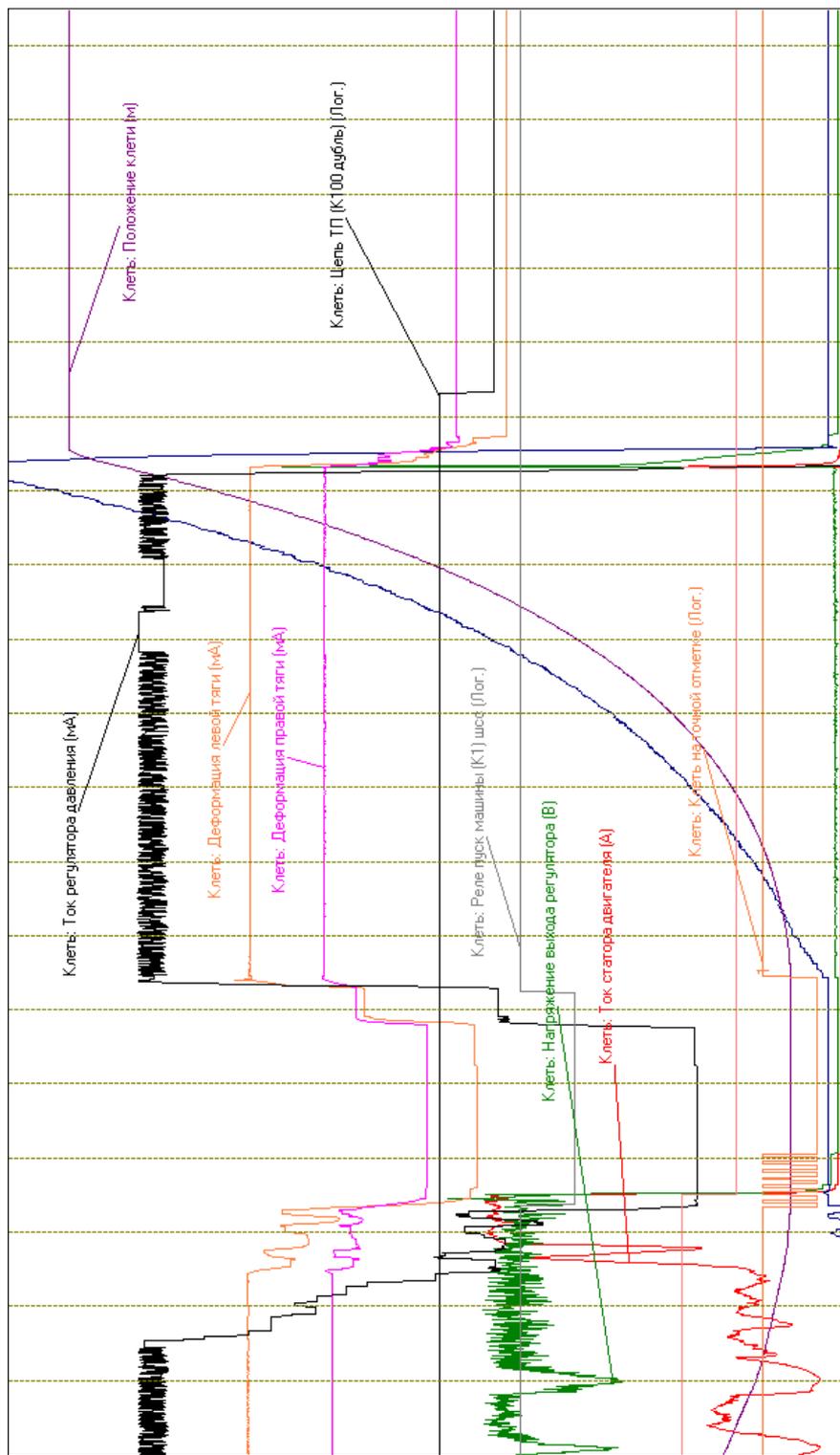
В 08:01:31,8 при положении клетки $-1,24$ м скорость достигла максимального значения 12,69 м/с и начала падать.

В 08:01:34,2 при положении клетки 15,38 м машина полностью остановилась.

В 08:01:41,5 наложен предохранительный тормоз.

Расшифровка записей дает основание полагать, что начало подъема клетки происходило в обычном режиме: одновременно с растормаживанием машины было включено реле пуска. Однако сигнал на входе в преобразователь напряжения был минимальным, а на его выходе он отсутствовал. Отсутствовал и ток подъемного двигателя. Разгон системы осуществлялся за счет веса противовеса.

24 января 2008 г. 7:53:00. Клетевой подъем. Шаг сетки – 10 с

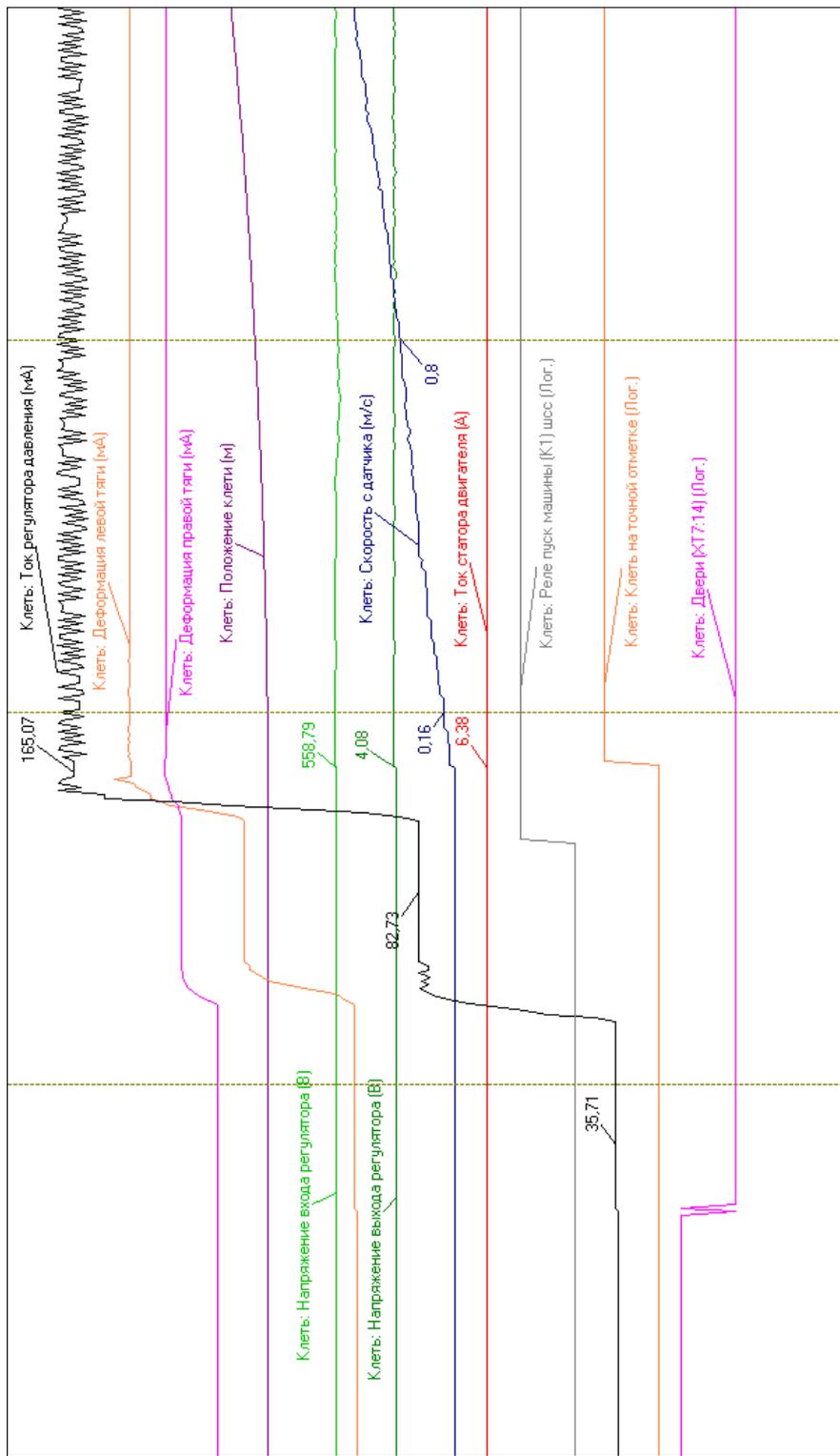


07:59:18,1

08:02:33,0

Рис. ПЗ.1. Подъем клетки

24 января 2008 г. 8:00:04. Клетевой подъем. Шаг сетки – 10 с

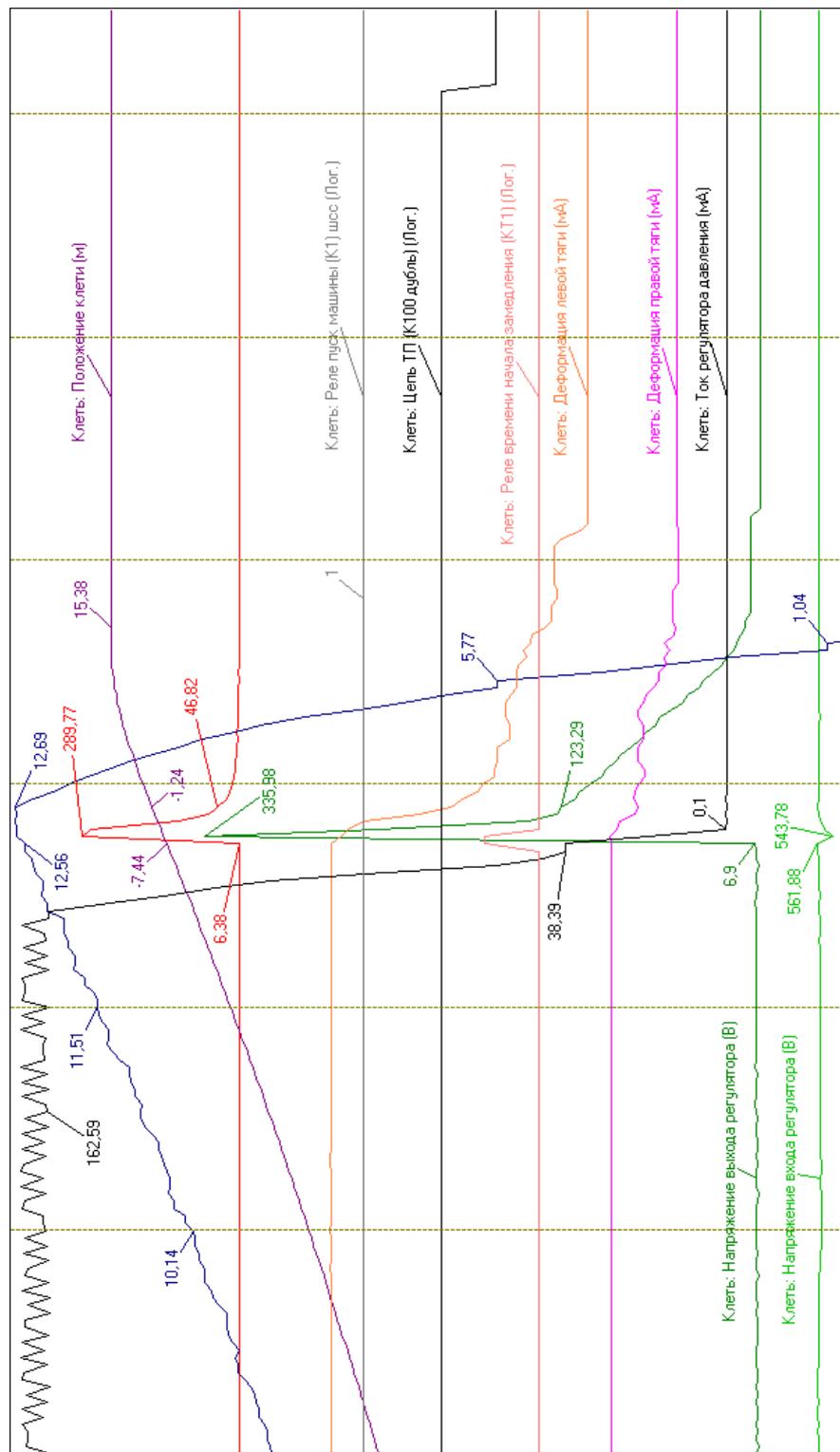


08:00:04,0

08:00:42,9

Рис. ПЗ.2. Растянутый график начала подъема клетки

24 января 2008 г. 8:01:23. Клетевой подъем. Шаг сетки – 3 с



08:01:23,1

08:01:42,5

Рис. ПЗ.3. Растянутый график завершения подъема клетки

Машинист подъема не заметил неисправности (отсутствия тока двигателя) и не принял мер. Система продолжала ускоряться. Очевидно, неисправность была замечена при скорости более 10 м/с, когда машинист включил предохранительное торможение. Защита от превышения скорости не сработала при превышении скорости на участке движения с максимальной скоростью и на участке подхода клетки к приемной площадке.

В момент начала торможения сработало реле начала замедления (КТ1) и появился пик тока статора. Это свидетельствует о неисправности (сбое) системы управления подъемным двигателем.

Выводы.

1. При подъеме клетки произошел сбой системы управления приводом.
2. Машинист подъема не заметил неисправности и своевременно не принял мер.
3. Защита от превышения скорости не сработала при превышении скорости.

**Расшифровка записей РПУ-03.5
о работе скиповой подъемной установки**

Ночью 23 июня 2004 г. до 1 ч 37 мин скиповая подъемная установка работала в автоматическом режиме. Типичная запись графика работы машины при подъеме правого (западного) скипа в автоматическом режиме приведена на рис. П4.1. Координаты положения правого скипа в крайних точках:

- внизу – $-475,78$ м;
- вверху – $+32,06$ м.

На рис. П4.2 показан растянутый график завершения этого цикла. Из графика видно, что тормозное усилие в тягах появляется через 1,2 с после снятия задания с привода. В этот период скорость машины изменяется от $-0,3$ м/с до $+0,1$ м/с, т.е. перед полным торможением барабан подъемной машины поворачивается в обратном направлении.

Таким образом, позднее торможение в автоматическом режиме приводит к небольшому обратному ходу подъемной машины.

После подъема левого (восточного) скипа в 1 ч 37 мин 05,3 с (далее 1:37:05,3) правый скип остановился на отметке $-376,5$ м. В 1:37:08,0 машина была переведена в ручной режим управления. В 1:39:00,0 произведено переключение в автоматический, ревизию и ручной режимы.

В 1:39:02,0 был начат подъем правого груженого скипа в ручном режиме. Растянутый график начала движения приведен на рис. П4.3. Через 1,5 с после начала движения, когда правый скип поднялся на 1,2 м, а скорость машины была 0,8 м/с, произведено резкое торможение ручным тормозом. При этом задание на движение машины снято с запозданием. Из-за этого ток двигателя достиг значения 5557 А, в то время как при работе в автоматическом режиме при трогании скипа ток не превышает 5000 А. Через 1,6 с машина остановилась. Правый скип поднялся на 2,4 м от места загрузки и остановился на отметке $-374,1$ м. Возможно, остановка связана с выходом левого скипа из кривых.

Практически сразу же после остановки машины (через 2 с) одновременно произведено растормаживание машины и дано задание на подъем правого груженого скипа. Подъем осуществлялся в ручном режиме со скоростью 6,7 м/с. График подъема правого скипа в ручном режиме приведен на рис. П4.4. Сравнение с рис. П4.1 показывает, что графики движения почти одинаковы. Дотяжка началась с положения правого скипа на отметке $+21,0$ м (за 11 м до точки стопорения) вначале со скоростью 1,3 м/с,

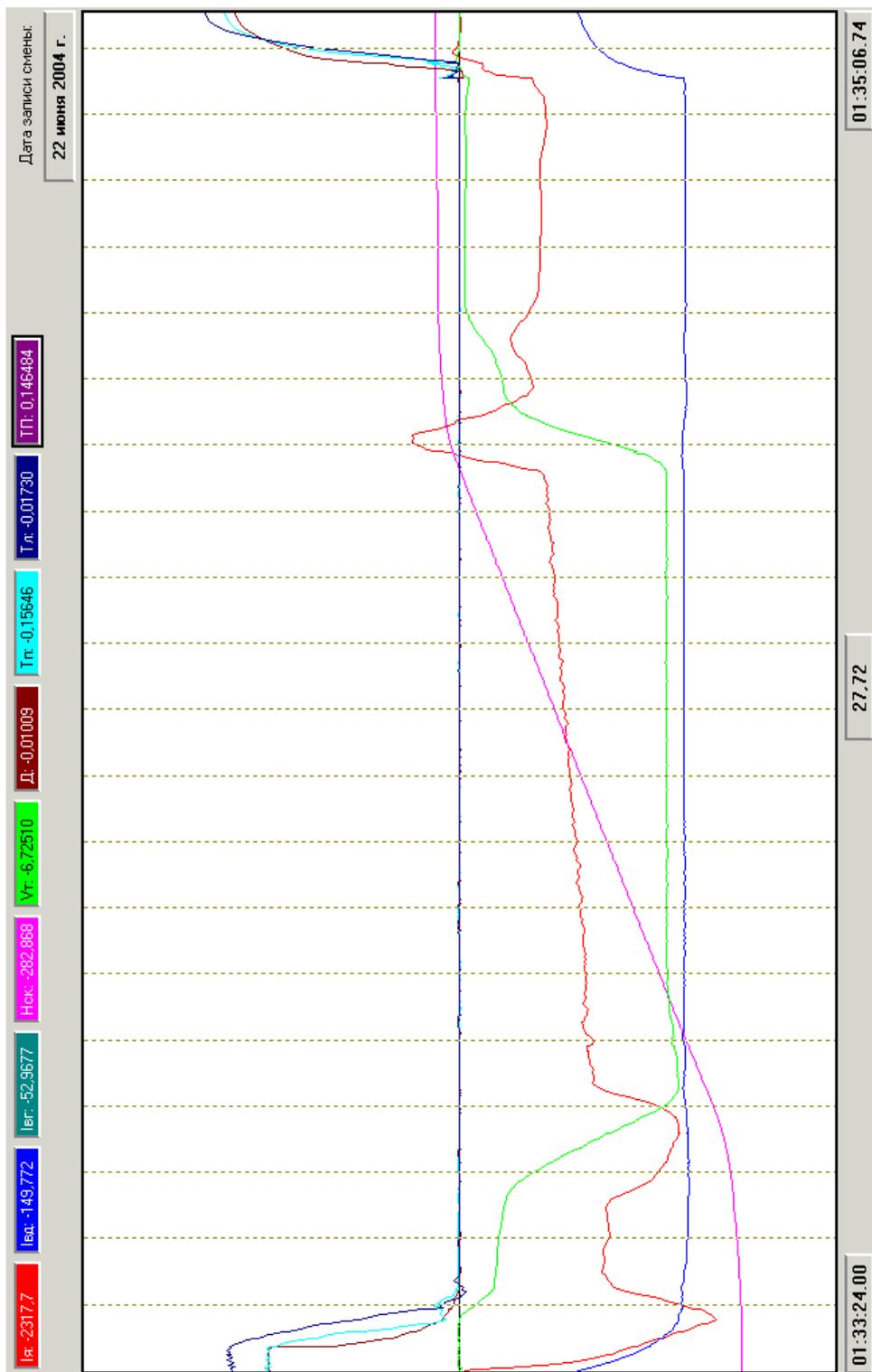


Рис. П4.1. Типичная запись графиков работы машины при подъеме скипа в автоматическом режиме

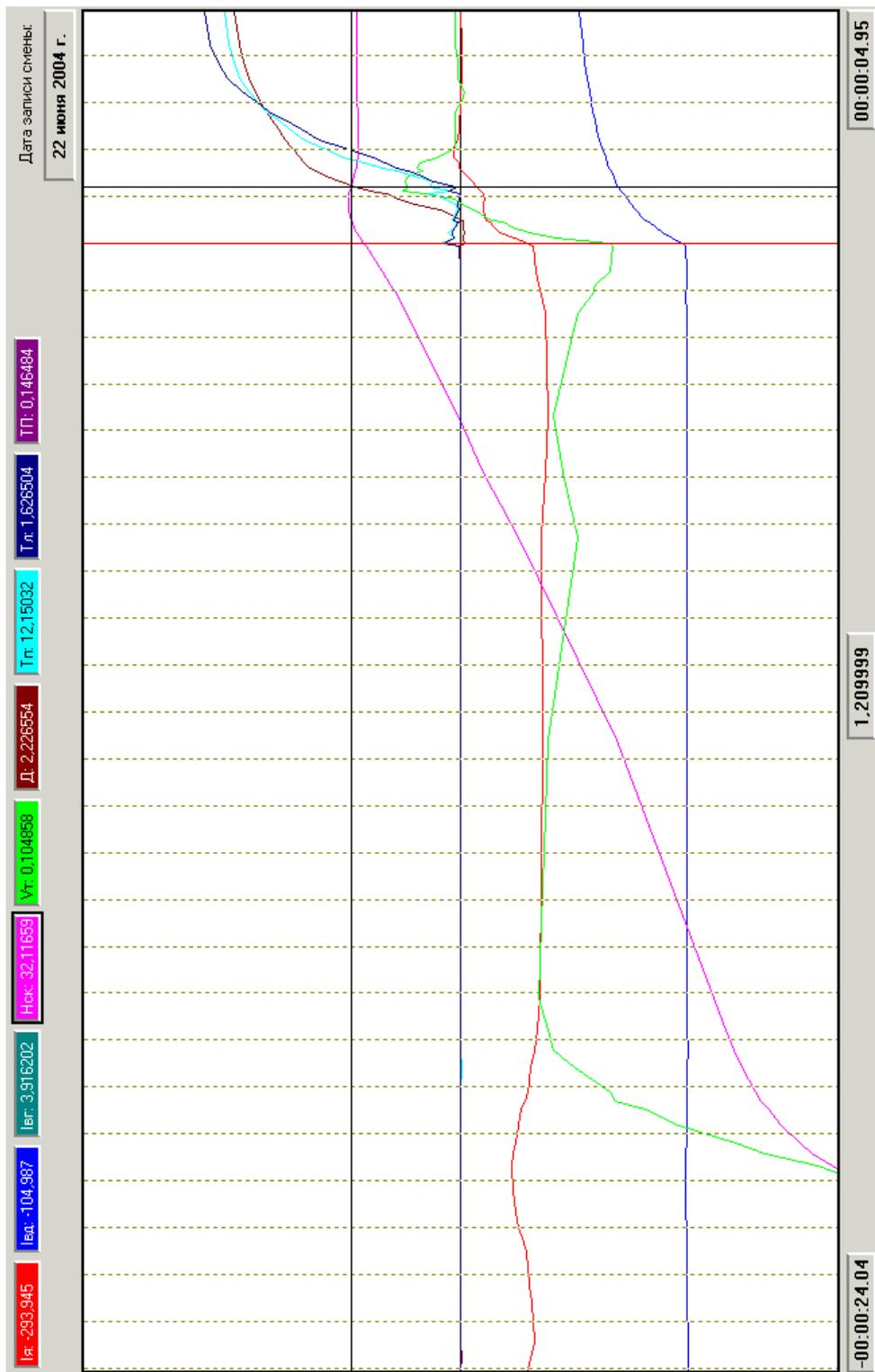


Рис. П4.2. Растянутый график завершения цикла подъема правого скипа

а с отметки +28,1 м – со скоростью около 0,2 м/с. На отметке +30,7 м скип вошел в разгрузочные кривые. Ток двигателя при дотяжке не превышал обычное для других циклов значение – 1540 А. В 1:40:50,0 при положении правого скипа на отметке + 31,8 задание с двигателя было снято, а тормоз в течение 2,0 с не был наложен. Растянутые графики процессов приведены на рис. П4.5. Видно, что скорость машины изменилась с –0,3 до +0,4 м/с, а барабан машины совершил движение в обратном направлении на 0,3 м. В 1:40:52,0 произошло наложение предохранительного тормоза: сработал РОХ – реле обратного хода. Во время срабатывания предохранительного тормоза барабан машины повернулся еще на 1,0 м в обратном направлении. Таким образом, при высыпании

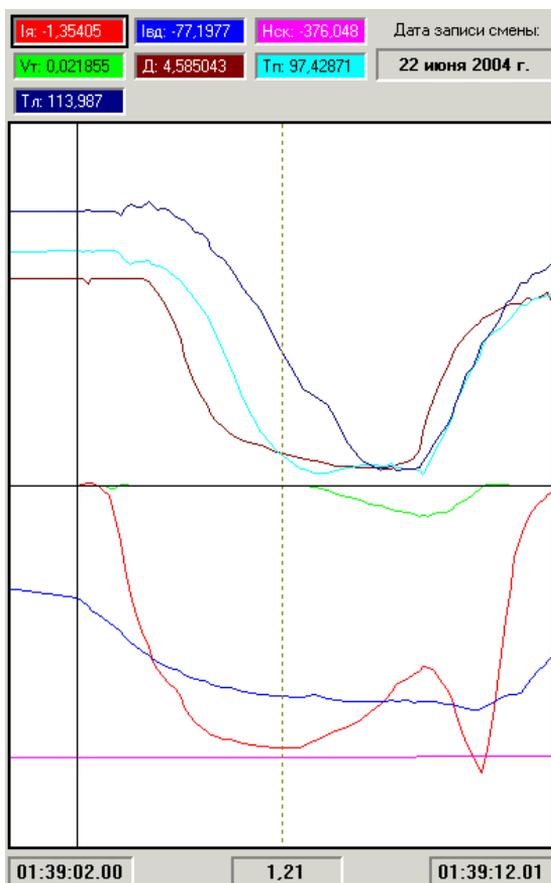


Рис. П4.3. Растянутый график начала подъема правого скипа

руды из скипа барабан машины переместился на 1,3 м в обратном направлении. На такое же расстояние должен опуститься неразгруженный полностью скип. При этом разгрузочные ролики создали усилие для закрытия сектора и возврата выдвигного рештака в исходное положение. Высыпающаяся руда препятствовала этому, и скип завис в кривых. Высыпание руды при этом, скорее всего, прекратилось, а затвор остался полузакрытым. Выдвигной рештак также не возвратился в то положение, которое он занимает при закрытом затворе.

В 1:42:41,2 произведено ручное затормаживание машины. В 1:43:06,7 выполнена «зарядка» машины. В 1:43:15 сделана попытка приподнять застрявший скип вверх. В 1:43:26 со второй попытки скип был приподнят на 0,45 м. В 1:43:36 начато опускание правого скипа. В 1:43:49,6 машина остановлена. Правый скип при этом опустился до отметки +13,6 м. Графики изменения токов и тормозных усилий в этот период приведены на рис. П4.6. Движение происходило с подтормаживанием машины ручным тормозом.

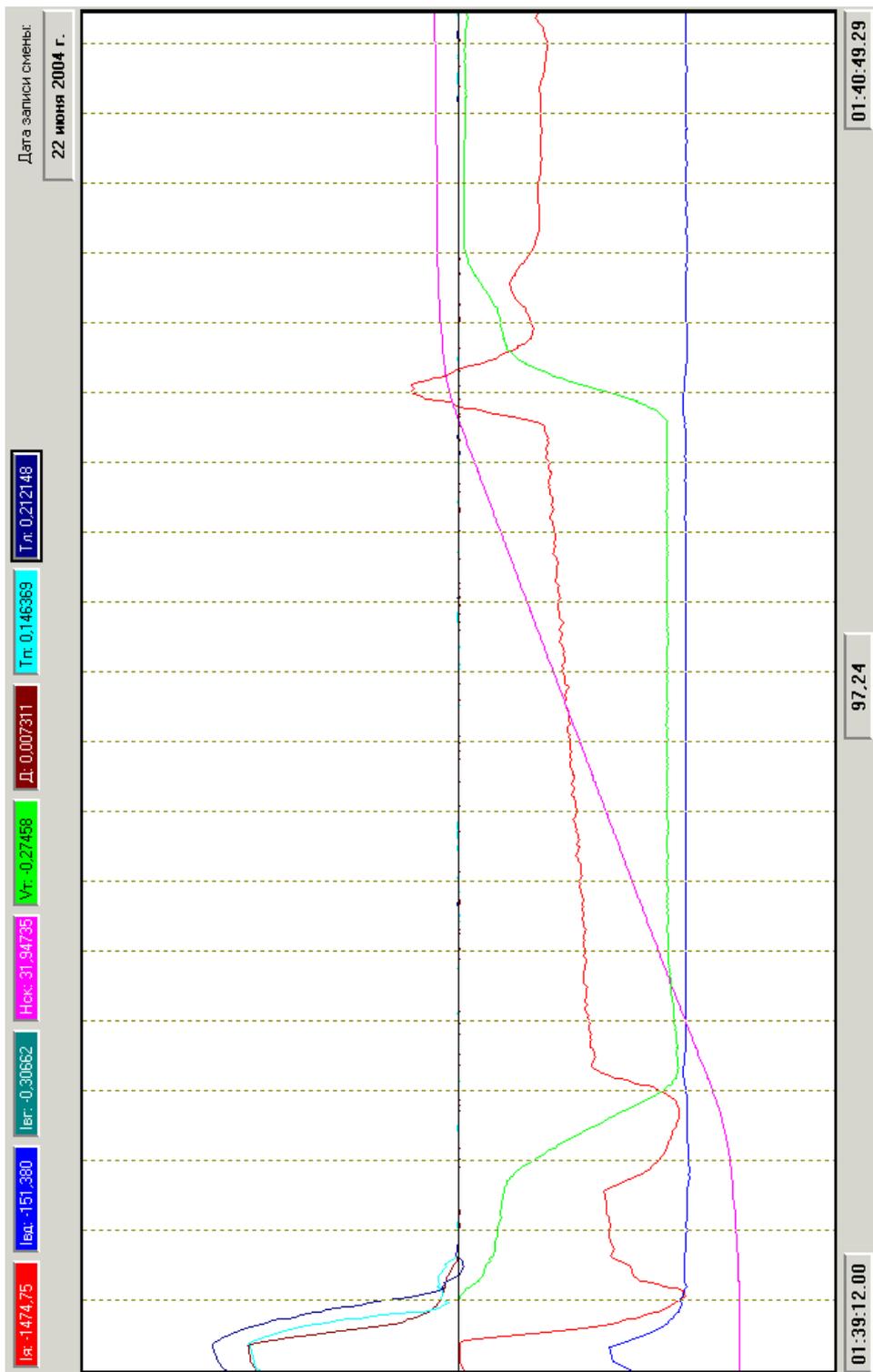


Рис. П4.4. График подъема правого скипа в ручном режиме

В 1:43:53,9 начато опускание правого скипа. Скип опущен до отметки $-59,6$ м. Скорость движения была от 7,3 до 6,1 м/с. При перегоне двигатель работал в тормозном режиме. В 1:44:11,4 машина заторможена ручным тормозом. График процессов в этот период приведен на рис. П4.7. Видно, что при опускании правого скипа двигатель работал в генераторном режиме. Наличие статического движущегося усилия свидетельствует о том, что в скипе осталась руда. Ничем другим объяснить такой режим работы привода нельзя.

В 1:47:28,5 в течение 4 с включен двигатель на подъем правого скипа. Машина при этом не растормаживалась. Ток достиг значения 5198 А. В 1:47:48,8 включен двигатель на опускание правого скипа, машина расторможена. Скорость движения 1,9 м/с. Двигатель после начала движения перешел в генераторный режим (рис. П4.8). Движение с постоянной скоростью в генераторном режиме происходило до отметки $-340,6$ м.

На рис. П4.9 приведен график ускорений барабана подъемной машины, полученный дифференцированием показаний датчика пути (вторая производная). Из графика видно, что при опускании скипа барабан подъемной машины периодически получал импульсы от каната. Это можно объяснить тем, что опускающийся правый скип периодически задевал проводники или расстрелы.

Начиная с отметки $-340,6$ м, машинист начал уменьшать задание, и машина стала замедляться. На отметке $-368,2$ м, когда барабан подъемной машины вращался со скоростью 0,3 м/с, ток подъемного двигателя уменьшился, а затем резко возрос. На этом участке, очевидно, опускающийся правый скип зацепился за расстрел, машина стала останавливаться,

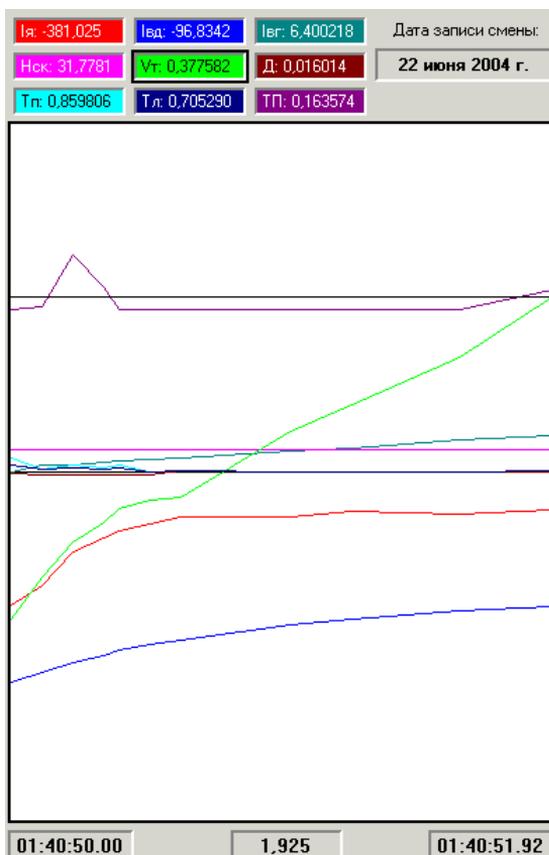


Рис. П4.5. График завершения цикла в ручном режиме

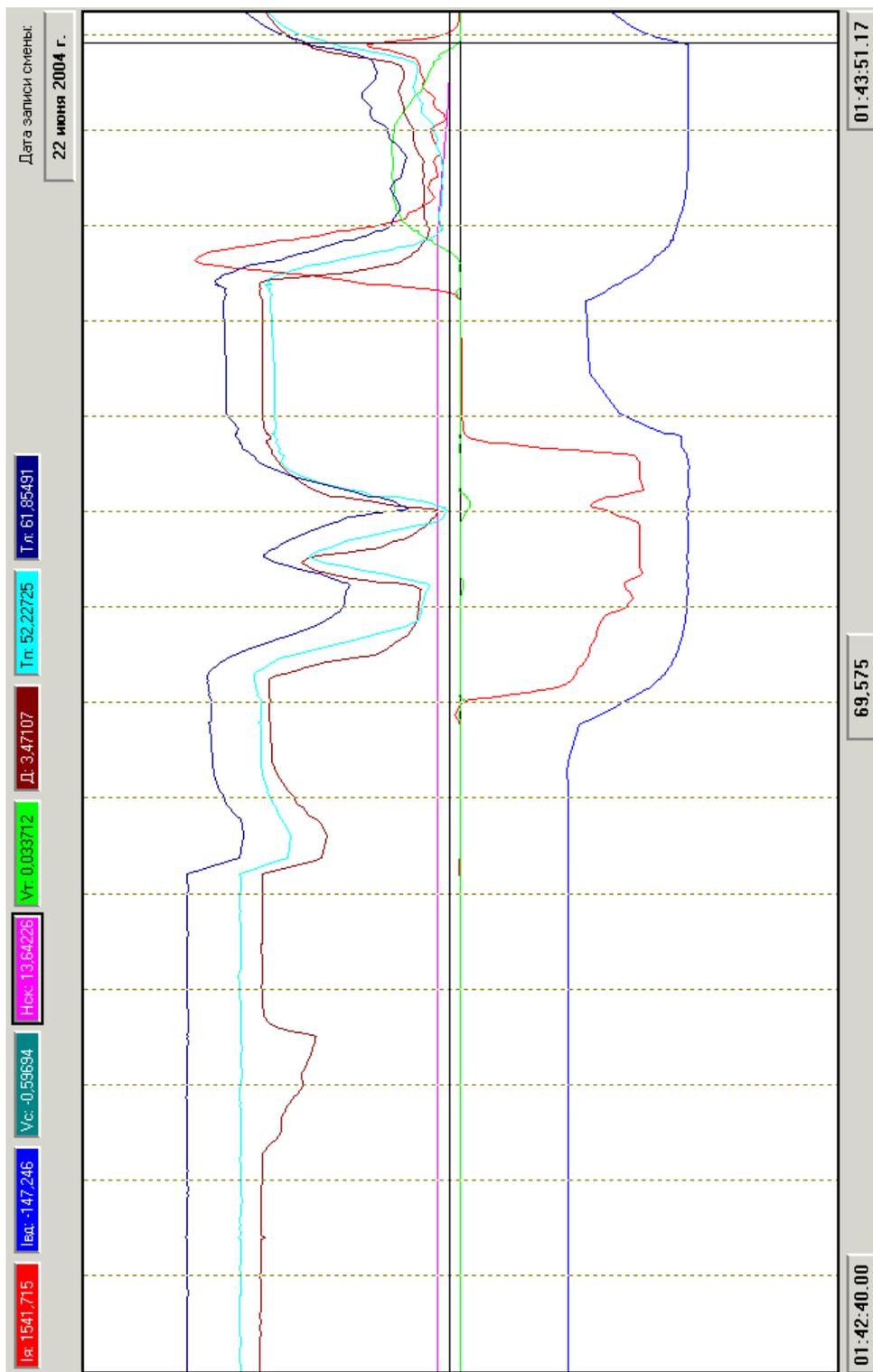


Рис. П4.6. График выдергивания скипа из кривых и опускание до +13 м

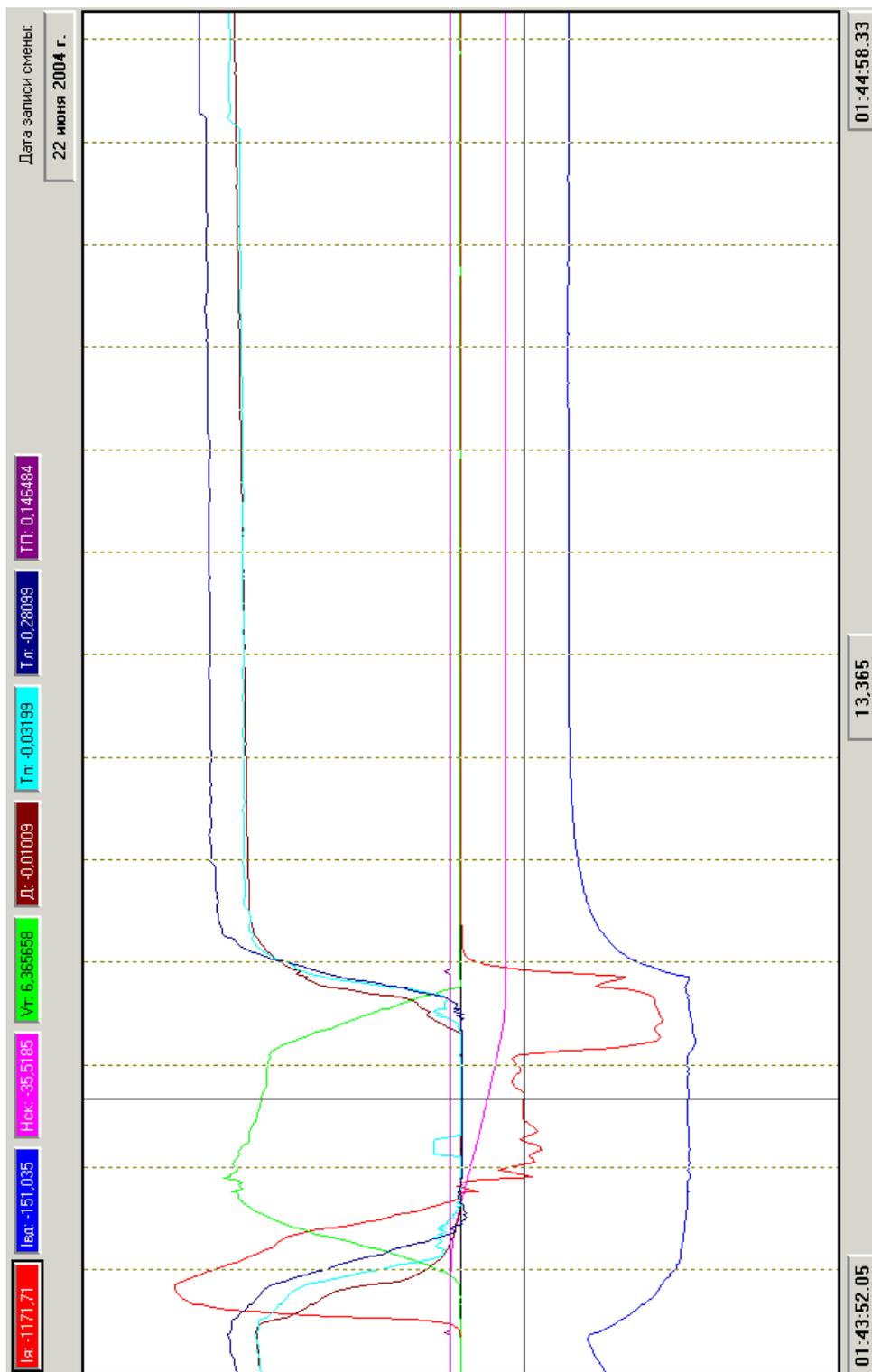


Рис. П4.7. График опускания скипа до отметки 60 м

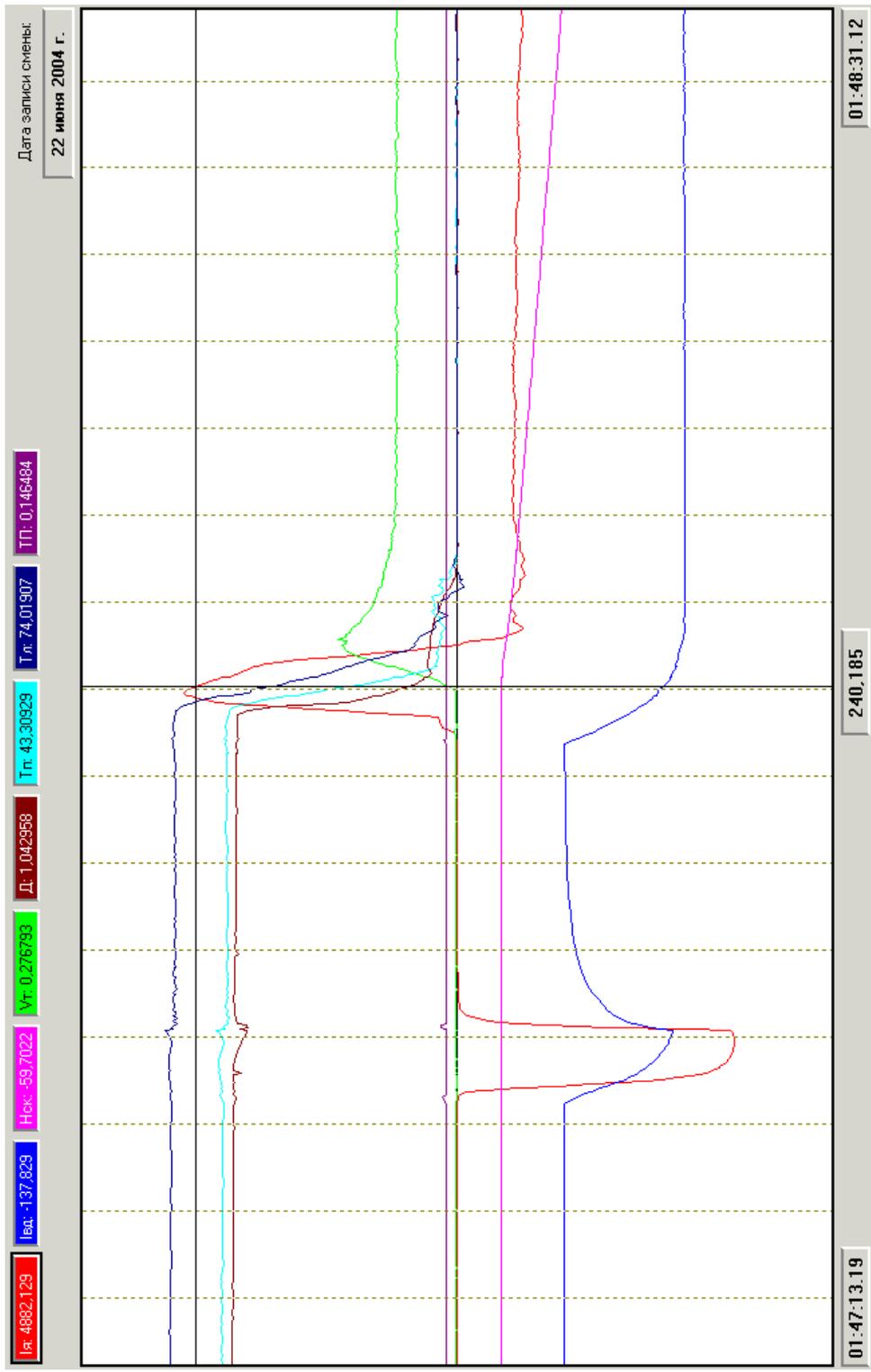


Рис. П4.8. График опускания скипа с отметки – 60 м

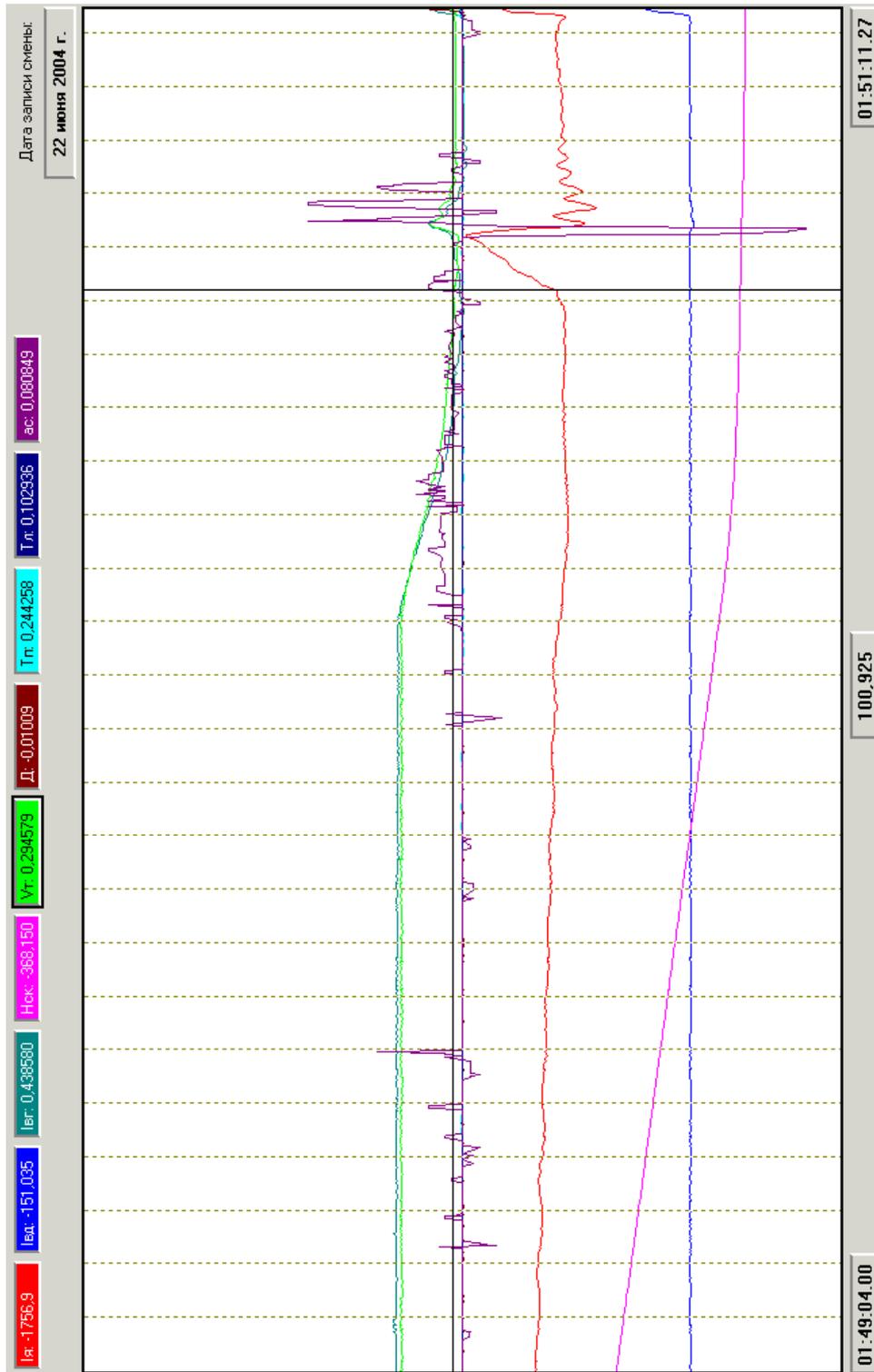


Рис. П4.9. График ускорений барабана машины при опускании скипа

машинист увеличил задание на спуск правого скипа, а скип сорвался и продолжал опускаться. В результате динамического воздействия на канат возбудились продольные колебания скипа на канате, что всегда вызывает поперечные колебания струны каната. Двигатель продолжал работать в тормозном режиме, а скип опускаться. Колебания тока вызваны, скорее всего, колебаниями подъемного сосуда на канате. На отметке 375,1 м машинист снял задание и наложил предохранительный тормоз. Правый скип остановился на отметке – 375,3 м.

В 1:51:39,1 машину «зарядили». В 1:51:55,2 дали задание на подъем правого скипа без снятия тормозов, через 4 с задание сняли. Максимальный ток 1990 А.

В 1:52:29,7 дали задание на подъем правого скипа, растормозили машину, машина разогналась до скорости 0,2 м/с в сторону подъема правого скипа и наложил предохранительный тормоз.



Рис. П4.10. Графики при заклинивании правого скипа

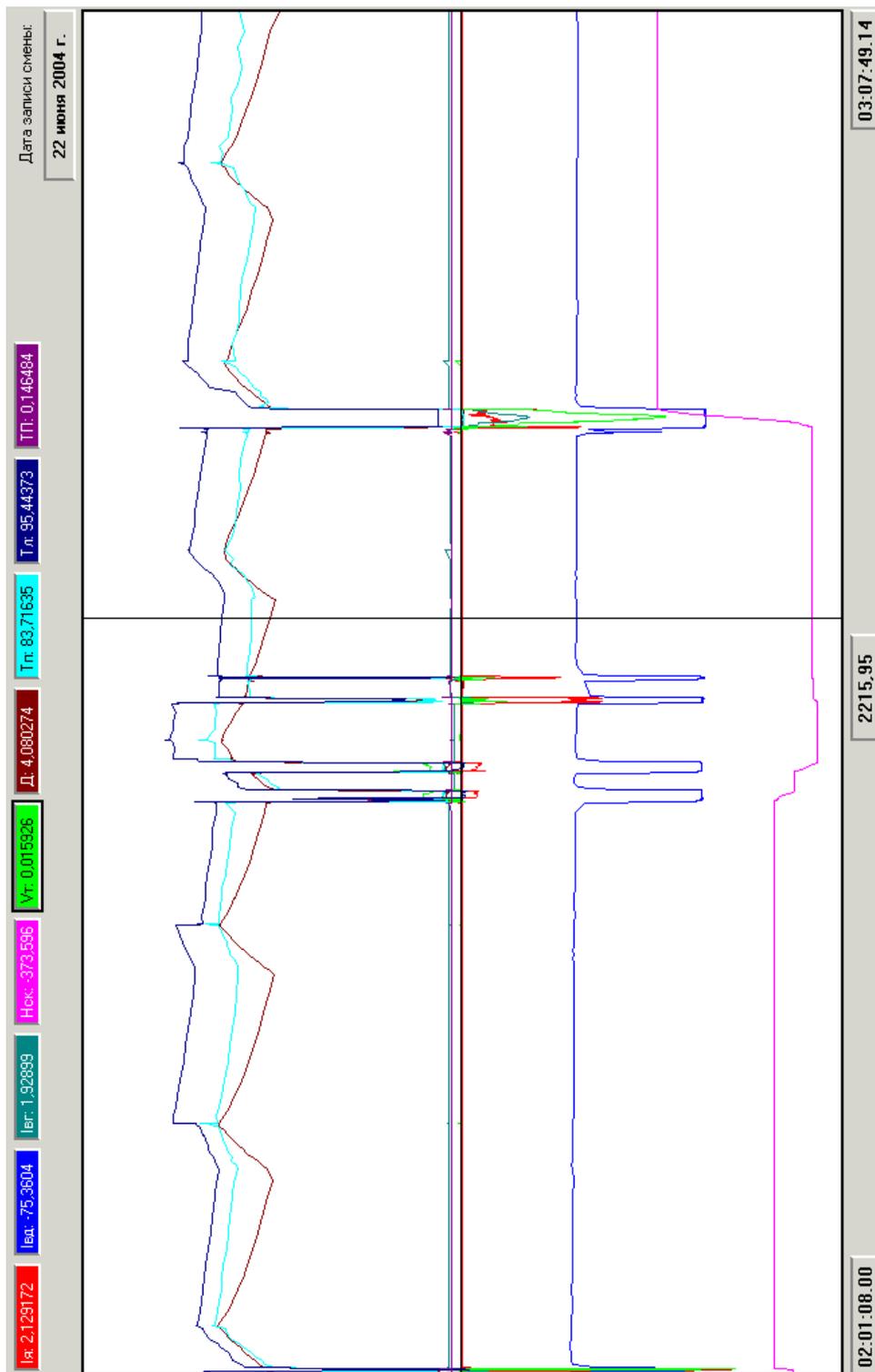


Рис. П4.1.1. Графики состояния подъемной машины с 2 до 3 часов

В 1:53:04,7 зарядили машину. В 1:54:05,9 была сделана попытка подъема правого скипа. Барабан машины переместился с отметки – 376,2 м на отметку –376,1 м. В 1:54:43,0 при повторной попытке подняли правый скип с отметки –376,1 м до отметки –375,3 м. Машину затормозили ручным тормозом. В 2:00:04 снова включили машину и подняли правый скип до отметки –370,8 м.

На этой отметке сняли задание с привода, затормозили машину и сразу же дали задание на подъем правого скипа, и растормозили машину. Скип был поднят до отметки –366,9 м и, скорее всего, застрял, так как следующие 9 с барабан подъемной машины не вращался, хотя ток двигателя был около 5200 А (см. рис. П4.10). В 2:00:44,9 был наложен ручной и сразу же предохранительный тормоз.

На рис. П4.11 приведены графики состояния машины с 2:01:08,0 по 3:07:49,1. За этот период правый скип был поднят с отметки –367,5 м до –361,1 м (в 2:01:12), опущен с –361,1 м до –375,4 м (в 2:30) и снова поднят до отметки –322,6 м (в 2:48). Следующее опускание скипа началось в 4:06.

Выводы

1. Расшифровка записей РПУ-03.5 о работе скиповой подъемной машины 23 июня 2004 г. показала, что инцидент начался при разгрузке правого скипа из-за позднего наложения тормоза после снятия задания с привода машины. В результате произошел обратный ход скипа, сработала защита от обратного ход и был наложен предохранительный тормоз. Обратный ход составил 1,3 м. В результате резкого опускания неразгруженного скипа (двигатель был отключен, а тормоз еще не сработал) секторный затвор закрылся не полностью. В скипе осталась руда. Очевидно, что и выдвигной рештак не встал на место.

2. Дальнейшие перемещения неразгруженного до конца скипа с неустановившимися в закрытое положение затвором и выдвигным рештакром привели к задеванию скипом элементов армировки ствола.

Пример расшифровки записей РПУ-03.5 подъемной установки ЦШ-3,24х4

Расшифровка записей РПУ-03.5 подъемной установки ЦШ-3,24х4

Многоканатная подъемная установка ЦШ-3,25х4 оснащена одноэтажной клетью 1КН4-2 с противовесом.

11 апреля с 12 часов до возникновения инцидента в 18:09:44 по часам РПУ-03.5 на подъемной установке было выполнено 5 спусков клетки (подъемов противовеса). Спуск клетки всегда осуществлялся в двигательном режиме, подъем клетки – в режиме динамического торможения. Это свидетельствует о том, что масса клетки с грузом была меньше массы противовеса.

На рис. П5.1 приведены графики работы подъемной установки при спуске клетки в обычном режиме. Клеть опускались на скорости 3,6 м/с. В роторной цепи двигателей были включены контакторы 1У и 2У. На отметке – 826,57 м контактор 2У был выключен, клеть начала замедляться. Среднее замедление клетки до скорости 1,7 м/с составляет $(4,46-1,68)/20,3 = 0,14 \text{ м/с}^2$.

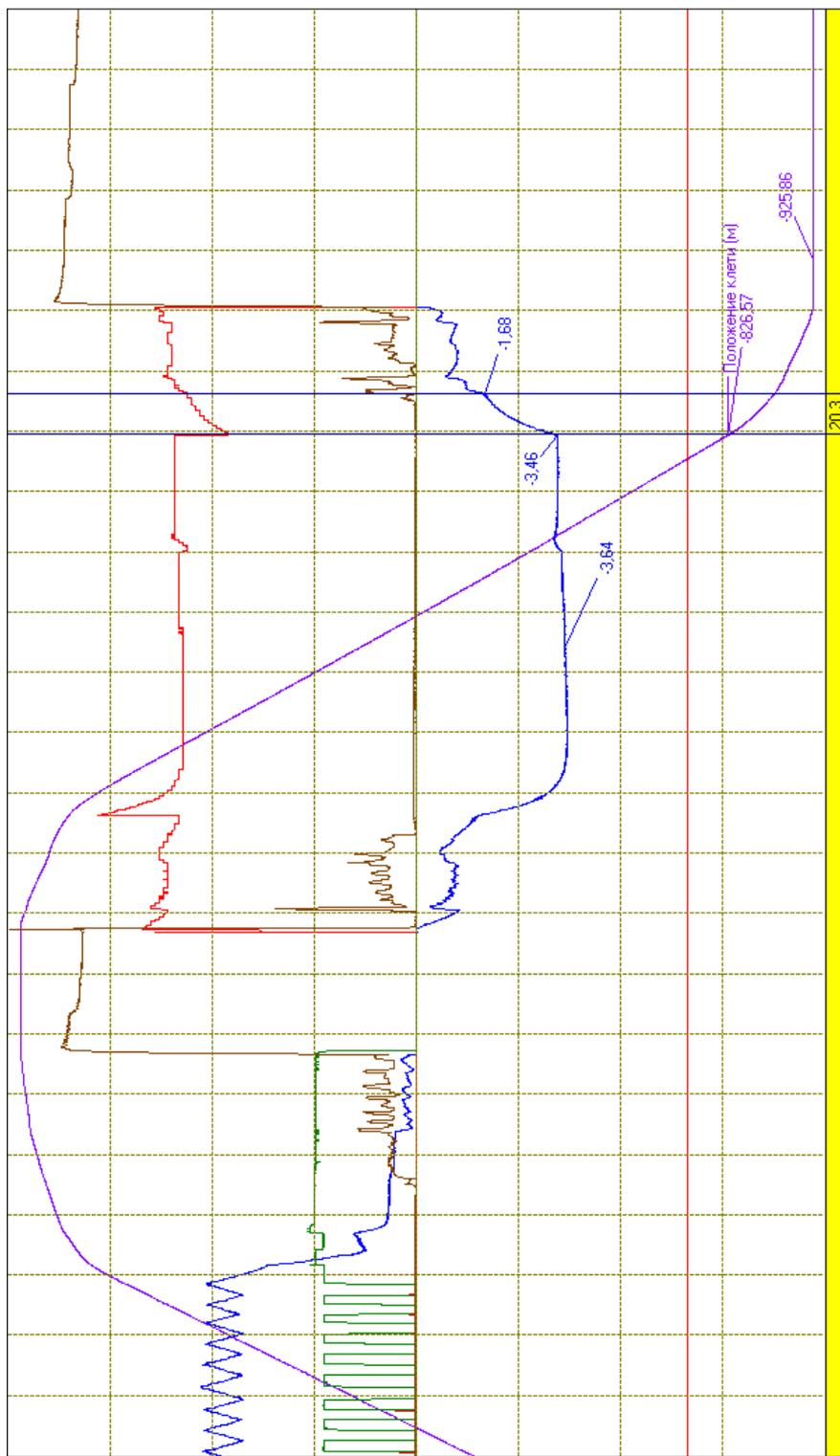
Дальнейшее замедление и «дотяжка» осуществлялись с подтормаживанием механическим тормозом.

На рис. П5.2 приведены графики работы подъемной установки при спуске клетки с жесткой посадкой. Реверсоры двигателей на спуск клетки включены в 18:05:40. Начало движения в 18:05:43. До отметки «–41,5 м» движение клетки осуществлялось при включенном контакторе 1У и механическом подтормаживании подъемной машины. Средняя скорость движения в этот период – 0,8 м/с.

После прекращения механического торможения скорость движения клетки увеличилась до 5,4 м/с. Движение осуществлялось при включенном контакторе 1У. В 18:09:12, когда клеть была на отметке «–768 м» был включен контактор 2У. Ток подъемных двигателей возрос, и скорость клетки увеличилась до 5,6 м/с. В 18:08:15 контакторы 2У и 1У были выключены. Ток двигателей уменьшился. Скорость клетки начала снижаться. На отметке «–808 м» при скорости 4,6 м/с был включен контактор 1У. Ток двигателей увеличился. Скорость клетки начала плавно возрастать. Дальнейшее движение клетки происходило при включенном контакторе 1У. Механического торможения не было.

В 18:09:44,5 при движении клетки со скоростью 5,1 м/с и положении клетки «–928,5 м» был наложен предохранительный тормоз. Причина срабатывания – «переподъем».

11 апреля 2012 г. Шаг сегки 30 с

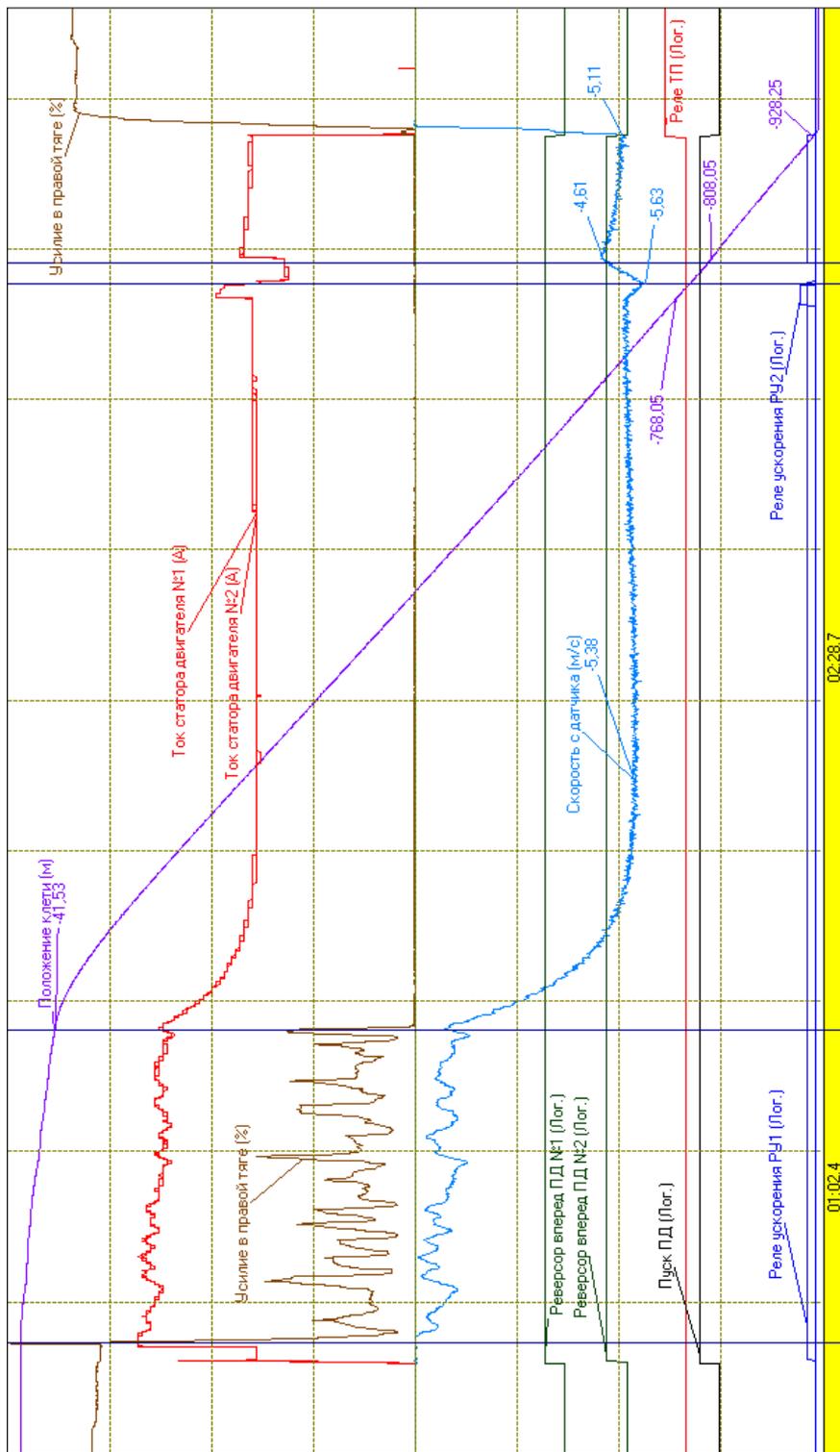


13:11:40.0

13:23:39.9

Рис. П5.1.1. Спуск клетки в обычном режиме

11 апреля 2012 г. ШПУ ЦШ-3,24х4. Шаг сетки 30 с



18:05:21.9

18:10:09.8

Рис. П5.2. Спуск клетки с жесткой посадкой

В табл. П5.1 приведены данные о проверках ограничителя скорости ЭОС-3 в период с 9:00 10.04.2012 по 18:06 11.04.2012 г.

Таблица П5.1

Данные РПУ-03.5 о времени срабатывания ТП
по причине ЭОС

№ п/п	Дата Время	Причина	Режим	Скорость, м/с	Положение клетки, м
10	10.04.2012 9:54:13	ЭОС	Люди	0,000	1, 889
11	10.04.2012 9:54:40	ЭОС	Люди	0,000	1, 889
12	10.04.2012 10:15:07	ЭОС	Люди	-4,960	-839, 776
13	10.04.2012 10:37:00	ЭОС	Люди	3,940	-99, 865
14	10.04.2012 11:01:45	ЭОС	Люди	4,890	-92, 796
15	10.04.2012 12:12:14	ЭОС	Люди	2,180	-103, 820
16	10.04.2012 12:19:59	ЭОС	Люди	-3,920	-835, 257

Других проверок ЭОС-3 в этот период не зарегистрировано.

В табл. П5.2 приведены все срабатывания предохранительного тормоза 11 апреля. Срабатывания с № 2 по № 9 связаны с проверкой защиты «переподъем». Под №1 зафиксировано нажатие кнопки аварийного тормоза. № 11 – срабатывание тормоза при переподъеме противовеса (жесткой посадке клетки).

Таблица П5.2

Записи времени и причин срабатывания
предохранительного тормоза 11.04.2012

№ п/п	Дата Время	Причина	Режим	Скорость, м/с	Положение клетки, м	Разомкн. контакты
1	11.04.2012 7:18:42	КА	Люди	0,000	-0,267	КА
2	11.04.2012 11:30:38	2ПВ	Люди	0,140	0,543	2ПВ
3	11.04.2012 11:30:54	19ЭВ	Люди	0,220	0,892	19ЭВ
4	11.04.2012 11:31:13	19ЭВ	Люди	0,000	0,892	19ЭВ
5	11.04.2012 11:31:40	19ЭВ	Люди	0,000	0,892	19ЭВ
6	11.04.2012 12:05:32	32ЭВ	Люди	-0,340	-926 002	32ЭВ
7	11.04.2012 17:32:20	32ЭВ	Люди	-0,300	-926 181	32ЭВ
8	11.04.2012 17:32:39	1ПН	Люди	-0,490	-927 507	1ПН
9	11.04.2012 17:38:53	2ПВ	Люди	0,210	0,750	2ПВ
10	11.04.2012 17:39:15	19ЭВ	Люди	0,150	1, 448	19ЭВ
11	11.04.2012 18:09:44	32ЭВ	Люди	-5,160	-934 514	32ЭВ

Расшифровка названия контактов ТП приведена в табл. П5.3.

Таблица П5.3

Расшифровка названия контактов ТП

КА	Кнопка аварийного тормоза
32ЭВ	Переподъем противовеса (АЗК)
1ПН	Переподъем противовеса (СВМ)
19ЭВ	Переподъем клетки (АЗК)
2ПВ	Переподъем клетки (СВМ)

Из расшифровки записей РПУ-03.5 следует, что машинист подъемной машины при подъезде клетки к нижнему горизонту по какой-то причине не осуществил замедление и остановку клетки. Ограничитель скорости не среагировал на превышение скорости при подъезде клетки к нижнему горизонту. Наложение предохранительного тормоза произошло только после срабатывания защиты от переподъема противовеса.

Обозначение канатов согласно EN 12385-2:2002

Виды прядей:

V – трехгранная прядь с трехгранной центральной проволокой;

Q – овальная прядь;

P – плоская прядь.

Свивка:

M – крестовая свивка;

N – комбинированная свивка;

K – обжатая прядь.

Виды сердечников:

C – сердечник;

FC – органический сердечник;

NFC – из натуральных волокон;

SFC – из синтетических волокон;

WC – стальной сердечник;

WSC – выполненный в качестве проволоочной пряди;

IWRC – выполненный в качестве отдельно свитого проволоочного каната;

SPC – из массивного полимера.

Исполнение поверхности проволок:

U – без покрытия (светлая проволока);

B – цинковое покрытие класса B;

A – цинковое покрытие класса A;

B (Zn/Al) – покрытие из сплава цинка класса B;

A (ZN/Al) – покрытие из сплава цинка класса A.

Направление свивки и способ свивки:

Направление свивки пряди:

z – правое;

s – левое.

Направление свивки каната:

Z – правое;

S – левое;

sZ или zS – крестовая свивка;

zZ или sS – односторонняя свивка;

sS – левая;

zZ – правая;

aZ или aS – смешанная свивка;
 aZ – правое;
 aS – левое.

Структура обозначения канатов

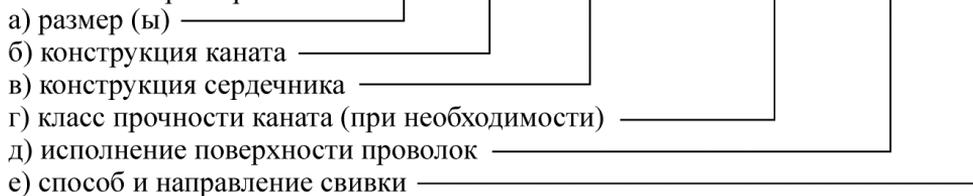
Система включает в себя следующие сведения:

- а) размер(ы);
- б) конструкция каната;
- в) конструкция сердечника;
- г) при необходимости класс прочности каната;
- д) исполнение поверхности проволок;
- е) способ и направление свивки.

Ниже приведены примеры обозначения канатов

22	6×36WS-IWRC	1770	B	sZ
32	18×19S-WSC	1960	U	sZ
95	1×127	1570	B	Z

Ключевая характеристика:



Условные обозначения форм сечений проволоки, пряди и каната приведены в табл. Пб.1.

Таблица Пб.1

Условные обозначения форм сечений

Форма сечения	Условное обозначение		
	Проволока	Прядь	Канат
1	2	3	4
Круглая	Без условного обозначения	Без условного обозначения	Без условного обозначения
Трехгранная	V	V	–
Распущенная проволока стержня	–	B ¹	–
Прямоугольная	R	–	–
Клинообразная	T	–	–
Овальная	Q	Q	–
Z-образная	Z	–	–
H-образная	H	–	–

Окончание табл. П6.1

1	2	3	4
Плоская или ленточная	–	P	–
Обжатая	–	K ²	K ²
Плетеная	–	–	BR
Плоская:			P
– простое сшивание	–	–	PS
– двойное сшивание	–	–	PD
– крепление скобами	–	–	PN

Примечания:

¹ Условное обозначение В показывает, что стержень пряди состоит из нескольких распущенных проволок. Оно следует за условным обозначением формы пряди, например, трехгранная прядь из 25 проволок с распущенной стержневой проволокой обозначается как V25B.

² Условное обозначение К означает дополнительный процесс обжатия и ставится перед условным обозначением формы пряди или каната, например, уплотненная круглая прядь или уплотненный канат обозначается как К, а обжатая овальная прядь как KQ.

Условные обозначения наиболее распространенных видов конструкции круглых прядей приведены в табл. П6.2.

Таблица П6.2

Условные обозначения
наиболее распространенных конструкций прядей

Вид конструкции	Условное обозначение	Примеры конструкции пряди
1	2	3
Однослойная свивка	Без условного обозначения	6 т.е. (1–5) 7 т.е. (1–6)
Параллельная свивка: «Сил»	S	17S т.е. (1–8–8) 19S т.е. (1–9–9)
«Уоррингтон»	W	19W т.е. (1–6–6+6)
«Филлер»	F	21F т.е. (1–5–5F–10) 25F т.е. (1–6–6F–12) 29F т.е. (1–7–7F–14) 41F т.е. (1–8–8–8F–16)
Комбинированная параллельная свивка	WS	26WS т.е. (1–5–5+5–10) 31WS т.е. (1–6–6+6–12) 36WS т.е. (1–7–7+7–14) 41WS т.е. (1–8–8+8–16) 41WSF т.е. (1–8–8–8F–16) 46WS т.е. (1–9–9+9–18)

Окончание табл. П6.2

1	2	3
Свивка за несколько технологических операций (круглые пряжи) Крестовая свивка	М	19М т.е. (1–6/12) 37М т.е. (1–6/12/18)
Комбинированная свивка ¹	N	35NW т.е. (1–6–6+6/16)

Примечание:

¹N является дополнительным обозначением, которое стоит перед основным условным обозначением, например, NS обозначает комбинированный «сил», а NW – комбинированный «уоррингтон».

Для конструкций прядей, не указанных в табл. П6.2, обозначение пряди соответствует количеству проволок в пряди и форме пряди. Примеры обозначений приведены в табл. П6.3.

Таблица П6.3

Примеры обозначений прядей в соответствии с количеством проволок

Точная конструкция пряди	Обозначение пряди
Круглая прядь – параллельная свивка	
1–6–6F–12	37
1–7–7F–14	43
1–7–7–7F–14–14	50
1–8–8F–16–16	49
1–6/8F–16–16	49 или 55
1–9–9–9+9–18	55
1–6/9/9F–18–18	55 или 61
1–9–9–9F–18–18	64
Круглая прядь – комбинированная свивка	
1–7–7+7–14/20–20	76
1–9–9–9+9–18/24–24	103
Трехгранная прядь	
V–8	V9
V–9	V10
V–12/12	V25
B–12/12	V25B
B–12/15	V28B
Прядь с волоконным сердечником (как в обжатых/прокованных канатах с 3 и 4 прядями) FC–9/15 (овальная прядь в качестве сердечника каната 12×P6:3×Q24FC)	Q24FC
FC–12–12 (волоконный стержень)	24FC
FC–15–15	30FC
FC–9/15–15	39FC
FC–8–8+8–16	40FC
FC–12/15–15	42FC
FC–12/18–18	48FC

Условные обозначения сердечников однослойных канатов, стержней параллельно свитых канатов и центральные элементы малокрутящихся канатов должны соответствовать табл. П6.4

Таблица П6.4

Условные обозначения сердечников,
стержней параллельно свитых канатов и центральные
элементы малокрутящихся канатов

Предмет или элемент	Условное обозначение
Однослойный канат:	
Органический сердечник	FC
– сердечник из натурального волокна	NFC
– сердечник из синтетического волокна	SFC
– сердечник из массивного полимера	SPC
Стальной сердечник	WC
– сердечник проволочный	WSC
– проволочный сердечник отдельной свивки	IWRC
– проволочный сердечник из обжатых прядей	
отдельной свивки	IWRC(K)
– проволочный сердечник в полимерной оболочке	
отдельной свивки	EPIWRC
Канат параллельной свивки:	
– проволочный сердечник параллельной свивки	PWRC
– проволочный сердечник из обжатых прядей	
параллельной свивки	PWRC(K)
Малокрутящийся канат:	
центральный элемент:	
– волоконный сердечник	FC
– центральная прядь из проволок	WSC
– обжатая центральная прядь	KWSC

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Таблица П7

Соответствие канатов по отечественным и зарубежным стандартам

Россия	Германия	Япония	Англия	Франция
ГОСТ 2688-80	DIN 3059-72	JIS G3525-77 тип 36×19	BS 302 6×19(12/6/1) FC	NFA47-200-83 Группа 4 класс 6×19 орг. серд. (12+6+1)
ГОСТ 3062-80	DIN 3052-71	–	–	–
ГОСТ 3063-80	DIN 3053-72	–	–	–
ГОСТ 3064-80	DIN 3054-72	–	–	–
ГОСТ 3066-80	DIN 3055-72	–	BS 302 6×7(6/1) WSC	–
ГОСТ 3067-88	DIN 3060-72	–	BS 302 6×19(12/6/1) WSK	–
ГОСТ 3068-88	DIN 3066-72	–	–	–
ГОСТ 3069-80	DIN 3055-72	JIS G3525-77 тип 16×7	BS 302 6×7(6/1) FC	NFA47-200-83 Группа 1 класс 6×7 орг. серд. (6+1)
ГОСТ 3070-88	DIN 3060-72	JIS G3525-77 тип 36×19	BS 302 6×19(12/6/1) WSC	NFA47-200-83 Группа 4 класс 6×19 орг. серд. (12+6+1)
ГОСТ 3071-88	DIN 3066-72	JIS G3525-77 тип 66×37	BS 302 6×37(18/12/6/1) FC	NFA47-200-83 Группа 5 класс 6×37 орг. серд. (18+12+6+1)
ГОСТ 3077-80	DIN 3058-72	JIS G3525-77 тип 10 6×S (19)	BS 302 6×19(9/9/1) FC	–
ГОСТ 3079-80	–	JIS G3525-77 тип 226 6×WS (41)	–	–
ГОСТ 3081-80	DIN 3058-72	–	BS 302 6×19(9/9/1) WRC	–
ГОСТ 7668-80	DIN 3064-72	JIS G3525-77 тип 21 6×WC (36)	BS 302 6×36(14/7&7/7/1) FC	NFA47-200-83 Группа 3 класс 6×36 орг. серд. (14+7/7+7+1)
ГОСТ 7669-80	DIN 3064-72	–	BS 302 6×36(14/7&7/7/1) IWRC	NFA47-200-83 Группа 3 класс 6×36 орг. серд. (14+7/7+7+1)
ГОСТ 14954-80	DIN 3059-72	–	BS 302 6×19 (12/6+6F/1) IWRC	–
ГОСТ 16853-88	–	JIS G3525-77 тип 6×31	–	–

Обоснование возможности возбуждения поперечных колебаний струны каната при срабатывании предохранительного тормоза

Для описания колебаний ветвь шахтной подъемной установки можно представить системой с двумя степенями свободы – продольные перемещения ветви каната и поперечные перемещения струны каната. Каждое из указанных движений описывается обобщенной координатой. Математической моделью свободных колебаний будет система из двух дифференциальных уравнений относительно обобщенных координат. Общее решение системы дифференциальных уравнений строится как сумма главных колебаний, совершаемых с частотами свободных колебаний системы. Рассматриваемая система имеет две частоты свободных колебаний – частоту свободных продольных колебаний и частоту свободных поперечных колебаний.

Установлено, что продольные колебания ветви каната с максимальной амплитудой возникают после остановки подъемной машины (рис. П8.1). После остановки подъемной машины ветвь подъемной установки совершает свободные колебания, вызванные начальным возмущением – движением системы при торможении подъемной машины.

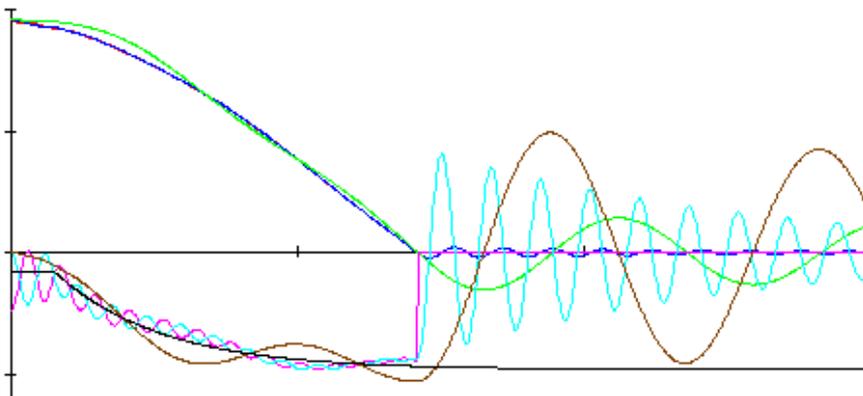


Рис. П8.1. Процесс предохранительного торможения

Амплитуда свободных колебаний определяется начальными значениями. Для дифференциального уравнения второго порядка начальные значения задают величину функции и ее первой производной. Частота свободных колебаний определяется соотношением физических параметров системы и не зависит от начальных значений,

$$\omega = \sqrt{\frac{C}{m}},$$

где C – эквивалентная жесткость подъемного каната, Нм^{-1} ; m – эквивалентная масса, кг.

Эквивалентная масса и жесткость изменяются с изменением положения подъемного сосуда:

$$C = \frac{EF}{H}; \quad m = m_c + \frac{1}{3}pH,$$

где E – модуль упругости канат, Па; F – площадь поперечного сечения всех проволок в канате, м^2 ; H – длина каната, м; m_c – масса подъемного сосуда и масса груза, кг; p – масса одного метра каната, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-1}$.

Продольные колебания ветви каната формируют поперечные колебания струны каната. Частота свободных поперечных колебаний струны каната зависит от натяжения, т. е. изменяется с изменением положения подъемного сосуда:

$$\psi = \sqrt{\frac{S(H)}{p} \left(\frac{\pi}{L}\right)^2},$$

где $S(H)$ – продольная сила (натяжение), приложенная к струне каната, Н; L – длина канат, м.

В системе с двумя степенями свободы, совершающей свободные колебания, возможно возникновение явления биения – периодического изменения амплитуды главных колебаний. Период изменения амплитуды превышает период главных колебаний. Условие возникновения биений – малое отличие частот свободных колебаний:

$$\psi - \omega \ll \omega.$$

При движении подъемного сосуда частоты свободных колебаний изменяются. Частота свободных продольных колебаний изменяется интенсивнее частоты свободных поперечных колебаний струны, и возможен случай выполнения условия возникновения биений. Покажем области возникновения биений при движении подъемного сосуда, рассматривая равенство частот, в условиях ОАО «Сильвинит» (СКРУ–1, ствол 2 бис, скиповая подъемная установка).

При определении частоты свободных продольных колебаний учитывалась полная длина каната от барабана подъемной машины до скипа. Для порожней ветви примерное равенство частот выполняется при нижнем положении подъемного сосуда (рис. П8.2).

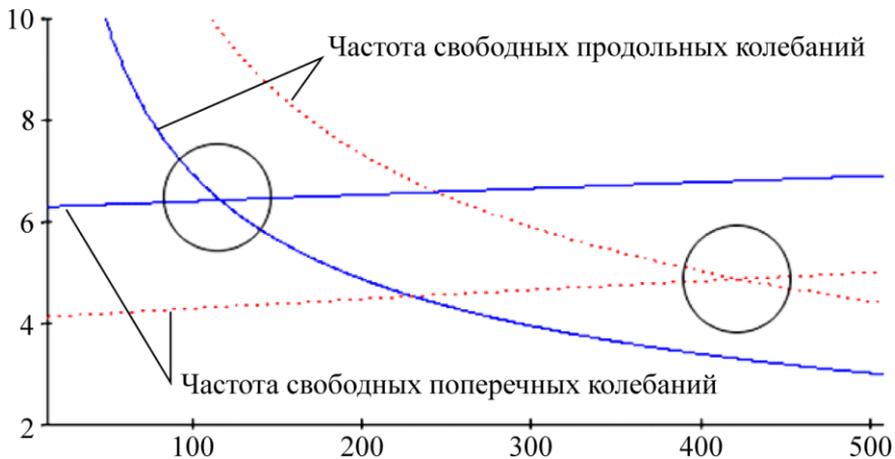


Рис. П8.2. Изменение частот свободных колебаний грузной и порожней ветвей:
 порожняя ветвь, — грузная ветвь

На рис. П8.3 показано влияние величины массы подъемного сосуда на положение области совпадения частот. С увеличением массы подъемного сосуда зона совпадения частот смещается вверх (в направлении подъема).

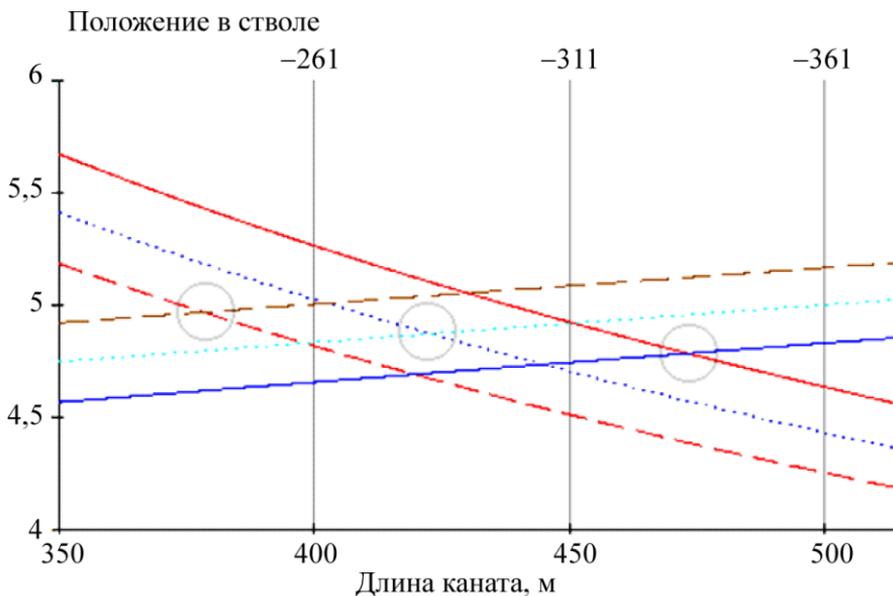


Рис. П8.3. Изменение частот порожней ветви при изменении массы скипа:
 — масса скипа 16 010 кг, масса скипа 17 789 кг,
 - - - - - масса скипа 19 568 кг

При возникновении явления биения энергия колебаний периодически перераспределяется между двумя главными колебаниями. Источником возникновения колебаний системы являются продольные колебания ветви

каната, сформированные при торможении подъемной машины. Энергия продольных колебаний зависит только от начальных значений обобщенной координаты (смещение скипа относительно положения равновесия) и ее первой производной (скорости скипа). Следовательно, амплитуда поперечных колебаний зависит от этих же параметров.

В рассмотренном примере для исключения биений струны каната следует избегать срабатывания предохранительного тормоза при нижнем положении порожнего подъемного сосуда.

Выводы:

1. Причиной возбуждения поперечных колебаний струны каната при срабатывании предохранительного тормоза является совпадение частот свободных продольных колебаний сосуда на канате и частоты свободных поперечных колебаний струны. В этом случае возможны биения струны каната, сопровождающиеся резким увеличением амплитуды колебаний.

2. Для исключения подобного явления необходимо оградить острые кромки в зоне поперечных перемещений струны каната, чтобы возможные в дальнейшем удары канатов приходились на поверхность, футерованную «мягким» материалом, имеющую радиус кривизны не менее 15 диаметров каната.

3. Вероятность ударов подъемных канатов может быть существенно снижена при выполнении «Технологического регламента эксплуатации шахтных подъемных установок и стволов» в части выполнения проверки срабатывания защит от превышения скорости. Проверки необходимо проводить при положении подъемных сосудов в середине ствола.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В.П., Сабинин Ю.А. Основы электропривода. – 2-е изд. перераб. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 772 с.
2. Бабаков И.М. Теория колебаний. – 2-е изд., перераб. – М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1965. – 559 с.
3. Бабенко А.Ф., Бекерский В.И. К вопросу о динамической долговечности стальных канатов // Стальные канаты. – Киев, 1966. – Вып. 3. – С. 140–145.
4. Бабенко А.Ф., Бекерский В.И. Учет влияния динамических нагрузок на долговечность стальных проволочных канатов // Стальные канаты. – Киев, 1967. – № 4. – С. 132–135.
5. Белый В.Д., Лесин К.К., Самарский А.Ф. Выбор, навеска, эксплуатация и контроль состояния шахтных канатов. – М.:Недра,1967. – 228 с.
6. Бекерский В.И. Динамическая долговечность стальных проволочных канатов. // Стальные канаты. – Киев, 1969. – Вып. 6. – С. 225–227.
7. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. – М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.
8. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
9. Веррет Р. Повреждение проволочных канатов в результате изгибной усталости и раздавливания на барабане // Бюллетень. МАЙСК. – Одесса: Астропринт, 2003. – № 5–6. – С. 15–39.
10. Воробель С.В., Трифанов Г.Д. Влияние диаграммы скорости на динамические нагрузки в системе «подъемный сосуд – жесткая армировка» и деформацию рамы подъемного сосуда // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. – № 12. – С. 16–19.
11. Глушко М.Ф. Стальные подъемные канаты. – Киев: Техника, 1966. – 328 с.
12. Горошко О.А., Савин Г.Н. Введение в механику деформируемых однородных тел переменной длины. – Киев: Наукова думка, 1971. – 224 с.
13. ГОСТ 3241-91. Канаты стальные. Технические условия.– М.: Госстандарт, 1992. – 22 с.
14. Гришко А.П. Стационарные машины. Т.1.: Рудничные подъемные установки. – М.: Изд-во МГГУ, 2006.– 477 с.
15. Давыдов Б.Л., Скородумов Б.А. Динамика горных машин. – М.: Госгортехиздат, 1961. – 335 с.

16. Дворников В.И., Журба А.В. Динамические усилия в головных канатах многоканатных подъемных установок при загрузке скипа // Шахтный подъем: сб. науч. тр. / ВНИИгорной механики. – Донецк, 1977. – № 44 – С. 32–38.

17. Димашко А.Д., Гершиков И.Я., Кривневич А.А. Шахтные электрические лебедки и подъемные машины: справочник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1973. – 364 с.

18. Динамика канатных и гидротранспортных подъемных комплексов горных предприятий / В.И. Самуся, С.Р. Ильин, В.Е. Кириченко, И.С. Ильина. – Днепропетровск: Изд-во Нац. горн. ун-та, 2015. – 302 с.

19. Динамика шахтных подъемных установок / В.И. Белобров, В.А. Дзензерский, В.И. Самуся, С.Р. Ильин. – Днепропетровск: Изд-во Днепропетр. ун-та, 2000. – 384 с.

20. Завозин Л.Ф. Шахтные подъемные установки. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра 1975. – 368 с.

21. Измеритель износа стальных канатов ИИСК-5В: руководство по эксплуатации 1498.00.00.000 РЭ. – Сумы: Облполиграфиздат, 1985. – 55 с.

22. Ильин С.Р., Ильина С.С., Самуся В.И. Механика шахтного подъема. – Днепропетровск: Изд-во Нац. горн. ун-та, 2014. – 247 с.

23. Ильин С.Р., Трифанов Г.Д. Динамическая диагностика систем «сосуд–армирование» вертикальных шахтных стволов // Горное оборудование и электромеханика. – 2009. – №8. – С. 29–34.

24. Ильин С.Р., Трифанов Г.Д., Воробель С.В. Комплексные экспериментальные исследования динамики скипов рудоподъемного ствола // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. – № 5. – С. 30–35.

25. Инструкция по эксплуатации стальных канатов в шахтных стволах (РД03–439-02). Сер. 03. Вып. 13 / ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России» – М., 2002. – 216 с.

26. Инструкция по эксплуатации канатов в шахтных стволах калийных рудников ОАО «Уралкалий» / сост. А.П. Кошкин, Г.Д. Трифанов [и др.]; ОАО «Уралкалий». – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 98 с.

27. Карпышев Н.С. Тормозные устройства шахтных подъемных машин. – М.: Недра, 1968. – 248 с.

28. Католиков В.Е., Динкель А.Д., Седунин А.М. Тиристорный электропривод с реверсом возбуждения двигателя рудничного подъема – М.: Недра, 1990. – 382 с.

29. Киричок Ю.Г., Чермалых В.М. Привод шахтных подъемных установок большой мощности. – М.: Недра, 1972. – 336 с.

30. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени / под ред. А.П. Гусенкова. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1993. – 364 с.
31. Когаев В.П. Статистические закономерности усталости металлов: автореф. дис. д-ра техн. наук. – М.: Изд-во ИМАШ, 1968. – 55 с.
32. Когаев В.П. Усталость и несущая способность узлов и деталей машин при стационарном и нестационарном переменном нагружении. – М.: Машиностроение, 1968. – 134 с.
33. Колебания в инженерном деле / С.П. Тимошенко [и др.] – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.
34. Комаров М.С. Динамика механизмов и машин. – М.: Машиностроение, 1969. – 206 с.
35. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1984. – 831 с.
36. Корсун В.А., Курченко Е.М. Методика комплексного обследования функционирования тормозных систем подъемных машин // Уголь Украины. – 2005. – № 3. – С. 17–19.
37. Кошкин А.П., Озорнин М.С., Трифанов Г.Д. Роль технологических регламентов в практике проектирования и эксплуатации шахтных подъемных установок // Горное оборудование и электромеханика. – 2012. – № 11. – С. 33–38.
38. Кошкин А.П., Трифанов Г.Д. Канаты для подъемных установок: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 107 с.
39. Ксюнин Г.П., Катаев Б.Л. Влияние динамических напряжений на стойкость канатов // Прочность и долговечность стальных канатов. – Киев: Техника, 1975. – С. 101–104.
40. Курган О.И. Об оценке величины динамических усилий, возникающих в рудничном подъемном канате при загрузке скипа на весу // Известия вузов. Горный журнал. – 1976. – № 4. – С. 122–125.
41. Латыпов И.Н. Шахтные подъемные установки (безопасность эксплуатации). – Уфа: Гилем, 2005. – 360 с.
42. Левин Л.Т. О колебаниях струны шахтного подъемного каната в связи с вопросом об определении длины струны и ее угла наклона к горизонту // Вопросы горной механики: труды Ин-та горного дела им. М.М. Федорова. – Киев: Изд-во АН УССР, 1956. – С. 24–27.
43. Манец И.Г., Грядущий Б.А., Левит В.В. Техническое обслуживание и ремонт шахтных стволов. – Донецк: Юго-Восток, 2008. – 596 с.

44. Манец И.Г., Грядущий Б.А., Левит В.В. Техническое обслуживание и ремонт шахтных стволов: в 2 т. – 4-е изд., перераб. и доп. – Донецк: Юго-Восток, 2010. – Т. 1. – 409 с.; Т. 2. – 330 с.

45. Мархель И.И. Крановые канаты: пособие механику. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983 – 128 с.

46. Меркин Д.Р. Введение в механику гибкой нити. – М.: Наука, 1980. – 240 с.

47. Методика расчета критической, защитной и рабочей тахограмм шахтных подъемных установок / МУП СССР, ВНИИГИ им. М.М. Федорова. – Донецк, 1984. – 54 с.

48. Методические указания к расчету тормозного момента и проверочному расчету на скольжение канатов в режимах предохранительного торможения подъемных машин со шкивами трения / НИИГМ им. М.М. Федорова. – Донецк, 1989. – 154 с.

49. Методические указания о порядке проведения испытаний стальных канатов на канатно-испытательных станциях (РД-15-12-2007) (утв. приказом Ростехнадзора от 31.07.07 № 522). Сер. 05. Вып. 16 / Ш.М. Тугуз, В.Л. Беляк, В.И. Завгородний, С.Н. Подображин, Г.Д. Трифанов; ОАО «НТЦ по промышленной безопасности». – М., 2007. – 100 с.

50. Методические указания о порядке продления срока службы технических устройств, зданий и сооружений с истекшим нормативным сроком эксплуатации в горнорудной промышленности: (РД 06-565-03). Сер. 06. Вып. 2; Научно-технический центр по безопасности в промышленности. – М., 2008. – 40 с.

51. Методические указания по определению остаточного ресурса шахтных подъемных машин, работающих с превышением расчетного срока эксплуатации. МК 14-2007. Общие положения / сост. С.А. Тимухин, Ю.В. Попов [и др.]. – Екатеринбург, 2007. – 24 с.

52. Методические указания по проведению экспертизы промышленной безопасности сосудов шахтных подъемных установок (РД-15-05-2006) (утв. приказом Ростехнадзора от 26.02.06 № 126) / сост. Г.Д. Трифанов, В.Л. Беляк, Ю.Д. Фирстов, Е.В. Будалин, А.П. Никулин // Безопасность труда в промышленности. – 2006. – № 6. – С. 73–80.

53. Методические указания по проведению экспертных обследований шахтных подъемных установок (РД 03-422-01) / Гос. унитарное предприятие «Научно-технических центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России». – М., 2001. – 172 с.

54. Методы и средства натурной тензометрии: справочник / М.Л. Дайчик, Н.И. Пригоровский, Г.Х. Хуршудов. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.

55. Мищенко А.П., Нечаев В.П. Экспериментальные исследования движения сыпучих материалов при разгрузке шахтных скипов. – Днепропетровск, 1976. – 9 с. (Деп. в ВИНТИ № 1965-76 Деп.).

56. Неисправности шахтных подъемных установок / В.Р. Бежок, Р.Я. Грузутин, В.Г. Калинин, Б.Н. Чайка. – М.: Недра, 1991. – 368 с.

57. Немцов М.В., Трифанов Г.Д. Дефектоскоп для контроля состояния стальных канатов КД-1 // Горный журнал. – 1998. – № 1. – С. 70–72.

58. Немцов М.В., Трифанов Г.Д. К вопросу о метрологическом обеспечении магнитной дефектоскопии стальных канатов // Горное оборудование и электромеханика. – 2012. – № 1. – С. 29–32.

59. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий металлургии с подземным способом разработки. ВНТП 13-2-93 / Комитет РФ по металлургии. – СПб., 1993.

60. Общесоюзные нормы технологического проектирования шахтных подъемных установок. ОНТП 5-86 (утв. Минуглепромом СССР 31 марта 1986 г. по соглас. с Госстроем СССР и Госгортехнадзором СССР) / Минуглепром СССР. – М., 1986. – 26 с.

61. Изменения общесоюзных норм технологического проектирования шахтных подъемных установок ОНТП 5-86 (утв. Минуглепромом СССР 15 сентября 1987 и соглас. с Госгортехнадзором СССР) / Минуглепром СССР. – М., 1987. – 20 с.

62. О локализации мест интенсивного износа стальных канатов на грузоподъемных машинах / В.А. Малиновский, Н.Ф. Малявицкий, Л.Д. Соломкин, А.А. Мищенко // Стальные канаты: сб. науч. тр. № 3. Междунар. ассоц. исследователей стальных канатов (МАИСК) – Одесса: Астропринт, 2003. – С. 270 – 279.

63. Оплатка Г., Фольмер М. Почему лопнул канат, а не оторвалось крыло? // Бюллетень МАИСК. № 1. – Одесса: Астро-Принт, 2001. – С. 45–49.

64. Опыт эксплуатации шахтных подъемных установок, оснащенных регистратором параметров / Г.Д. Трифанов [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. – № 12. – С. 6–11.

65. Определение ресурса стальных канатов рудничной подъемной установки / Г.Д. Трифанов, Д.В. Нижанковский, А.А. Князев, А.П. Кошкин // Стальные канаты: сб. науч. тр. № 2 / Междунар. ассоц. исследователей стальных канатов (МАИСК). – Одесса: Астропринт, 2001. – С. 247–249.

66. Пат. № 2460995 Рос. Федерация, МПК G01N 27/00. Способ неразрушающего контроля площади поперечного сечения по металлу, обнаружения локальных дефектов, измерения шага свивки прядей, координаты вдоль оси канатов из стальной ферромагнитной проволоки и устройство

для его осуществления / М.В. Немцов, Г.Д. Трифанов, А.А. Князев; заяв. и патентооблад. ООО «Региональный канатный центр». – № 2010150214, заявл. 07.12.2010; опубл. 10.09.2012 Бюл. № 25. – 10 с.: ил.

67. Песвианидзе А.В. Расчет шахтных подъемных установок. – М.: Недра, 1990. – 250 с..

68. Попов Ю.В. Определение остаточного ресурса шахтных подъемных машин, работающих с превышением нормативного срока эксплуатации // Горный информационно-аналитический бюллетень (науч.-техн. журнал). Отдельный выпуск №16: Горная механика и транспорт. – М.: Изд-во: Горная книга, 2009. – С. 317–321.

69. Попов Ю.В., Тимухин С.А. О прогнозе этапов структурного кризиса комплексов шахтных подъемных установок // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. – № 11. – С. 10–12.

70. Порядок продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений на опасных производственных объектах (утв. прик. М-ва природных ресурсов и экологии РФ от 30.06.09 № 195, зарег. Минюстом РФ 28.09.09, рег. № 14894). – М., 2009.

71. Почтовенко Ю.Е. О возможности резонанса в струне каната при многослойной навивке // Горная электромеханика и автоматика. Вып. 3. – Харьков: Изд-во ХГУ, 1965 – С. 30–33.

72. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. – М.: Недра, 1976. – 303 с.

73. Правицкий Н.К. Рудничные подъемные установки. – М.: Госгортехиздат, 1963. – 416 с.

74. Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок / под общ. ред. В.А. Корсуна, Г.Д. Трифанова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 616 с.

75. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту шахтных подъемных установок. – М.: Недра, 1983. – 231 с.

76. Руководящий документ. Канаты стальные. Контроль и нормы браковки. РД РОСЭК 012-97. – 49 с.

77. Савин Г.Н., Горошко О.А. Динамика нити переменной длины. – Киев: Изд-во АН УССР, 1962. – 332 с.

78. Самородов А.И., Евдокимов А.И., Обухов А.Н. Безопасные параметры струны подъемного каната в вертикальных стволах // Уголь Украины. – 1979. – № 4. – С.38.

79. Самуся С.В., Ильин С.Р. Экспериментальные исследования взаимных колебаний струны и отвеса каната мобильной спасательной подь-

емной установки в режиме предохранительного торможения / «Стальные канаты»: сб. науч. тр. № 7 / Междунар. ассоц. исследователей стальных канатов (МАИСК). – Одесса: Экологія, 2009. – С. 77–81.

80. Сергеев С.Т. Надежность и долговечность подъемных канатов. – Киев: Техника, 1968. – 240 с.

81. Сергеев С.Т. Стальные канаты. – Киев: Техника, 1979. – 325 с.

82. Серенсен С.В., Когаев В.П., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность: руководство и справочное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1975. – 488 с.

83. Совершенствование дефектоскопа для контроля состояния стальных канатов / В.Е. Винокуров, А.А. Князев, А.П. Кошкин, Г.Д. Трифанов // Дефектоскопия. – 1999. – № 6. – С 55–62.

84. Стационарные установки шахт / под ред. Б.Ф. Братченко. – М.: Недра, 1977. – 440 с.

85. Степанов А.Г. Динамика шахтных подъемных установок. – Пермь: Изд-во УрО РАН, 1994. – 203 с.

86. Степанов А.Г., Ольховиков Ю.П., Трифанов Г.Д. Экспериментальные исследования динамики скипового подъема // Известия вузов. Горный журнал. – 1982. – № 3. – С. 82–84.

87. Стрелков М.А., Кузнецов В.С. Оценка остаточного ресурса шахтной подъемной установки с учетом информации регистратора параметров // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. трудов VII Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. – С. 108–112.

88. Стрелков М.А., Кузнецов В.С. Применение регистраторов параметров для оценки остаточного ресурса шахтных подъемных установок // Горный информац.-аналит. бюллетень (науч.-техн. журнал). Отд. вып. № 16: Горная механика и транспорт. – М.: Горная книга, 2009. – С. 332–339.

89. Стрелков М.А. Определение характеристик шахтных подъемных установок по данным регистратора параметров // Научные исследования и инновации. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – Т. 4, № 1. – С. 100–104.

90. Супрунов В.Ф. Привод постоянного тока шахтных подъемных машин. – М.: Недра, 1978. – 213 с.

91. Технологический регламент эксплуатации шахтных подъемных установок и стволов ОАО «Сильвинит» / сост. А.П. Кошкин, Г.Д. Трифанов [и др.]; ОАО «Сильвинит». – Соликамск, 2010. – 110 с.

92. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.

93. Траубе Е.С., Найдено И.С. Тормозные устройства и безопасность шахтных подъемных машин. – М.: Недра, 1980. – 256 с.
94. Трифанов Г.Д. Методы и средства контроля и оценки состояния горно-шахтного оборудования // Промышленность и безопасность. – 2012. – № 12. – С. 49–51.
95. Трифанов Г.Д. Наладка тормозной системы шахтных подъемных установок с помощью аппаратуры «Силькан» // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. – № 12. – С. 20–23.
96. Трифанов Г.Д. Поперечные колебания струны каната подъемной установки при предохранительном торможении // Известия вузов. Горный журнал. – 1984. – № 2. – С. 74–77.
97. Трифанов Г.Д. Повышение эффективности и безопасности эксплуатации шахтных подъемных установок // Горное оборудование и электромеханика. – 2009. – № 7. – С. 49–51.
98. Трифанов Г.Д. Расшифровка и анализ записей регистраторов параметров шахтных подъемных установок. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009. – 154 с.
99. Трифанов Г.Д. Сопряженное моделирование динамических процессов при наладке шахтных подъемных установок с помощью аппаратуры «Силькан» // Известия Урал. гос. горного ун-та. Вып. 27–28. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012. – С. 88–92.
100. Трифанов Г.Д. Установление условий гарантии на стальные канаты // Стальные канаты: сб. науч. тр. №4 / Международная ассоциация исследователей стальных канатов (МАИСК). – Одесса: Астропринт, 2005. – С. 211–215.
101. Трифанов Г.Д., Князев А.А. Внедрение приборов безопасности на действующих шахтных подъемных установках // Рудник будущего/ЗУМК–Инжиниринг. – Пермь, 2010. – № 4. – С. 53–55.
102. Трифанов Г.Д., Князев А.А., Трифанов М.Г. Аппаратура контроля натяжения канатов шахтной подъемной установки «Тулым» // Горное оборудование и электромеханика. – 2012. – № 11. – С. 39–40.
103. Трифанов Г.Д., Кошкин А.П. Возможности увеличения срока службы шахтных подъемных канатов // Стальные канаты: сб. науч. тр. № 3 / Международная ассоциация исследователей стальных канатов (МАИСК). – Одесса: Астропринт, 2003. – С. 220–223.
104. Трифанов Г.Д., Кошкин А.П., Воробель С.В. Повышение долговечности шахтных подъемных канатов калийных рудников // Известия вузов Сев.-Кавк. региона. Технические науки. Спецвып.: Проблемы горной электромеханики. – 2005. – С. 138–142.

105. Трифанов Г.Д., Кошкин А.П., Харламов Г.А. Опыт эксплуатации канатов с металлическим сердечником на скиповых подъемных установках ОАО «Уралкалий» // Стальные канаты: сб. науч. тр. № 2 / Междунар. ассоциация исследователей стальных канатов (МАИСК). – Одесса: Астропринт, 2001. – С. 239–246.

106. Трифанов Г.Д., Кузнецов В.С. Определение предельных амплитуд поперечных колебаний струны каната // Стальные канаты: сб. науч. тр. № 6 / Междунар. ассоциация исследователей стальных канатов (МАИСК). – Одесса: Астропринт, 2008. – С. 108–114.

107. Трифанов Г.Д., Кузнецов В.С. О причинах повреждения шахтных подъемных канатов на участке струны // Горное оборудование и электромеханика. – 2013. – № 11. – С. 33–35.

108. Трифанов Г.Д., Кузнецов В.С. Поперечные колебания струны каната шахтной подъемной установки при торможении // Стальные канаты: сб. науч. тр. № 7 / Междунар. ассоциация исследователей стальных канатов (МАИСК). – Одесса: Экологія, 2009. – С. 71–76.

109. Трифанов Г.Д., Стрелков М.А. Оценка влияния предохранительного торможения на состояние стального каната шахтной подъемной установки // Горное оборудование и электромеханика. – 2012. – № 11. – С. 26–32.

110. Трифанов Г.Д., Панчева П.Г. Опыт эксплуатации шахтных подъемных установок в ОАО «Уралкалий» // Горный информационно-аналитический бюллетень – 2004. – № 11. – С. 250–252.

111. Трифанов Г.Д., Трифанов М.Г., Барашков Д.В. Диагностический модуль работы шахтной подъемной установки на базе регистратора параметров РПУ-03.5 // Проблемы рационального природопользования : материалы междунар. науч.-техн. конф., г. Пермь, 29–31 октября 2008 г. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – С. 356–363.

112. Трифанов М.Г., Барашков Д.В. Ограничитель скорости ОС-5 // Горное оборудование и электромеханика. – 2012. – № 11. – С. 18–21.

113. Усталостный расчет элементов конструкций горных машин с учетом деградации свойств конструкционных материалов при циклическом нагружении / В.И. Миронов, А.В. Якушев, О.А. Лукашук, Г.А. Боярских // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. – №3. – С. 46–50.

114. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Сер. 05. Вып. 40 / ЗАО «Науч.-техн. центр исследований проблем промышленной безопасности». – М., 2014. – 200 с.

115. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке

твердых полезных ископаемых». Сер. 03. Вып. 78 / ЗАО «Науч.-техн. центр исследований проблем промышленной безопасности». – М., 2014. – 276 с.

116. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (в действ. ред. от 21 декабря 2014 г.). – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2015. – 56 с.

117. Федеральный закон РФ от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» // Собрание законодательства РФ. – 2008. – № 26, ст. 3021.

118. Федоров М.М. Шахтные подъемные установки. – М.: Недра, 1979. – 309 с.

119. Федорова З.М., Курган О.И. Методика расчета увеличения долговечности подъемных канатов при снижении динамических нагрузок при подъеме // Известия вузов. Горный журнал. – 1978. – № 1. – С. 119–122.

120. Флоринский Ф.В. Динамика шахтного подъемного каната. – М.: Углетехиздат, 1955. – 239 с.

121. Флоринский Ф.В., Колосов Л.В., Обухов А.Н. О поперечных колебаниях струны каната подъемной установки // Стальные канаты. – Киев, 1971. – № 8. – С. 236–239.

122. Чермалых В.М., Родькин Д.И., Каневский В.В. Системы электропривода и автоматики рудничных стационарных машин и установок. – М.: Недра, 1976. – 398 с.

123. Шахтный подъем / В.Р. Бежок, В.И. Дворников, И.Г. Манец, В.А. Пристром. – Донецк: Юго-Восток, Лтд, 2007. – 624 с.

124. Эксплуатация регистратора параметров шахтной подъемной установки / Г.Д. Трифанов, А.А. Князев, А.П. Кошкин, А.Н. Минькин // Безопасность труда в промышленности. – 2004. – № 7. – С. 19–20.

125. Электрооборудование шахтных подъемных машин/ Ю.Т. Калашников, В.Е. Католиков, Г.И. Шпильберг [и др.]. – М.: Недра, 1986. – 285 с.

126. Эффективность неразрушающего контроля канатов на угольных шахтах Украины / В.И. Бережинский [и др.]. // Стальные канаты: сб. науч. тр. № 5 / Междунар. ассоциация исследователей стальных канатов (МАИСК) – Одесса: Астропринт, 2007. – С. 142 – 145.

127. Яблонский А.А., Норейко С.С. Курс теории колебаний. – М.: Высшая школа, 1975. – 248 с.

Научно-производственное издание

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Редактор и корректор *И.Н. Жеганина*

Подписано в печать 1.10.2015. Формат 70×100/16.
Усл. печ. л. 25,5. Тираж 500 экз. Заказ № 186/2015.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел.: (342) 219-80-33