

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»

Механіко-машинобудівний факультет

Кафедра гірничої механіки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

дипломної роботи

магістра

спеціальність 184 Гірництво

освітня програма Розробка родовищ та видобування корисних копалин

професійна кваліфікація 2147.2 Інженер з гірничих робіт

на тему: Обґрунтування параметрів удосконаленої гальмівної системи шахтних багатоканатних підйомних машин

Виконавець: студент 5 курсу групи 184М-16-1

Новостройний Олександр Валерійович

(підпис)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	проф. Самуся В.І.		
розділів:			
Стан питання та постановка задач дослідження	проф. Самуся В.І.		
Моделювання запобіжного гальмування в багатоканатній підйомній установці	проф. Самуся В.І.		
Розробка технічних рішень з вдосконалення гальмівної системи шахтних підйомних машин	проф. Самуся В.І.		
Оцінка навантаження на армування шахтного ствола	проф. Самуся В.І.		
Охорона праці	доц. Литвиненко А.А.		
Рецензент	проф. Колосов Д.Л.		
Нормоконтроль	проф. Ванжа Г.К.		

Дніпропетровськ
2018

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»

ЗАТВЕРДЖЕНО:
Завідувач кафедри
гірничої механіки

_____ проф. Самуся В.І.

« » жовтня 2017 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи магістра

спеціальності 184 Гірництво

студенту гр. 184м-16-1 Новостройному Олександрю Валерійовичу

Тема дипломної роботи Обґрунтування параметрів удосконаленої гальмівної системи шахтних багатоканатних підйомних машин

1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора ДВНЗ «НГУ» від 06.12.2017 № 2015-л

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Об'єкт досліджень динамічні процеси в багатоканатних підйомних машинах в режимі запобіжного гальмування.

Предмет досліджень динамічні параметри багатоканатної підйомної машини при гальмуванні судини з вантажем.

Мета НДР розробка й обґрунтування способу зниження динамічних навантажень в канатній системі шахтних підйомних установок при запобіжному гальмуванні.

Вихідні дані для проведення роботи матеріали виробничої та переддипломної практик, літературні та патентні джерела, інформація з мережі «Internet».

3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Наукова новизна полягає в розробці математичної моделі запобіжного гальмування багатоканатної підйомної установки, визначенні впливу сил опору руху посудини з вантажем на величину динамічних навантажень в канаті в процесі запобіжного гальмування, а також отримання виразу для розрахунку раціональної величини гальмівного зусилля, прикладеного до посудини, необхідного для усунення динамічного перевантаження каната.

Практична цінність отриманих результатів полягає в удосконаленні гальмівної системи шахтних підйомних установок і зниження динамічних навантажень в

канаті.

4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Результати досліджень та розроблені технічні рішення повинні відповідати вимогам «Правил безпеки» і «Правил технічної експлуатації вугільних і сланцевих шахт».

5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Огляд літературних джерел з проблеми вдосконалення шахтних підйомних установок та постановка задач дослідження	02.10.17-15.10.17
Аналіз результатів досліджень режимів роботи шахтної підйомної установки для різних умов	16.10.17-31.10.17
Розробка математичної моделі багатоканатної підйомної установки	1.11.17-20.11.17
Обґрунтування і розробка технічних рішень щодо вдосконалення гальмівної системи шахтної підйомної установки	21.11.17-10.12.17
Охорона праці	11.12.17-25.12.17

6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект – так як робота має соціальну спрямованість на підвищення безпеки експлуатації шахтних підйомних установок, розрахунок економічного ефекту не проводився.

Соціальний ефект – полягає в підвищенні надійності та безпеки експлуатації шахтних підйомних комплексів.

7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

Завдання видав _____ проф. Самуся В.І.

Завдання прийняв до виконання _____ Новостройний О. В.

Дата видачі завдання: « » жовтня 2017 р.

Термін подання дипломного проекту до ЕК « » січня 2018 р.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 63 с.; 15 рис., 8 табл., 21 источника литературы.

Цель работы – обоснование параметров усовершенствованной тормозной системы шахтных многоканатных подъемных машин.

Объект исследования – динамические процессы в многоканатных подъемных машинах в режиме предохранительного торможения.

Предмет исследований – динамические параметры многоканатной подъемной машины при торможении сосуда с грузом.

Методы исследования – теоретический и экспериментальный.

Полученные результаты и новизна:

1. Рассмотрены основные способы снижения динамических нагрузок в канатах при предохранительном торможении и их недостатки.

2. Доказано, что силы сопротивления играют положительную роль при предохранительном торможении в многоканатных подъемных установках с канатоведущим шкивом трения в режиме спуска груза.

3. Произведено математическое моделирование предохранительного торможения с подтормаживанием сосуда с грузом по параметрам действующей шахтной многоканатной подъемной установки.

4. Определена рациональная величина тормозного усилия, приложенного к подъемному сосуду для снижения динамических нагрузок в канатах для многоканатных шахтных подъемных установок.

Эффективность - установлено, что предохранительное торможение с подтормаживанием сосуда в режиме подъема груза позволит снизить динамические усилия в канатах, а также уменьшит вероятность возникновения проскальзывания канатов после стопорения подъемной машины. Разработан способ контроля запаса источника энергии для срабатывания исполнительного механизма тормоза сосуда с грузом.

Данная схема позволяет машинисту подъемной машины контролировать запас источника энергии необходимый для работы тормозного устройства. Усовершенствована конструкция исполнительного механизма тормозного устройства для соблюдения правил техники безопасности.

Область применения – шахтные высокопроизводительные подъемные комплексы.

Так как работа имеет социальную направленность на повышение безопасности эксплуатации шахтных подъемных установок, расчет экономического эффекта не производился.

ШАХТНАЯ ПОДЪЕМНАЯ УСТАНОВКА, ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ, ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ТОРМОЖЕНИЕ СОСУДОМ.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РЕЖИМОВ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ ШПУ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ	12
1.1 Основные этапы протекания предохранительного торможения в шахтных подъемных установках и предъявляемые к ним требования	12
1.2 Основные способы осуществления предохранительного торможения, применяемые в шахтных подъемных установках	14
1.3 Предлагаемые способы снижения динамических нагрузок в канате при предохранительном торможении	18
1.4 Цели и задачи исследования	21
2 АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ В ШПУ	23
2.1 Предохранительное торможение в многоканатной подъемной машине с канатоведущим шкивом трения.....	23
2.2 Устройство одновременного торможения подъемной машины и сосуда с грузом в процессе предохранительного торможения	25
2.3 Моделирование предохранительного торможения в многоканатной подъемной установке	29
3 РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ.....	40
3.1 Совершенствование контроля запаса энергии в приводе исполнительного механизма торможения сосуда с грузом.....	40
3.2 Совершенствование конструкции исполнительного механизма торможения сосуда с грузом	43
4 ОЦЕНКА НАГРУЗКИ НА АРМИРОВКУ ШАХТНОГО СТВОЛА	52
5 ОХРАНА ТРУДА	58
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов, техника безопасности при эксплуатации и обслуживании подъемной установки.....	58
5.2 Защита обслуживающего персонала от поражения электрическим током...	62
5.3 Противопожарное оборудование подъёмной установки	64

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК.....	70

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Шахтные подъемные установки 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.

Основным несущим и наиболее подверженным износу элементом шахтной подъемной установки является стальной канат. Установлено [10], что около 30 % аварий сопровождаются обрывом подъемного каната, групповым смертельным травматизмом, нарушением армировки ствола, перекрытием зумпфа, выходом из строя подъемного сосуда.

Повышение срока службы стальных канатов идет двумя путями:

- 1) изменение свойств каната (применение новых материалов, совершенствование конструкции каната, изменения в технологии изготовления каната и т. д.);
- 2) изменение условий эксплуатации стального каната (снижение динамических нагрузок, обслуживание каната и т.д.).

Динамические нагрузки, возникающие в рабочем режиме работы шахтной подъемной установки, являются незначительными, однако они постепенно приводят к «старению» каната. Наиболее опасные динамические нагрузки возникают в процессе предохранительного торможения, необходимость которого возникает вследствие различных отклонений в работе подъемной установки (застревание порожнего скипа или противовеса в стволе, срабатывание ограничителя скорости, срабатывание различных защит и блокировок).

Влияние динамических нагрузок в канате во время предохранительного торможения опасно по двум причинам:

- 1) перегрузки, действующие в канате во время предохранительного торможения, могут привести к его обрыву или потери работоспособности;
- 2) частое осуществление предохранительного торможения является причиной повышенного усталостного износа стальных канатов.

Оценка влияния случаев предохранительного торможения на долговечность стальных канатов приведена в работе Г.Д. Трифанова [18]. Там говорится, что предохранительное торможение во время работы шахтной подъемной машины уменьшает срок службы канатов до 30 %.

Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что повышение долговечности канатов путем снижения динамических нагрузок при предохранительном торможении является актуальной задачей.

Идея работы состоит в том, что снижение динамических нагрузок в канате в процессе предохранительного торможения обеспечивается путем создания подтормаживающего усилия в сосуде при работе шахтной подъемной установки в режиме подъема груза.

Цель работы заключается в обосновании параметров усовершенствованной тормозной системы шахтных подъемных машин.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие **задачи исследования**:

- 1) анализ литературных и патентных источников.
- 2) теоретический анализ воздействия сил сопротивления движению сосуда с грузом на величину динамических нагрузок в канате в процессе предохранительного торможения.
- 3) определение рациональной величины тормозного усилия, приложенного к подъемному сосуду для снижения динамических нагрузок в канатах для многоканатных шахтных подъемных установок.

4) математическое моделирование предохранительного торможения с подтормаживанием сосуда с грузом в действующих шахтных подъемных установках.

5) разработка схемы управления и настройки тормозной системы шахтных подъемных установок при осуществлении предохранительного торможения и подтормаживания подъемных сосудов.

Объект исследования – динамические процессы в многоканатных подъемных машинах в режиме предохранительного торможения.

Предмет исследования – параметры многоканатной подъемной машины при торможении сосуда с грузом.

Научные положения и результаты, что выносятся на защиту, их новизна:

1. Силы сопротивления играют положительную роль при предохранительном торможении в многоканатных подъемных установках с канатоведущим шкивом трения в режиме спуска груза.

2. Воздействие подтормаживающей силы, равной произведению массы сосуда с грузом на ускорение среднего замедления за вычетом половины ускорения разгона в рабочем цикле, приводит к снижению усилий в канатной системе шахтных подъемных установок, величина которых не превышает допустимых значений.

Научное значение полученных результатов состоит в разработке математической модели предохранительного торможения многоканатной подъемной установки; определении влияния сил сопротивления на первый максимум усилия в канате, возникающий после стопорения подъемной машины; определении выражения для расчета рациональной величины тормозного усилия, приложенного к сосуду, необходимого для устранения динамической перегрузки каната.

Практическое значение работы состоит в совершенствовании процесса торможения шахтных подъемных установок и снижении динамических нагрузок в канате.

Результаты магистерской работы позволяют получить:

- методику расчета необходимой и достаточной подтормаживающей силы, приложенной к сосуду с грузом в процессе предохранительного торможения, обеспечивающей снижение динамических нагрузок в канатной системе шахтных подъемных установок до допустимых значений;
- усовершенствованную тормозную систему шахтных подъемных установок с обоснованными параметрами

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным использованием методов теоретической механики, сравнением и удовлетворительной сходимостью теоретических результатов с данными численного моделирования на основе технических характеристик, действующих шахтных подъемных установок.

1 АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РЕЖИМОВ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ ШПУ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Основные этапы протекания предохранительного торможения в шахтных подъемных установках и предъявляемые к ним требования

Одной из важных функций тормозной системы является полная остановка на возможно коротком пути при нарушении нормального режима работы.

Обычно процесс торможения проходит через три основных этапа [6]:

- 1) период холостого хода;
- 2) период нарастания тормозного усилия;
- 3) период торможения с установившимся усилием.

Период холостого хода, также часто называют периодом свободного выбега. Продолжительность холостого хода - это время, протекающее с момента разрыва цепи защиты до момента появления усилия в исполнительном органе тормоза [6].

Период холостого хода начинается с отключения электродвигателя, что приводит к возникновению колебаний во время свободного выбега подъемной установки. После отключения двигателя возникают колебания ускорения барабана и сосуда вокруг среднего ускорения свободного выбега. При этом усилие в канате ослабляется [17].

Продолжительность холостого хода предохранительного торможения действующих подъемных машин не должна превышать [21]:

- 0,5 с. – при грузопневматическом и пружинно-пневматическом грузовом приводе тормоза;

- 0,6 с. – при грузогидравлическом приводе тормоза;
- 0,3 с. – при пружинно-пневматическом и пружинно-гидравлическом приводах тормоза, а также для всех вновь создаваемых конструкций тормозных устройств.

В период нарастания тормозного усилия возникают колебания из-за того, что тормозное усилие прикладывается только к приводному барабану, поэтому скорость вращения барабана и путь, проходимый им за единицу времени будут отличаться от скорости и перемещения сосуда за это же период.

Период нарастания тормозного усилия характеризуется временем срабатывания тормоза. Под временем срабатывания тормоза понимают время, протекающее с момента разрыва цепи защиты до момента нарастания тормозного усилия до величины, равной статическому усилию (разности статических натяжений канатов) [21].

При этом время срабатывания предохранительного тормоза (с учетом времени холостого хода) не должно превышать 0,8 с. [21].

Период торможения с установившимся тормозным усилием будет определяться условиями, сложившимися в конце периода нарастания тормозного усилия.

Также существуют ограничения, накладываемые на величину среднего замедления подъемной установки. На вертикальных подъемных установках замедление должно быть не ниже $1,5 \text{ м/с}^2$ при спуске и не более 5 м/с^2 при подъеме расчетного груза; кроме того, замедления не должно превышать предела, обусловленного скольжением каната в системах подъема со шкивом трения. Ограничения среднего замедления при подъеме груза накладываются для того, чтобы не допустить снижения усилия в канате до нуля и исключить возникновение набегания поднимающегося сосуда на канат [21].

Не рекомендуется при выборе величины замедления ориентироваться на допускаемые крайние значения, так как они регламентировались из условия отсутствия регулирования тормозного усилия.

Коэффициент статической надежности тормоза при предохранительном торможении, представляющий собой отношение максимального тормозного момента, развиваемого тормозной системой, к максимальному статическому моменту, создаваемому опускаемого расчетного груза, должен быть не менее трех для вертикального подъема и наклонного при угле наклона 30° и более [14].

1.2 Основные способы осуществления предохранительного торможения, применяемые в шахтных подъемных установках

По принципу торможения исполнительные органы тормоза подразделяются на два основных типа:

- радиального типа (колодочные тормоза), в котором две диаметрально расположенные жесткие тормозные колодки, оснащенные фрикционными накладками, прижимаются с двух сторон к цилиндрическому тормозному ободу барабана с тормозным усилием, направленным по радиусу барабана;

- аксиального типа (дисковые тормоза), в котором две тормозные колодки, составляющие один тормозной модуль, прижимаются с двух сторон к соосному с барабаном тормозному диску [3].

В качестве источника энергии для осуществления предохранительного торможения в тормозных приводах применяются:

- 1) вес тормозного груза;
- 2) усилие предварительно сжатых пружин.

В подъемной установке из-за нестабильности коэффициента трения колодок о тормозной обод, различной величины загрузки сосудов полезным ископаемым действительное замедление может существенно отличаться от требуемой величины [4]. Приложение тормозного усилия носит колебательный

характер. С целью поддержания заданного замедления предлагаются различные системы автоматического регулирования замедления подъемной установки.

Стремление поддержать заданное замедление органа навивки предъявляет к тормозному устройству повышенные требования: высокое быстродействие, минимум гистерезиса, хорошая регулируемость [15].

По принципу управления тормозные системы могут быть разомкнутого или замкнутого типа. Для разомкнутых систем информация о требуемой величине тормозного момента в каждый момент времени должна вводиться в схему до момента осуществления предохранительного торможения.

Недостатками тормозных систем с разомкнутыми системами являются:

- необходимость наличия датчиков, которые должны замерить многие параметры еще в начале движения;
- не могут повлиять на величину тормозного момента, реальное замедление оказалось ниже расчетного, например, из-за снижения коэффициента трения.

В замкнутых системах управления информация о требуемом тормозном моменте возникает непосредственно в процессе торможения. Замкнутые системы управления предохранительного торможения в основном ориентируются на величину замедления приводного барабана или шкива трения.

В то же время Степанов А.Г. в работе [16] утверждает, что создание систем регулируемого предохранительного торможения с замыканием их отрицательной обратной связью, только по замедлению органа навивки, нецелесообразно. Построенная таким образом система автоматического регулирования предохранительного торможения (САРПТ) может стать причиной увеличения амплитуды колебаний сосудов.

САРПТ с функцией поддержания заданного замедления не могут полностью устранить динамические перегрузки, возникающие после стопорения подъемной машины. Они в большей степени ориентированы на

снижение амплитуды колебаний, возникающих от приложения тормозного усилия, от нестабильности коэффициента трения и т.д.

По качеству регулирования тормозного момента можно разделить САРПТ на дискретные и непрерывные. Дискретные САРПТ ступенчато дозируют тормозной момент, а непрерывные САРПТ плавно изменяют его величину

Тормоза радиального типа (колодочные тормоза), у которых развиваемое усилие создается тормозным грузом, не могут одновременно удовлетворить основным требованиям, предъявляемым к совершенному предохранительному торможению, а именно:

- 1) минимальной продолжительности холостого хода;
- 2) быстрому нарастанию усилия привода до устойчивой его величины, требующейся для остановки подъемной системы с допустимым замедлением;
- 3) получению после остановки подъемной системы усилия привода, соответствующего трехкратной степени надежности тормозного устройства.

Для соблюдения указанных требований обычно применяется комбинированное двухступенчатое торможение.

Для тормозов радиального типа в основном используются системы разомкнутого типа управления, а именно [5]:

- одноступенчатое с последующим наложением второй ступени;
- двухступенчатое с заданной выдержкой времени;
- системы избирательного торможения в зависимости от режима работы (спуск или подъем груза).

В одноступенчатой системе с последующим наложением второй ступени при срабатывании цепи защиты включается I ступень на время, гарантирующее остановку подъемной установки во всех режимах, включая спуск груза. После этого включается II ступень, обеспечивающая требуемый запас тормозного усилия.

Системы избирательного торможения оснащаются датчиками, определяющие режим работы подъемной установки (подъем или спуски), и в зависимости от этого формируют величину первой степени торможения [5].

Следующим шагом в развитии такой системы является выбор тормозного усилия в зависимости от местоположения сосуда в стволе, а также от причины подачи сигнала на предохранительное торможение. При этом торможение с низким значением замедления следует принимать вдали от приемных устройств, и более высокие значения по мере приближения к ним [16].

Учитывая, что амплитуда колебаний сосуда определяется в основном средним замедлением системы: чем оно выше, тем амплитуда больше. При этом амплитудное значение ускорения может достигнуть двукратной величины по отношению к установившемуся значению [16]. Следовательно, выбор оптимального значения замедления позволяет значительно снизить динамические нагрузки на подъемную установку.

В настоящее время уже используются анализаторы срабатывания защит и блокировок. В качестве примера можно привести устройство анализатора защит АнЗ-0 в источнике [21], которое регистрирует причины осуществления предохранительного торможения.

Применение систем автоматического регулирования предохранительным торможением в условиях применения тормозов радиального типа является затруднительным.

С началом широкого использования дисковых тормозов появились различные САРПТ.

САРПТ могут быть замкнуты не только по величине замедления, но и по величине тормозного усилия, для стабилизации тормозного усилия. При этом оценка замедления может производиться косвенно по скорости барабана подъемной машины или шкива трения.

Используются также комбинированные системы предохранительного торможения, например [3]:

- аналоговое предохранительное торможение по заданной программе с контролем по действительному замедлению;
- дискретное предохранительное торможение по заданной программе с контролем по действительному замедлению.

Следует признать, что даже самое качественное регулирование имеющего цель - обеспечение строго линейного нарастания и постоянства замедления подъемной машины, не способно существенно снизить динамические нагрузки в канате.

1.3 Предлагаемые способы снижения динамических нагрузок в канате при предохранительном торможении

Основные предлагаемые на сегодняшний день способы снижения динамических нагрузок при осуществлении предохранительного торможения можно условно разделить на две группы:

- 1) способы, компенсирующие колебания в канате от приложения тормозного усилия;
- 2) способы, ориентированные на снижение динамических нагрузок после стопорения подъемной машины.

К первой группе относится способ, запатентованный Найденко И.С. [2]. Он состоит в том, что последовательно с выдержкой по времени включают первую и вторую ступень тормозного момента, причем вторая ступень равна по величине первой. А интервал времени принимают равным полупериоду продольных колебаний каната. Включение второй ступени тормозного момента вызывает дополнительные продольные колебания каната, которые находятся в противофазе к колебаниям, возникшим от приложения первой ступени тормозного момента. Что приводит к погашению колебаний от приложения тормозного усилия.

Другой способ изменения тормозного усилия для снижения колебаний от переходных процессов при изменении движущего усилия или приложении тормозного усилия описан проф. Чермалых В.М. [7]. Уменьшение амплитуды колебаний при этом способе обеспечивается за счет изменения интенсивности нарастания возмущающего воздействия. А конкретно, предлагается осуществлять тормозное усилие по линейному закону за время кратное периоду колебаний.

В работе Степанова А.Г [15] отмечено, что такой результат справедлив при следующих допущениях:

1) на переходный процесс в подъемной системе не оказывает влияние порожняя ветвь;

2) возмущающее воздействие на подъемную установку изменяется от нуля до максимума, т.е. не учитывается приложение ступенью статического сопротивления при торможении.

Другим недостатком этого способа является увеличение пути предохранительного торможения [17]. Поэтому использование такого приема рекомендуется только, когда можно не считаться с этим.

Устранение колебаний от приложения тормозного усилия можно добиться с помощью автоматического регулирования тормозным усилием на подъемной машине. В этом случае прикладывается нерегулируемая величина тормозного усилия, но с добавкой в виде демпфирующей составляющей.

Такому способу демпфирования колебаний посвящена работа Чугунова А.Н. [20].

Общим недостатком способов снижения динамических нагрузок в канате путем погашения возмущений от приложения тормозного усилия является то, что после стопорения возникают значительные динамические нагрузки, определяющиеся постоянной составляющей замедления подъемной установки.

Ко второй группе можно отнести способ, описанный в источнике [15].

В нем предлагается с целью уменьшения динамических усилий в канате после остановки подъемной машины, отключать вторую ступень тормозного

момента, а после остановки машины прикладывают вторую ступень, для надежного стопорения подъемной машины. Данный способ требует, чтобы стопорение органа навивки произошло именно через пол периода колебаний сосуда на канате с момента снятия половины тормозного момента. Недостатком такого способа является то, что достаточно сложно произвести точное по времени отключение второй ступени. Кроме этого, неизбежно будет ошибка при определении периода колебаний, скорости подъемной машины, а также это приведет к увеличению тормозного пути.

Также известен способ предохранительного торможения основанный на приложении тормозного усилия одной ступенью, вычисляемой по формуле [15]:

$$F = \frac{V \cdot m}{n \cdot T} \cdot F_{ст}, \quad (1.1)$$

где V – скорость подъемной машины в момент начала торможения, м/с;

m – масса подъемного устройства, приведенная к органу навивки, кг;

T – период колебаний, с;

n – кратность времени остановки подъемной машины периоду продольных колебаний каната;

$F_{ст}$ - статическая разность усилий в канате соответственно для спуска и подъема груза, Н.

Следует заметить, что при подходе подъемного сосуда с грузом к месту разгрузки значение периода продольных колебаний каната будет иметь малое значение, поэтому осуществить такое торможение с высокой точностью будет проблематичным. При осуществлении предохранительного торможения по причине застревания порожнего скипа и образовании напуска каната, резко меняется значение $F_{ст}$, что делает такое торможение неприемлемым.

Также предлагается снижать линейно тормозное усилие перед стопорением подъемной машины за период кратный периоду колебаний каната

[15]. И приложением полного тормозного усилия после остановки подъемной машины для его надежного стопорения. Такой способ является привлекательным, т.к. даже в случае ошибки при определении периода колебаний значительно снизится величина динамических нагрузок на канат. Единственным недостатком является также увеличение пути предохранительного торможения.

Данные методы снижения динамических нагрузок в канате пока не нашли широкого применения в шахтных подъемных установках, возможно в силу сложности применения и настройки предохранительного торможения. В основном на сегодняшний день используются системы, ориентированные на плавное нарастание и поддержание постоянной величины замедления подъемной машины.

1.4 Цели и задачи исследования

Для снижения динамических нагрузок в канате при осуществлении предохранительного торможения шахтной подъемной установки, определены следующие **задачи данного исследования:**

- 1) анализ литературных и патентных источников.
- 2) теоретический анализ воздействия сил сопротивления движению сосуда с грузом на величину динамических нагрузок в канате в процессе предохранительного торможения.
- 3) определение рациональной величины тормозного усилия, приложенного к подъемному сосуду для снижения динамических нагрузок в канате для многоканатных шахтных подъемных установок.
- 4) математическое моделирование предохранительного торможения с подтормаживанием сосуда с грузом по параметрам действующих шахтных подъемных установок.

5) разработка схемы управления и настройки тормозной системы шахтных подъемных установок при осуществлении предохранительного торможения и подтормаживания подъемных сосудов.

2 АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ В ШПУ

2.1 Предохранительное торможение в многоканатной подъемной машине с канатоведущим шкивом трения

В многоканатных подъемных установках с канатоведущим шкивом трения в режиме спуска груза предохранительное торможение может привести к скольжению канатов по футеровке. При торможении в режиме спуска груза в грузе ветви статические и динамические силы складываются, а порожняя ветвь наоборот ослабляется.

Проскальзывание канатов по шкиву является самым опасным явлением для подъемных установок с канатоведущими шкивами трения.

Действительные значения полных натяжений грузе ветви и порожней ветви при торможении в режиме спуска груза без учета вредных сопротивлений будут равны [13]:

$$S_{\text{полн.гр}} = S_{\text{ст.гр}} + F_{\text{дин.т}}^{\text{гр}} + F_{\text{дин.к}}^{\text{гр}} \quad (2.1)$$

$$S_{\text{полн.п}} = S_{\text{ст.пор}} - F_{\text{дин.т}}^{\text{пор}} - F_{\text{дин.к}}^{\text{пор}} \quad (2.2)$$

где $S_{\text{ст.гр}}$, $S_{\text{ст.пор}}$ – статические натяжения соответственно грузе ветви и порожней ветвей канатов;

$F_{\text{дин.т}}^{\text{гр}}$, $F_{\text{дин.т}}^{\text{пор}}$ – составляющие динамических сил в порожней и грузеной ветви, вызванных торможением или ускорением, при абсолютно жестком канате;

$F_{\text{дин.к}}^{\text{гр}}$, $F_{\text{дин.к}}^{\text{пор}}$ – дополнения к динамической силе за счет наличия колебаний в канате, вызванных его упругостью.

Условие нескольжения канатов имеет следующий вид [13]:

$$\frac{S_{\text{полн.гр}}}{S_{\text{полн.п}}} \leq e^{f\alpha}, \quad (2.3)$$

где e - основание натурального логарифма;

f - коэффициент трения между канатом и футеровкой канатоведущего шкива;

α – угол обхвата шкива канатом, рад.

Тогда в полном виде это условие будет иметь вид:

$$\frac{S_{\text{ст.гр}} + F_{\text{дин.т}}^{\text{гр}} + F_{\text{дин.к}}^{\text{гр}}}{S_{\text{ст.пор}} - F_{\text{дин.т}}^{\text{пор}} - F_{\text{дин.к}}^{\text{пор}}} \leq e^{f\alpha} \quad (2.4)$$

Введем в это выражение силы сопротивления движению сосудов.

$$\frac{S_{\text{ст.гр}} + F_{\text{дин.т}}^{\text{гр}} + F_{\text{дин.к}}^{\text{гр}} - F_{\text{сопр}}^{\text{гр}}}{S_{\text{ст.пор}} - F_{\text{дин.т}}^{\text{пор}} - F_{\text{дин.к}}^{\text{пор}} + F_{\text{сопр}}^{\text{пор}}} \leq e^{f\alpha} \quad (2.5)$$

Из формулы (2.5) видно, что силы сопротивления играют положительную роль при предохранительном торможении в режиме спуска груза. Применяв устройство, повышающее силы сопротивления сосудов мы сможем снизить вероятность проскальзывания канатов и повысить безопасность ее работы.

Отметим, что точно выдержать безопасную величину замедления при осуществлении предохранительного торможения практически невозможно [13]. Кроме того, возможны различные осложнения, приводящие к проскальзыванию канатов (разбалансировка ветвей канатов, снижение коэффициента трения). Поэтому увеличение сопротивления движения сосудов позволит обезопасить режим спуска груза на многоканатной подъемной машине со шкивом трения.

Осуществление подтормаживания подъемных сосудов в период осуществления предохранительного торможения позволит:

- безопасно увеличить общее замедление подъемной установки;
- снизить величину динамических нагрузок на канат;
- быстро погасить колебания после стопорения подъемной машины;
- снизить вероятность проскальзывания канатов по футеровке барабана для многоканатных установок с канатоведущим шкивом трения;

Таким образом создание устройства, повышающего сопротивление движению подъемного сосуда может быть полезным, как для одноканатных подъемных установок, так и для многоканатных подъемных установок при осуществлении предохранительного торможения.

2.2 Устройство одновременного торможения подъемной машины и сосуда с грузом в процессе предохранительного торможения

Устройство торможения сосуда с грузом в процессе предохранительного торможения предложил Кускильдин Р.Б.

Из его работы [9] следует, что торможение подъемной машины осуществляется обычным способом, принятым для подъемных установок без подтормаживания сосуда с грузом. Подтормаживание сосуда осуществляется

лишь с целью снижения динамических нагрузок в канате, а не повышения средней величины замедления.

На рисунке 2.1 представлена блок-схема управления предохранительным торможением с подтормаживанием сосуда.

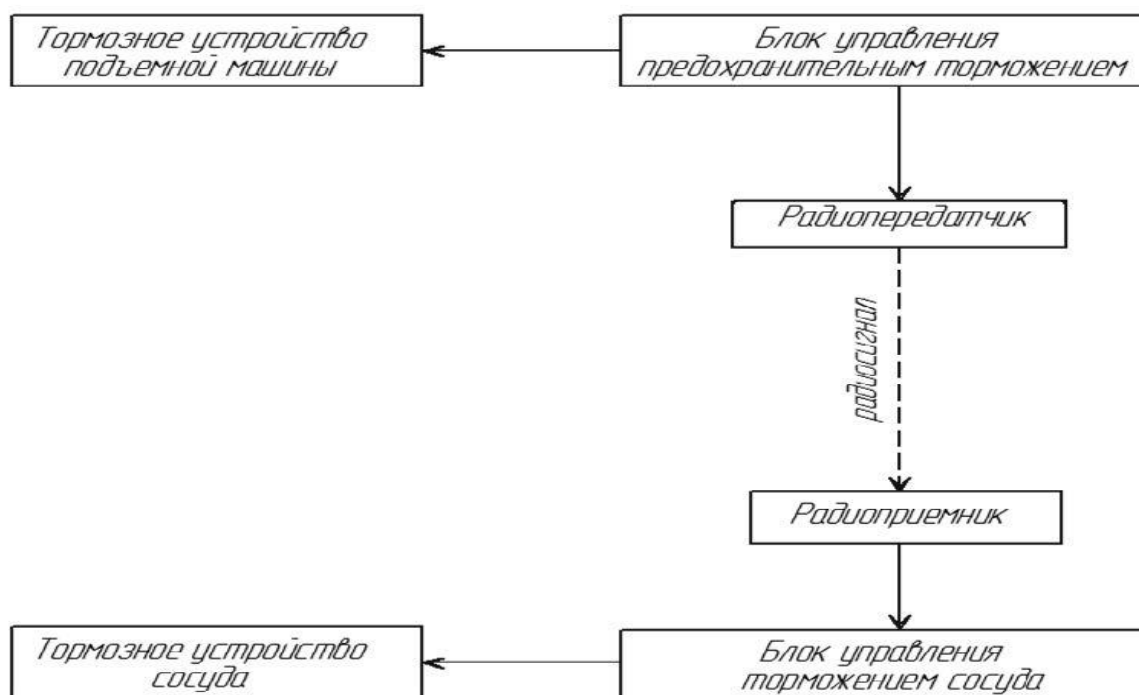


Рис. 2.1 – Общая схема управления предохранительным торможением с подтормаживанием сосуда с грузом

Согласно [9] на блок управления предохранительным торможением поступает сигнал о необходимости быстрой и полной остановки шахтной подъемной установки от систем защиты и блокировок. Блок управления предохранительным торможением начинает осуществлять торможение подъемной машины и одновременно передает радиосигнал о начале предохранительного торможения на блок управления тормозным устройством сосуда. В дальнейшем блок управления предохранительным торможением управляет только тормозной системой подъемной машины, осуществляя заданный режим торможения. Блок управления тормозной системы сосуда

осуществляет регулирование тормозной системой сосуда до конца предохранительного торможения и плавно снижает тормозное усилие до нуля.

Рассмотрим подробно схему управления тормозным устройством сосуда (рисунок 2.2)

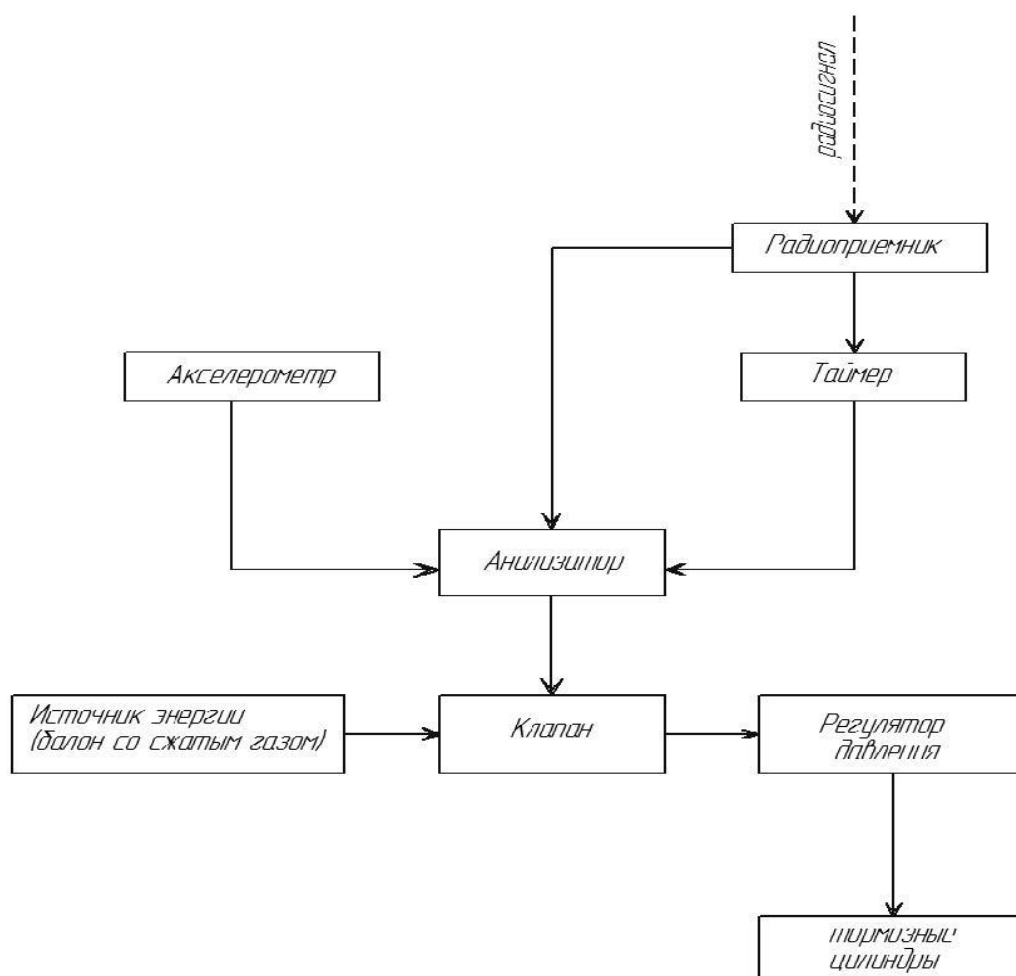


Рис. 2.2 – Схема управления тормозным устройством сосуда

Радиоприемник по радиосигналу сигнализирует анализатор о начале торможения и одновременно запускает таймер. Таймер позволяет учесть время холостого хода тормозной установки подъемной машины и время, которое необходимо для того чтобы, подтормаживание сосуда не вызвало увеличение усилия в канате. Акселерометр передает величину замедления на анализатор. Анализатор по показанию таймера определяет момент начала торможения и

проверяет показания акселерометра, если замедление сосуда подтверждает начало торможения подъемной установки, то на клапан подается напряжение и срабатывает тормозная система сосуда [9].

Однако, как показала практика, данное устройство имеет ряд недостатков:

1. Увеличивает собственную массу грузового подъемного сосуда.
2. Требует увеличения несущей способности армировки ствола.
3. В нем отсутствует контроль количества источника энергии, что может привести к невозможности использования устройства во время работы подъемной установки.
4. Исполнительный механизм нельзя ставить внутрь башмака так, как между корпусом башмака и проводником стоит сменный истираемый вкладыш, обеспечивающий нормативные зазоры.

В связи с этим в магистерской работе предлагается следующая модернизация данного устройства:

1. Установить на баллон с газом манометр с аналоговым выходным сигналом, что позволит передавать показания на пульт управления подъемной машиной.
2. Создать исполнительный механизм вне башмаков, как отдельное устройство, для соблюдения правил техники безопасности.

2.3 Моделирование предохранительного торможения в многоканатной подъемной установке

Процессы предохранительного торможения будем рассматривать для многоканатной установки шахты «Северная» со следующими параметрами (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Техническая характеристика ЦШ - 3,25×4

Высота подъема L , м	1225
Масса погонного метра головных канатов (суммарная) P_1 , кг	4·4,446
Масса погонного метра хвостовых канатов (суммарная) P_2 , кг	1·4,446
Масса подъемного сосуда $m_{\text{сос}}$, кг	16000
Наибольшая масса груза в сосуде, кг	14000
Максимальная скорость подъемной установки, м/с	10
Приведенная масса канатопроводящего шкива $M_{\text{шк}}$, кг	7148
Приведенная масса электродвигателя $M_{\text{эл}}$, кг	40000

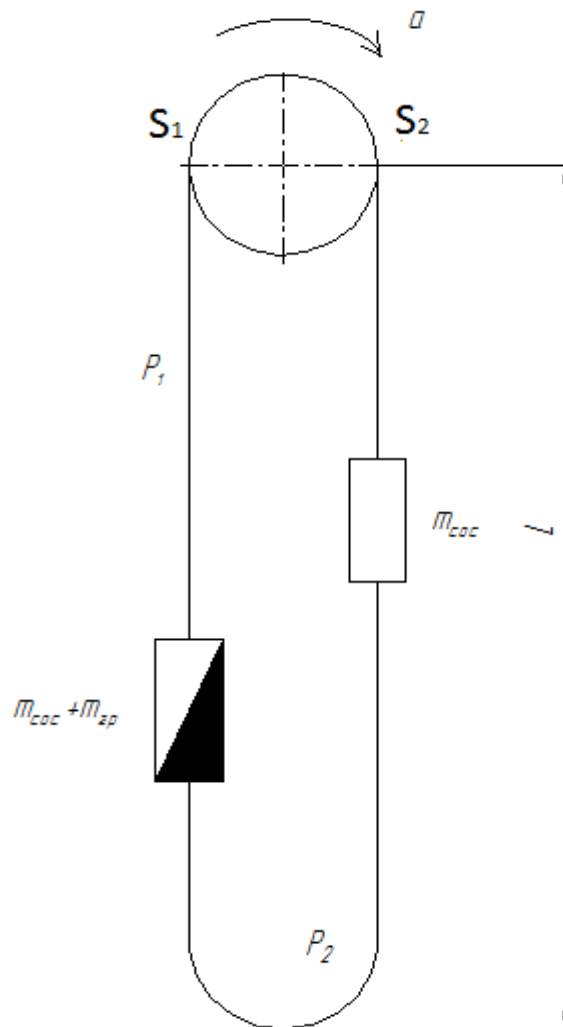


Рис 2.3 – Схема многоканатной подъемной установки

Условие для обеспечения нескольжения ветвей канатов выглядит следующим образом [12]:

$$\frac{S_1}{S_2} \leq e^{f\alpha}, \quad (2.5)$$

где S_1 – натяжение наиболее нагруженной ветви канатов, Н;

S_2 – натяжение менее нагруженной ветви канатов, Н;

e – основание натурального логарифма;

f – коэффициент трения между канатом и футеровкой канатоведущего шкива;

α – угол обхвата шкива трения, рад.

Для рассматриваемой установки $f=0,25$; $\alpha=\pi$, тогда в нашем случае это условие будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{S_1}{S_2} \leq 2,19$$

Рассмотрим подъемную установку как трехмассовую систему, при этом прибавив к массе подъемной машины треть массы головных канатов, а к массе сосудов прибавим одну треть массы ветви головных канатов и полную массу присоединенных хвостовых канатов [15]. Степанов А.Г. рекомендует рассматривать шахтную подъемную установку как систему, при которой полная масса каждого участка каната разбивается на 10 частей [10]. Но, там же отмечено, что при положении сосудов в середине ствола, характеристики изменения скоростей и ускорений, канатоведущего шкива и сосудов для трехмассовой и многомассовой системы будут близки.

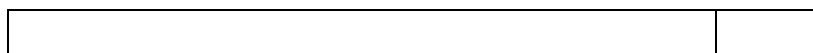
А согласно М.М.Федорову [19] расчет следует вести именно для момента встречи сосудов в стволе, когда величина динамических усилий будет максимальной и возникнут наихудшие условия для проскальзывания канатов.

Поэтому для нашей установки будем рассматривать случай предохранительного торможения в момент встречи сосудов в стволе. Данные, при которых провели предохранительное торможение приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Параметры предохранительного торможения

Длина отвеса грузенной ветви каната L , м	465
Масса груза в сосуде $m_{гр}$, кг	6000
Скорость движения сосуда v , м/с	8,3
Время холостого хода $t_{х.х.}$, с	0,2
Время срабатывания тормоза $t_{сраб.}$, с	0,6
Фактическое среднее замедление $a_{ср.}$, м/с ²	2,76



На рисунке 2.4 приведены графики усилий в ветвях канатов в процессе предохранительного торможения.

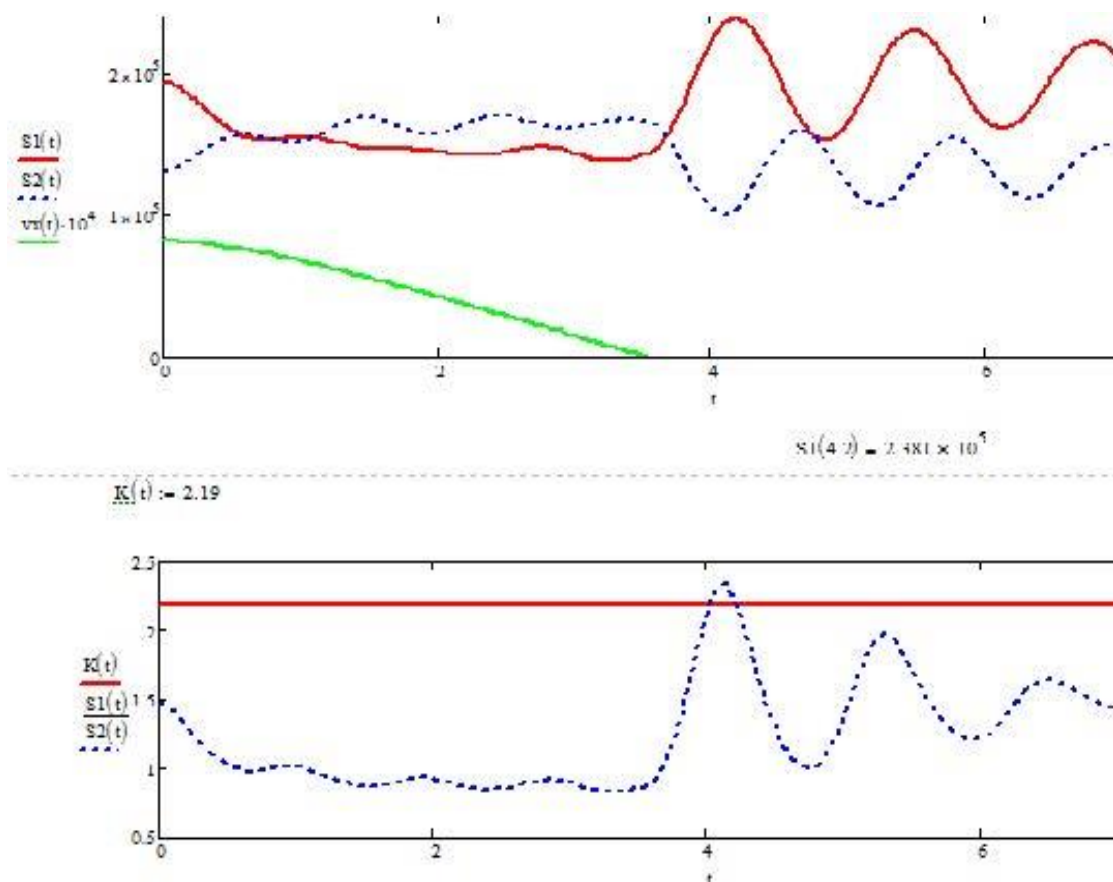


Рис. 2.4 – Совмещенные графики изменения усилий в грузенной и порожней ветви и их соотношения во время предохранительного торможения в режиме подъема груза: $S1(t)$ – усилия в грузенной ветви канатов; $S2(t)$ – усилия в порожней ветви канатов, $K(t)=2,19$ допустимое соотношение усилий в грузенной и порожней ветви

Как видно из графика усилий в канатах (Рис. 2.4) в торможение сосуда с грузом осуществляется главным образом, за счет ослабления усилий в канатах, а торможение порожнего сосуда – за счет возрастания [8]. После стопорения подъемной машины картина меняется: возникают затухающие колебания в каждой ветви канатов. Так как длина канатов одинакова, жесткости канатов очень близки по своим значениям. Поэтому период колебаний почти совпадает.

В первом полупериоде после полной остановки подъемной машины натяжение грузенной ветви возрастает, а натяжение порожней ветви наоборот снижается, что вызывает резкий всплеск соотношения S_1/S_2 (Рис. 3.2).

Согласно [1] допустимое замедление в режиме подъем груза будет равно:

$$a_n = g \frac{S_1 \cdot e^{f\alpha} - [K] \cdot S_2}{S_1 \cdot e^{f\alpha} + [K] \cdot S_2} \quad (2.7)$$

где $[K]$ – критическое отношение натяжений сбегающей и набегающей ветвей канатов на канатоведущий шкив, для предохранительного торможения в режиме подъема груза $[K]=1,2$;

В момент встречи сосудов в стволе:

$$S_1 = g \cdot \left(m_{гр} + m_{сос} + \frac{L}{2} \cdot p_1 + \frac{L}{2} \cdot p_2 \right) \quad (2.8)$$

$$S_1 = 9.81 \cdot \left(14000 + 16000 + \frac{1225}{2} \cdot 4 \cdot 4.446 + \frac{1225}{2} \cdot 1 \cdot 4.446 \right) = 427872 \text{ Н}$$

$$S_2 = g \cdot \left(m_{сос} + \frac{L}{2} \cdot p_1 + \frac{L}{2} \cdot p_2 \right) \quad (2.9)$$

$$S_2 = 9.81 \cdot \left(16000 + \frac{1225}{2} \cdot 4 \cdot 4.446 + \frac{1225}{2} \cdot 1 \cdot 4.446 \right) = 290532 \text{ Н}$$

Тогда, допустимое замедление будет иметь значение:

$$a_n = g \frac{S_1 \cdot e^{f\alpha} - [K] \cdot S_2}{S_1 \cdot e^{f\alpha} + [K] \cdot S_2} = 9.81 \cdot \frac{427872 \cdot 2.19 - 1.2 \cdot 290532}{427872 \cdot 2.19 + 1.2 \cdot 290532} = 4.5 \text{ м/с}^2$$

Такой расчет допускает большее значение замедления, чем среднее замедление, с которым мы осуществили моделирование предохранительного торможения. Но как видно из рисунка 2.4 мгновенное значение соотношения натяжения ветвей канатов превышает допускаемую величину.

Максимальное соотношение при этом становится равным:

$$\frac{S_1}{S_2} = 2.25 > 2,19$$

Исходя из этого, можем сделать вывод о том, что при таких параметрах предохранительного торможения происходит проскальзывание канатов. Учитывая, что распределение усилий между канатами часто является неравномерным, может возникнуть аварийная ситуация.

Ускорение разгона принятое на данной установке равно $0,5 \text{ м/с}^2$. Тогда, усилие необходимое для гашения динамических колебаний до допустимого значения будет равно:

$$F_{\text{подт}} = q \cdot (m_{\text{гр}} + m_{\text{сос}})(a_{\text{ср}} - 0.5a_{\text{р}}) \quad (2.10)$$

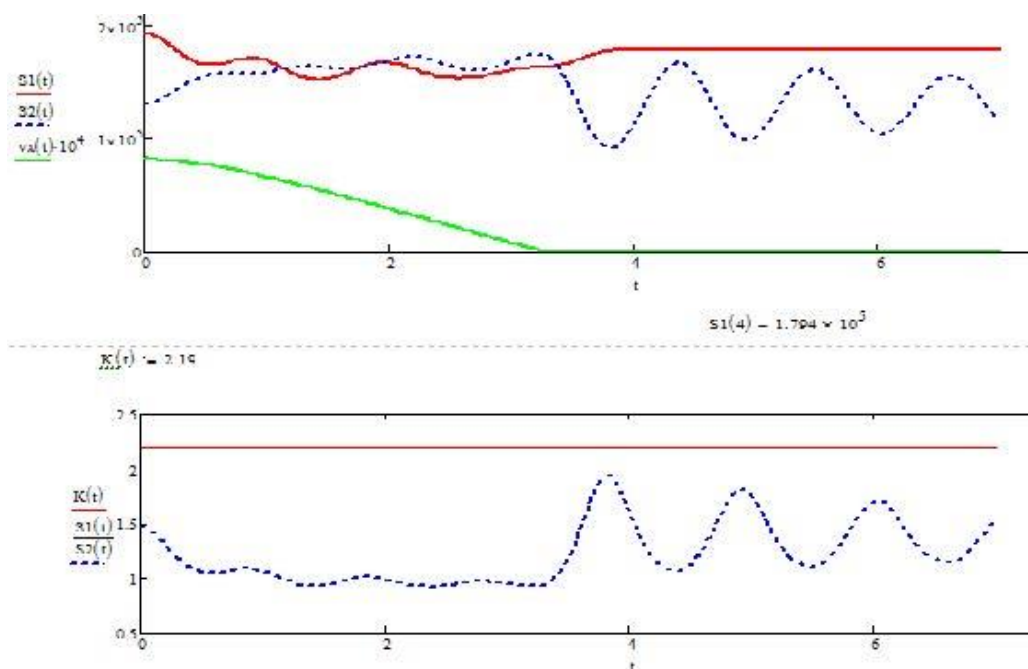
$$F_{\text{подт}} = 0.6 \cdot (14000 + 16000)(2.76 - 0.5 \cdot 0.5) = 45180 \text{ Н}$$

Коэффициент q будет равен:

$$q = \frac{2}{3 + \frac{m_{\text{пм}} - m_{\text{гр}}}{m_{\text{пм}} + m_{\text{гр}} + 2m_{\text{сос}}}} \quad (2.11)$$

$$q = \frac{2}{3 + \frac{47148 - 14000}{47148 + 14000 + 2 \cdot 16000}} = 0.6$$

На рисунке 2.5 приведены графики усилий в ветвях канатов в процессе предохранительного торможения с подтормаживанием сосуда с грузом.



$$\left(\frac{S_1}{S_2}\right)_{max} = 1.93$$

Рис. 2.5 – Совмещенные графики изменения усилий в грузенной и порожней ветви и их соотношения во время предохранительного торможения в режиме подъема груза с подтормаживанием сосуда с грузом.

По данному графику видно, что соотношение усилий в ветвях канатов не превышает допустимое значение. При этом значительно снизилась величина перегрузки головных канатов грузенной ветви, а соотношение усилий в грузенной и порожней ветви стало равным:

$$\frac{S_1}{S_2} = 1.93 < 2.19$$

Подтормаживание сосудов с грузом при осуществлении предохранительного торможения на установках с канатоведущим шкивом

трения более эффективно устраняет проскальзывание канатов по футеровке шкива после стопорения подъемной машины.

Выводы:

1. Большинство способов снижения динамических нагрузок в канате во время предохранительного торможения не нашли широкого применения в шахтных подъемных установках в силу сложности их осуществления и настройки. Даже САРПТ имеющие цель - обеспечение строго линейного нарастания и постоянства замедления подъемной машины, не способны существенно снизить динамические нагрузки в канате.

2. Силы сопротивления играют положительную роль при предохранительном торможении в многоканатных подъемных установках с канатоведущим шкивом трения в режиме спуска груза.

3. Применяв устройство, повышающее силы сопротивления сосудов можно снизить вероятность проскальзывания канатов и повысить безопасность работы многоканатных подъемных установок.

4. На подъемных установках со шкивом трения в процессе предохранительного торможения существует опасность начала проскальзывания канатов, даже при допустимых величинах замедления. Наиболее опасная ситуация возникает в первом периоде после стопорения подъемной машины в режиме подъема груза.

5. Подтормаживание сосуда с грузом в процессе предохранительного торможения на подъемных установках со шкивом трения снижает величину максимальной мгновенной статической разности натяжения ветвей канатов в первом периоде после полной остановки подъемной машины и тем самым предотвращает проскальзывание канатов по футеровке шкива трения.

3 РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

3.1 Совершенствование контроля запаса энергии в приводе исполнительного механизма торможения сосуда с грузом

В измерениях давления в баллоне с газом будем использовать манометр с трубкой Бурдона и аналоговым выходным сигналом модели PGT23.063 фирмы WIKA.

Описание прибора [11]:

В условиях ограниченного свободного пространства, если необходимо местное отображение измерений и передача сигнала в систему управления и контроля, используется модель PGT23.063 intelliGAUGE (Европейский патент No. EP 06113003).

Комбинация высококачественного измерительного механизма, точного преобразования и обработки электронного сигнала позволяет продолжать измерения даже в случае перебоя в электропитании.

Модель PGT23.063, Рисунок 3.1, выполнена на базе высококачественного манометра из нержавеющей стали, безопасное исполнение модели 23х.30, номинальный размер 63 мм в соответствии с EN 837-1.

Таблица 3.1

Габаритные размеры манометра

НР	Размеры, мм								Масса, кг
	a	b	D1	D2	e	G	h±1	SW	
63	18	42	63	62	14.5	G1/4B	54	14	0.25

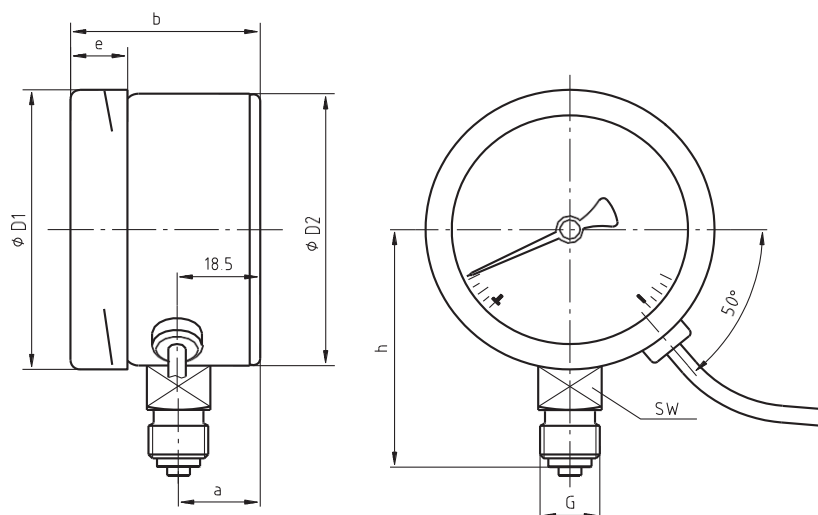


Рис 3.1 – Стандартное исполнение манометра модели PGT23.063

Общая схема передачи показаний давления в баллоне источника энергии на пульт управления ПМ показана на рисунке 3.2

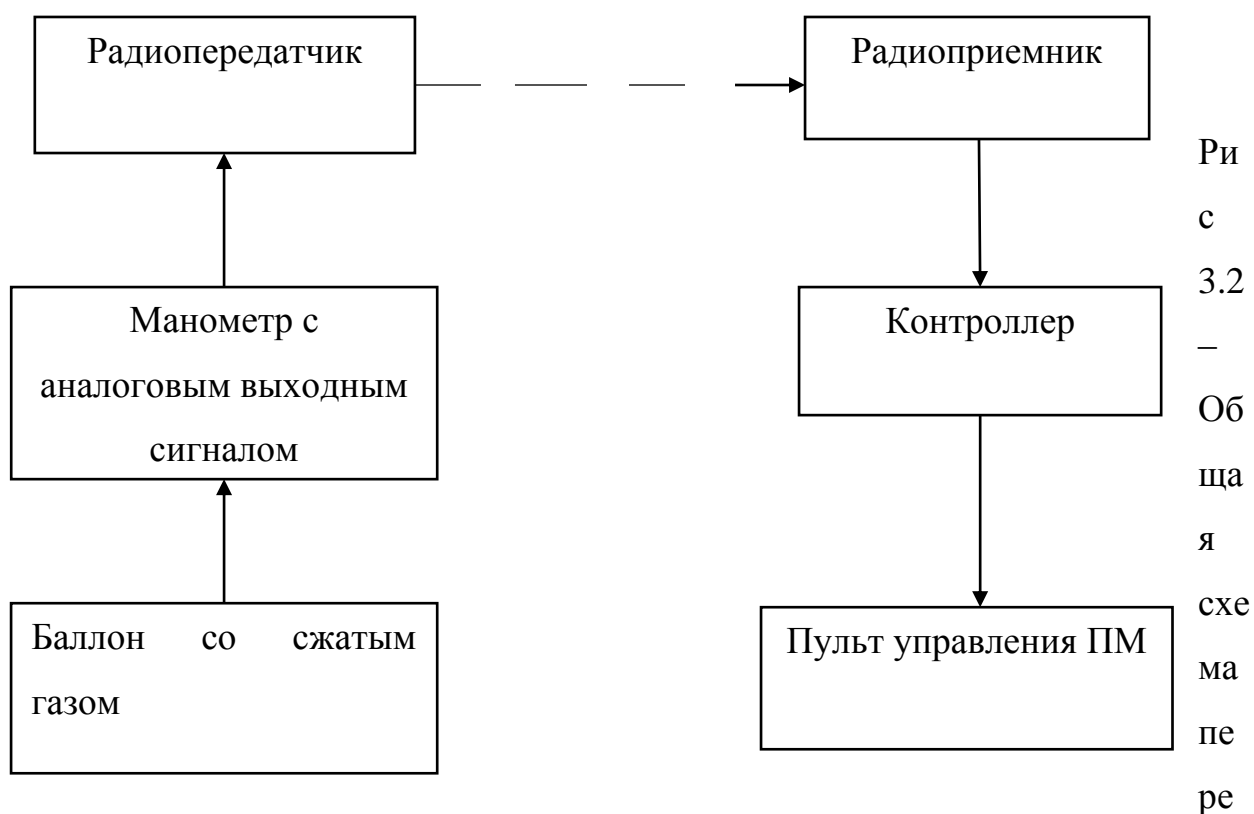


Рис 3.2 – Общая схема передачи показаний давления в баллоне источника энергии на пульт управления ПМ

В манометре [11] под воздействием давления происходит деформация надежной сварной трубки Бурдона, которое передается на стрелку и вызывает ее угловое перемещение пропорциональное значению давления.

Электронный сенсор, испытанный в экстремальных применениях автоматики, определяет положение оси и таким образом преобразует значение давления в пропорциональный выходной электрический сигнал 4...20 мА.

Электронный преобразователь производства WIKA, встроенный в механический манометр, создает сочетание преимуществ электрической передачи измерительной информации с отображением по месту. Диапазон измерений механической шкалы автоматически связан с диапазоном выходного сигнала 4 ... 20 мА.

Дальше полученный сигнал поступает на радиопередатчик. С радиопередатчика по радиосигналу показания поступают на радиоприемник. Радиоприемник передает данные на контроллер. Именно контроллер расшифровывает сигнал, переданный от манометра и наконец отправляет их на пульт управления подъемной машиной.

Данная схема позволяет машинисту подъемной машины контролировать запас источника энергии необходимый для правильной работы тормозного устройства. Пропадает надобность перед каждой сменой проверять показания вручную. Это дает возможность уменьшить количество рабочих на обслуживание шахтного подъема. Также есть возможность проверить давление в баллоне в местном режиме, так как в этом режиме манометр не требует электропитания [11].

3.2 Совершенствование конструкции исполнительного механизма торможения сосуда с грузом

Исполнительный механизм нельзя ставить внутрь башмака так, как между корпусом башмака и проводником стоит сменный истираемый вкладыш, обеспечивающий нормативные зазоры в процессе износа 15-23 мм на сторону. Поэтому предлагается установить тормозное устройство за пределами основного башмака как самостоятельный узел.

С помощью программы КОМПАС 3Д V16 будем создавать 3д модель такого устройства. Для определения необходимых размеров модели нужно произвести ориентировочный расчет тормозной системы. Расчет будем производить для подъемной машины ЦШ 3,25-4 шахты «Северная».

Усилие, которое необходимо создать можно рассчитать по формуле:

$$F_{\text{подт}} = f_{\text{тр}} \cdot N, \quad (3.1)$$

где $f_{\text{тр}}$ - коэффициент трения между тормозными обкладками и проводником;

N – горизонтальное усилие, создаваемое силовыми цилиндрами, Н.

Сосуд направляется по двум проводникам коробчатого сечения 180×200. Общее количество силовых цилиндров примем равным 8. В качестве материала тормозных накладок примем латунь с коэффициентом трения по стали [7] $f_{\text{тр}}=0,535$. Тогда усилие необходимое для одного цилиндра будет равно:

$$N = \frac{F_{\text{подт}}}{8 \cdot f_{\text{тр}}} = \frac{45180}{8 \cdot 0.535} = 10556 \text{ Н}$$

Давление будем создавать сжиженным газом CO₂. Примем давление в тормозной системе P равным 5 Мпа. Площадь поршня силового цилиндра рассчитаем по формуле:

$$S_{\text{порш}} = \frac{N}{P} \quad (3.2)$$

$$S_{\text{порш}} = \frac{N}{P} = \frac{10556}{5 \cdot 10^6} = 2.1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Диаметр поршня d будет равен:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{\text{порш}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2.1 \cdot 10^{-3}}{3.14}} = 0.0517 \text{ м} = 51.7 \text{ мм}$$

Примем диаметр поршня равным $d = 52$ мм, $S_{\text{порш}} = 2.1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$

По полученным данным строим 3D модель тормозного устройства вне башмаков рисунок 3.3

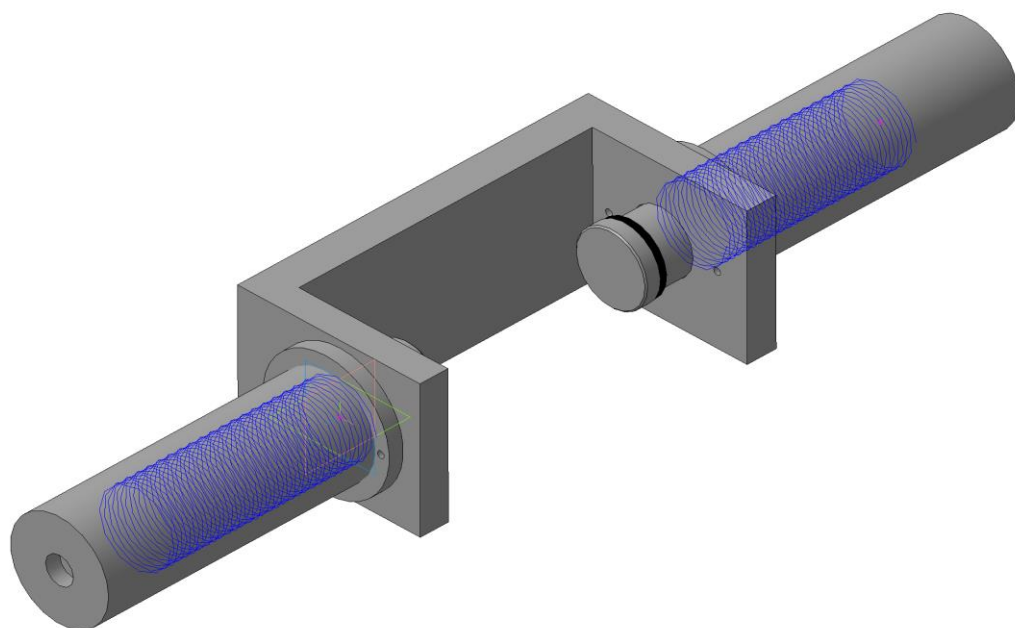


Рис. 3.3 Тормозное устройство как отдельный узел

Для большего понимания устройства тормозных цилиндров сделан их продольный разрез рисунок 3.4

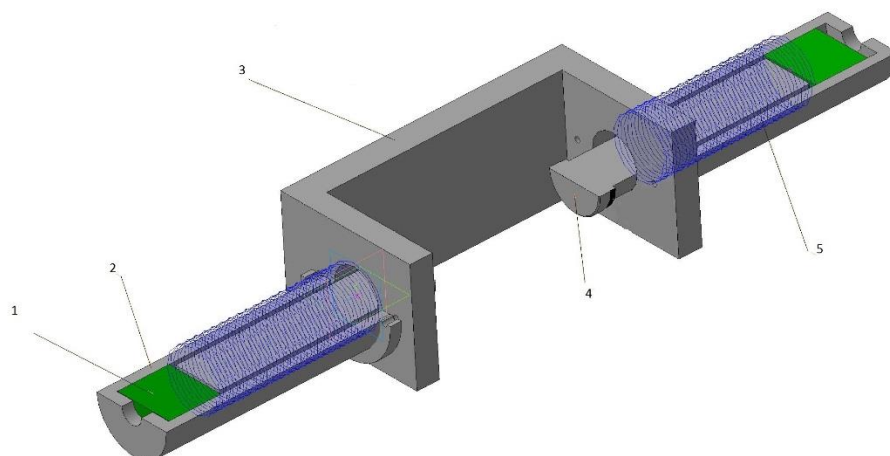


Рис. 3.4 Тормозное устройство в разрезе

где 1- поршень со штоком, 2 – силовой цилиндр, 3 – опора крепления
4 – тормозная накладка 5 – пружина.

Следующим этапом рассчитываем силы, которые будут воздействовать на нашу модель. На устройство будут действовать сила трения во время срабатывания фрикционных накладок, а также ответная сила реакции опоры
рисунок 3.5

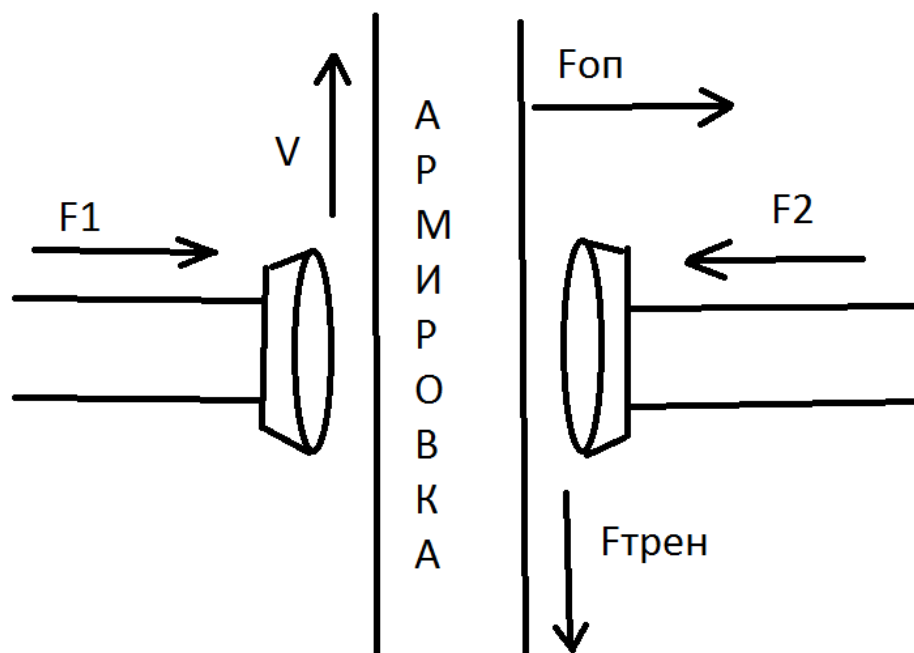


Рис. 3.5 Схема сил действующих на цилиндры

где F_1 , F_2 – силы срабатывания силовых цилиндров, V - скорость движения подъемной установка, $F_{\text{оп}}$ - ответная сила реакции опоры, $F_{\text{тр}}н$ - сила трения

Для суммирования приложенных нагрузок на нашу модель складываем по правилу параллелограмма полученные силы рисунок 3.6 и находим равнодействующую R_c .

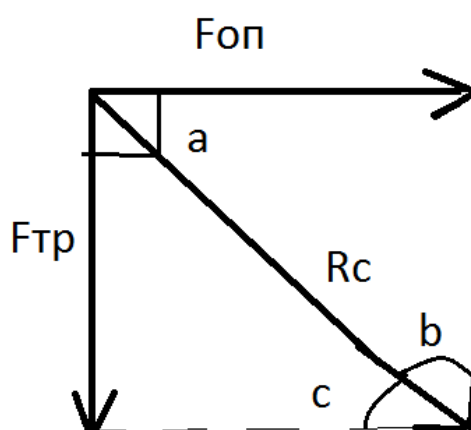


Рис. 3.6 Сложение приложенных сил

Равнодействующую R_c находим по формуле:

$$R_c = \sqrt{F_{оп}^2 + F_{тр}^2 + 2 \cdot F_{оп} F_{тр} \cos a} \quad (3.3)$$

$$R_c = \sqrt{10556^2 + 4518^2 + 2 \cdot 10556 \cdot 4518 \cdot \cos 90} = 11482 \text{ Н}$$

где:

$$F_{оп} = N = 10556 \text{ Н}$$

$$F_{тр} = \frac{F_{подг}}{V} = \frac{45180}{10} = 4518 \text{ Н}$$

Теперь с помощью библиотеки APM FEM программы Компас 3D V16 проведем прочностной анализ нашей модели с учетом приложенной силы R_c

Информация о нагрузках

Наименование	Выбранные объекты	Параметры нагрузки
Распределенная сила: Распределённая сила:7	Грани: 1	Вектор силы: X = 0; Y = 0; Z = -11482 Величина: 11482 Н

Распределенная сила: Распределённая сила:8	Грани: 1	Вектор силы: $X = 0; Y = 0; Z = 11482$ Величина: 11482 Н
---	----------	--

Конечно-элементная сетка

Параметры и результаты разбиения

Наименование	Значение
Максимальная длина стороны элемента [мм]	5
Максимальный коэффициент сгущения на поверхности	1
Коэффициент разрежения в объеме	1.5
Количество конечных элементов	89310
Количество узлов	26192

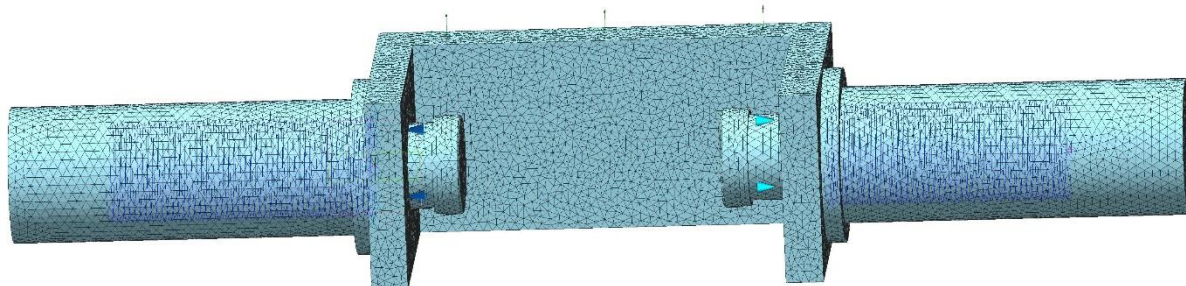


Рис. 3.7 Разбиение модели на конечные элементы

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса по текучести		1.638101	1000

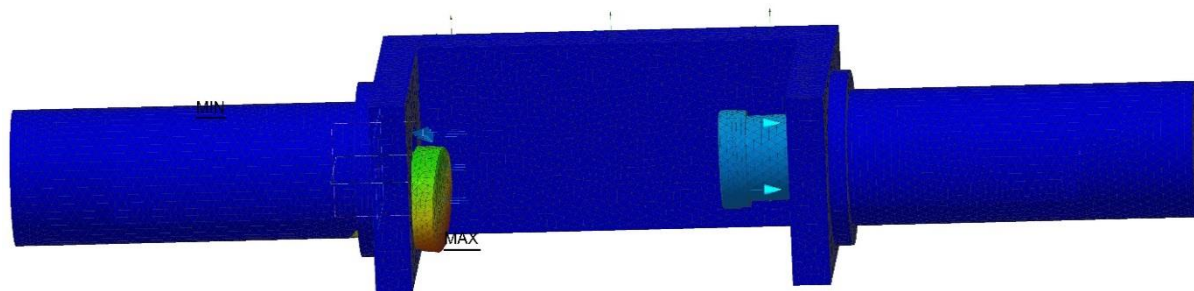
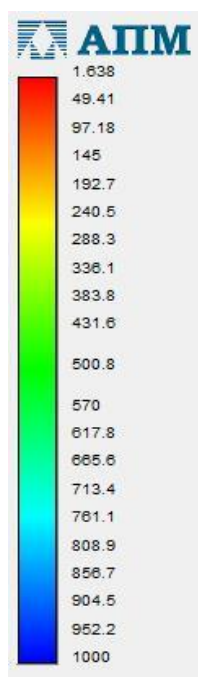


Рис. 3.8 Определение значений коэффициента запаса по текучести



Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса по прочности		2.857963	1000

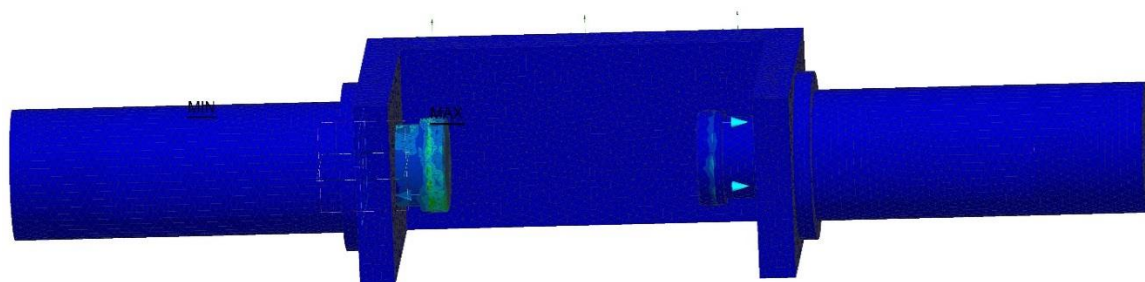
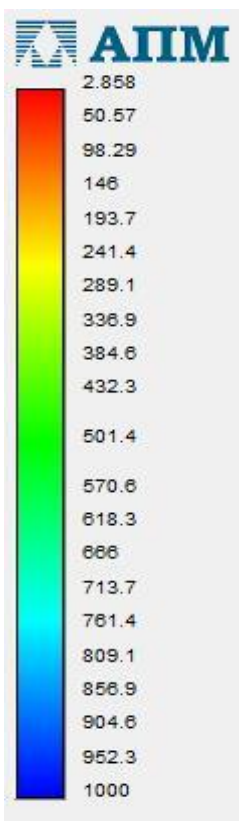


Рис. 3.9 Определение запаса по прочности



Из-за невозможности установки исполнительного механизма внутрь башмака, с помощью программы Компас 3D V16 была построена модель исполнительного механизма торможения сосуда с грузом, как отдельный узел для реальной подъемной установки. С помощью библиотеки АРМ FEM получили данные, которые указывают, что наша модель выдержит приложенные к ней нагрузки во время эксплуатации. Это говорит о том, что построенное устройство может быть применимо для работы в системе шахтного подъема.

4 ОЦЕНКА НАГРУЗКИ НА АРМИРОВКУ ШАХТНОГО СТВОЛА

Общее усилие подтормаживания распределяется между двумя проводниками коробчатого сечения 180×200 выполненных из швеллеров №18Сб по ГОСТ 8240-74.

Усилие, приходящееся на один проводник, будет равно:

$$F_{\text{верт}} = \frac{F_{\text{подт}}}{2} \quad (4.1)$$

$$F_{\text{верт}} = \frac{45180}{2} = 22590 \text{ Н}$$

Нормальное напряжение σ_z в сечении проводника определим по выражению:

$$\sigma_z = \frac{F_{\text{верт}}}{A_{\text{сеч}}}, \quad (4.2)$$

где $A_{\text{сеч}}$ – площадь сечения проводника, м^2 .

Площадь сечения проводника равна $68,08 \text{ см}^2$, допускаемое напряжение материала проводника и расстрела - $[\sigma] = 230 \text{ МПа}$.

Тогда:

$$\sigma_z = \frac{F_{\text{верт}}}{A_{\text{сеч}}} = \frac{22590}{68.08 \cdot 10^{-4}} = 3.32 \cdot 10^6 \text{ Па} = 3.32 \text{ МПа} < [\sigma] = 230 \text{ МПа}$$

Возникшее нормальное напряжение в проводнике будет гораздо меньше предела прочности материала проводника.

Проводник должен быть закреплен не менее чем в трех точках на расстрелах. Для расчета наихудшего варианта будем считать, что вертикальная нагрузка воспринимается лишь двумя расстрелами. Длина проводника составляет $l=12$ м. Погонная масса проводника равна $p=53,44$ кг/м.

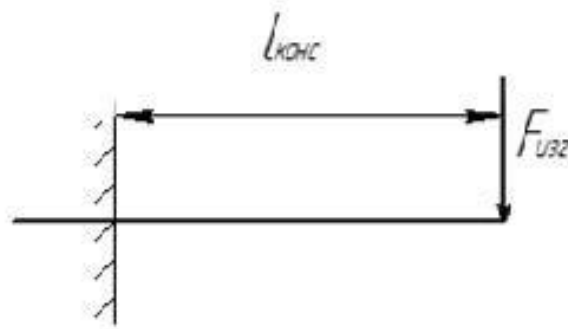
При этом изгибающая вертикальная сила с учетом веса проводника, примет величину:

$$F_{\text{изг}} = \frac{1}{2} (F_{\text{верт}} + p \cdot l \cdot g) \quad (4.3)$$

$$F_{\text{изг}} = \frac{1}{2} (22590 + 53,44 \cdot 12 \cdot 9,81) = 14440 \text{ Н}$$

но

как



с длиной консоли равной половине диаметра ствола (рисунок 4.1).

Диаметр шахтного ствола 7 м, поэтому длина консоли будет равна $l_{\text{конс}} = 3,5$ м.

Расстрелы рассматриваемого шахтного ствола хордального типа, для простоты расчета примем их консольного типа

Рис. 4.1 – Консоль расстрела шахтного ствола.

Максимальное напряжение изгиба в точке крепления консоли определим по формуле [13]:

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M_{\text{изг}}}{W_x}, \quad (4.4)$$

где W_x - момент сопротивления поперечного сечения расстрела, м^3 ;

$M_{\text{изг}}$ – изгибающий момент Н·м.

Расстрел изготовлен из двутавра №27С по ГОСТ 19425-74, Момент сопротивления сечению в плоскости изгиба $W_x=485 \text{ см}^3$. Тогда, максимальное напряжение изгиба в сечении расстрела будет равно:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{изг}} &= \frac{M_{\text{изг}}}{W_x} = \frac{F_{\text{изг}} \cdot l_{\text{конс}}}{W_x} = \frac{14440 \cdot 3.5}{485 \cdot 10^{-6}} = 104 \cdot 10^6 \text{ Па} = 104 \text{ МПа} < [\sigma] \\ &= 230 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Максимальное напряжение изгиба меньше допускаемой величины. Учитывая, что эта нагрузка будет возникать не при каждом рабочем цикле, а несколько раз за весь период эксплуатации конкретного расстрела, то она не является циклической и не приведет к резкому снижению усталостной прочности расстрела.

В таблице 4.1 приведена сравнительная нагрузка на канат в верхнем сечении в процессе обычного предохранительного торможения подъемной установки и с подтормаживанием сосуда с грузом.

Таблица 4.1

Сравнительная таблица нагрузки на канат и проводники в процессе
предохранительного торможения

	Обычное предохранительное торможение	Предохранительное торможение с подтормаживанием сосуда с грузом
Местоположение сосуда, м	600	
Максимальное усилие в канате, кН	973.6	678.0
Динамическая составляющая усилия в канате, кН	337.6	42.2
Подтормаживающее усилие, кН		45.18
Площадь сечения 2- х проводников, мм ²	13616	
Суммарная площадь сечения канатов, мм ²	1778	
Условное максимальное напряжение в сечении каната, МПа	339.5	236.4
Максимальное напряжение в проводнике, МПа	-	3.32
Максимальное напряжение изгиба в расстреле, МПа	-	104

--	--	--

Выводы:

1. Исходя из расчетов, можно сделать выводы о том, что наиболее опасными являются напряжения изгиба в расстреле. При этом все же следует уточнить, что при расчете было много допущений, которые повышают значение напряжения. Поэтому реальные напряжения будут значительно меньше расчетной величины.
2. Предложенная усовершенствованная система торможения позволяет уменьшить динамические нагрузки в канатной системе, а также снизить вероятность проскальзывания каната для многоканатных подъемных установок.

5 ОХРАНА ТРУДА

5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов, техника безопасности при эксплуатации и обслуживании подъемной установки

При эксплуатации подъемной установки возникают следующие вредные производственные факторы: пыль, шум, микроклимат, вибрации, недостаток природного освещения, электромагнитные поля, неблагоприятные условия рудничной атмосферы.

К опасным производственным факторам относятся: оборудование, которое работает под давлением, выше чем атмосферное; электрооборудование; возможность обрыва каната; возможность пробуксовки и скольжения каната по канатопроводящему шкиву; открытые вращающиеся части подъемной машины и элементы подъемной установки.

Шахтная подъемная установка оборудована следующими защитными и блокировочными устройствами:

1. Максимальной и нулевой защитой;
2. Защитными от провисания струны и напуска каната в ствол;
3. Устройством блокировки, позволяющим включать двигатель после переподъема сосуда только в сторону ликвидации переподъема;
4. Устройством блокировки, не допускающим снятия предохранительного тормоза, если рукоятка рабочего тормоза не находится в положении «заторможено», а рукоятка аппарата управления – в нулевом положении;
5. Устройством, подающим сигнал машинисту при недопустимом поднятии петли уравновешивающего каната;
6. Дублирующим ограничителем скорости или устройством, обеспечивающим контроль целостности передачи от вала подъемной

7. Автоматическим звонком, сигнализирующим о начале периода замедления (за исключением грузовых подъёмных установок, работающих в автоматическом режиме).

На случай поломки подъёмной машины или застревания подъёмных сосудов в стволе оборудованы аварийно-ремонтные подъёмные установки. В связи с наличием в стволе двух подъёмных установок дополнительная аварийно-ремонтная установка отсутствует.

Запрещается переход людей через подъёмные отделения ствола. На всех горизонтах шахты перед стволами установлены предохранительные решетки для предупреждения перехода людей через подъёмные отделения.

Подъёмная машина снабжена аппаратом (индикатором), показывающим машинисту положение сосуда в стволе.

Подъёмная машина имеет исправно действующие:

1. Самопишущий скоростимер. Тахограммы должны храниться в течение 3 месяцев;
2. Вольтметр и амперметр;
3. Манометры, показывающие давление сжатого воздуха в тормозной системе.

В подъёмной машине исправны механическое рабочее и предохранительное торможение с независимым друг от друга включением привода, воздействующее на орган навивки.

Рабочий тормоз в неподвижном состоянии подъёмной машины обеспечивает получение момента, не менее создаваемого предохранительным тормозом.

После замены элементов тормозной системы (тормозные колодки, тяги, цилиндры, и др.) необходимо произвести ее испытания специализированной наладочной бригадой. Результаты испытаний оформляются актом.

Загрузочные и разгрузочные устройства, направляющие и отклоняющие шкивы, их футеровка и подшипники, тормозная система и другие элементы подъёмной машины, аппаратура защиты и система управления осматриваются

и проверяются ежедневно лицом, имеющим соответствующую квалификацию и назначенным приказом руководителя предприятия для этой цели, и еженедельно – механиком подъёма. Этим же лицом армировка ствола ежедневно осматривается при скорости движения сосудов до 1 м/с и не реже одного раза в неделю при скорости движения 0,3 м/с. Участки стволов, находящиеся в ремонте, осматриваются ежедневно при скорости 0,3 м/с. Одновременно с осмотром армировки ствола производится осмотр крепи назначенным приказом руководителя предприятия специально обученным лицом.

Главный механик шахты ежемесячно, а старший механик не реже одного раза в 15 дней производит проверку правильности работы предохранительного тормоза, защитных устройств и исправность всех остальных вышеуказанных элементов подъёмной установки. Результаты осмотров заносятся в Книгу осмотра подъёмной установки.

Копры осматриваются комиссией под председательством главного инженера шахты.

Осмотр копра производится один раз в год.

Машинистами подъёмных машин назначены лица, прошедшие специальное обучение, получившие соответствующее удостоверение и прошедшие 2-месячную стажировку и получившие соответствующее удостоверение.

Машинистами подъёмов назначены лица, проработавшие не менее 1 года на грузовых подъёмных машинах.

Перед вводом в эксплуатацию и в дальнейшем один раз в год специализированная наладочная организация с участием представителей энергомеханической службы шахты производит ревизию и наладку подъёмной установки в объёмах, предусмотренных Руководством по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъёмных установок.

Электрическая часть подъёмных установок подлежит ревизии и наладке через 6 месяцев.

Не реже одного раза в год маркшейдерская служба шахты или специализированная организация, имеющая на это право, выполняет проверку геометрической связи шахтного подъёма и копра в соответствии с инструкцией по производству маркшейдерских работ. По проверки инженером шахты. Один экземпляр этого акта передается главному механику шахты.

После ревизии и наладки подъёмной установки главный шахты и представитель наладочной организации производят ее контрольные испытания. О проведении контрольных испытаний составляется протокол, который утверждается директором или главным инженером шахты. Через 6 месяцев после ревизии и наладки каждая эксплуатационная установка подвергается техническому осмотру и испытанию комиссией под руководством главного механика шахты.

Объём технического осмотра и испытания определяется Инструкцией по техническому осмотру и испытанию эксплуатационных и проходческих подъёмных установок. О проведенном осмотре и испытании составляется акт.

На подъёмную установку на участке составлены следующие документы:

- график работы подъёма, утвержденный главным инженером шахты, с указанием времени, необходимого для производства ежесуточных осмотров элементов подъёмной установки;
- паспорт подъёмной машины;
- детальная схема тормозного устройства с указанием основных размеров;
- инструкция для машинистов подъёмных установок;
- прошнурованные книги: Книга осмотра подъёмной установки, Книга осмотра каната и их расхода, Книга приема и сдачи смен, Книга осмотра стволов, утвержденные приказом Госнадзорохрантруда от 18.01.96 №7.

Схема тормозного устройства, исполнительная электрическая схема и инструкция для машиниста вывешена в машинном помещении.

5.2 Защита обслуживающего персонала от поражения электрическим током

Система электрической защиты в шахтах строится на основе требований Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок, Правил технической эксплуатации электроустановок, Системы стандартов безопасности труда и Строительных норм и правил.

Система электрической защиты в шахтах не должна допускать поражения людей, возникновения пожаров, взрывов газа и пыли от электрического тока. Опасные моменты возникают либо вследствие приближения человека или предметов на недопустимо близкое расстояние, в результате чего может возникнуть короткое замыкание, либо вследствие случайного электрического соединения токоведущей части непосредственно с землёй или нетоковедущими конструкциями и предметами, не изолированными от земли (электрическое замыкание на землю).

Основные элементы системы электрической защиты на участке сводятся к применению защиты от прикосновения к токоведущим частям, защитного заземления, защитного отключения, электрозащитных средств, а также к использованию электрооборудования в конструктивном исполнении, учитывающем рабочие условия.

Защита от прикосновения к токоведущим частям включает в себя устройства, предотвращающие прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям. Проектом предусмотрено:

- размещение открытых токоведущих частей электроустановок на высоте, не доступной для случайного прикосновения;
- размещение электроаппаратов в закрытых корпусах, в которых доступ к шпилькам, шинам, вводам и т.п. затруднен или невозможен без применения специальных приспособлений или инструмента;

- применение специальных блокировочных устройств, препятствующих доступу к токоведущим частям до снятия с последних напряжения;
- ограждение щитками и другими приспособлениями открытых токоведущих частей.

Безопасное расстояние, на которое могут приближаться люди, и применяемые ими инструменты нормируются в зависимости от напряжения и вида электрооборудования. Так, при напряжении до 1000 В расстояние до токоведущих частей от людей и применяемых ими инструментов не менее 0,6 м, а расстояние до механизмов и машин – не менее 1 м. Для обозначения опасности прикосновения электрооборудование с доступной для обозрения стороны снабжены предупредительные знаки.

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением, - широко применяется в подземных выработках шахт и на поверхности. Все металлические части электротехнических устройств, нормально не находящиеся под напряжением, а также трубопроводы и сигнальные тросы, расположенные в которых имеются электрические установки и проводники на участке – заземлены. Сущность защитного действия заземления состоит в том, что оно образует дополнительный и с очень малым сопротивлением путь для тока замыкания, который проходит параллельно пути через тело человека. Чем сопротивление заземления, тем меньшая часть тока замыкания пройдет через тело человека. Электрозачитные средства – это переносные и перевозные изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током и воздействия электрической дуги и электромагнитного поля.

Электрозачитные изолирующие средства делятся на основные и дополнительные.

Основные изолирующие средства обладают изоляцией, способной длительно выдерживать рабочее напряжение, и поэтому ими разрешается

касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением. К ним относятся диэлектрические перчатки, изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками, а также указатели напряжения.

Дополнительные изолирующие защитные средства самостоятельно не могут защищать человека от поражения током. Они применяются вместе с основными для усиления защитного действия. К ним относятся диэлектрические калоши и ковры, боты и изолирующие подставки.

5.3 Противопожарное оборудование подъёмной установки

От пожарных резервуаров к каждому стволу шахты должен прокладываться трубопровод, диаметр которого равен диаметру трубопровода, проложенного в стволе, но не менее 150 мм, а между зданиями и сооружениями - не менее 100 мм.

На подшкивной площадке и у шкивов копров должны быть установлены оросители, которые размещают по контуру защищаемого объекта, с тем, чтобы по всей защищаемой поверхности создавалась водяная завеса.

Требованиями п.п. 21 - 22 "Инструкции по противопожарной защите угольных шахт" к §553 ПБ установлено, что вентили и задвижки, подающие воду к разбрызгивающим установкам на подшкивных площадках копров и в устьях стволов, должны располагаться вне помещений, в которых могут распространиться продукты горения (дым, высокая температура).

Разбрызгиватели установок для защиты подшкивных площадок копров располагаются по периметру подшкивных площадок, т.е. мест, где могут отлагаться смазочные материалы. Суммарный расход воды должен соответствовать требованиям ПБ. Часть воды должна подаваться на канаты для

их охлаждения. Система трубопроводов и органов управления должна быть сухотрубной, а задвижки для подачи воды в систему – предохранены от замерзания. Они так же должны располагаться в местах, не подверженных задымлению и действию высоких температур при пожарах в стволах, надшахтных зданиях и др. сооружениях.

Расход воды на нужды пожаротушения на шахтных копрах в соответствии с требованиями ПБ должен быть не менее 25 куб.м/ч (7 л/с).

В устьях всех вертикальных стволов и шурфов ниже уровня расположения пожарных ляд по периметру поперечного сечения и на элементах армировки монтируется трубопровод, оборудованный оросителями. Форма (разводка) трубопровода должна обеспечивать создание плотной водяной завесы, перекрывающей все поперечное сечение выработки.

Удельный расход воды в поперечном сечении ствола должен составлять 2 куб.м/ч на 1 кв.м поперечного сечения выработки для стволов, закрепленных негорючей крепью, и 6 куб. м/ч на 1 кв. м – для выработок, закрепленных горючей крепью.

Водяные завесы в устьях вертикальных стволов называют также кольцевыми завесами, однако это не значит, что конструктивно установка должна иметь форму кольца. Трубопроводы и разбрызгиватели установки в поперечном сечении ствола должны быть расположены таким образом, чтобы разбрызгиваемая вода создавала сплошную завесу с удельным расходом в соответствии с требованиями ПБ. Установка должна располагаться в стволе ниже пожарных ляд. Подача воды в установку должна осуществляться от пожарного водопровода на поверхности, так как при пожарах в стволах и других основных объектах, как правило, производится отключение электроэнергии в шахту. Задвижки для пуска воды в установку должны располагаться в помещениях (сооружениях), в которые не могут попасть газообразные продукты горения (дым), где бы ни возник очаг пожара и какой бы режим проветривания шахты при этом не применялся. Все трубопроводы и органы должны быть предохранены от замерзания.

Правилами безопасности в угольных шахтах допускается не сооружать пожарные ляды в устьях вертикальных стволов при многоканатных подъемах. Это обусловлено только тем, что при наличии в поперечном сечении большого количества канатов (иногда до нескольких десятков) создать достаточно герметичную ляду затруднительно. Если устройство ляды (моста-ляды) проектом не предусматривается, то на случай поступления продуктов горения (дыма) из ствола в башенный копер (надшахтное здание) в проекте необходимо предусмотреть устройство герметизирующих дверей, клапанов, заслонок на всех проемах, соединяющих помещения башенного копра с его внутренней шахтой. Если проектом предусматривается устройство ляды (моста-ляды), то необходимо предусмотреть наличие заранее подготовленных, опробованных и подогнанных приспособлений для герметизации ляд после их закрытия.

Эти приспособления должны храниться вблизи устья ствола или в складе пожарных материалов, для чего должно быть предусмотрено специальное место.

Для проектирования всех герметизирующих устройств и сооружений, которые в зимнее время находятся постоянно или могут оказаться в результате реверсирования вентиляционной струи в условиях отрицательных температур, должны быть разработаны меры, облегчающие их открывание (закрывание), на случай примерзания, образования наледей.

При решении вопросов эвакуации людей из зданий и помещений необходимо выполнить расчеты количества эвакуационных выходов из зданий с учетом наличия людей на этажах и в помещениях, обязательно нужно принять во внимание возможность задымления помещений не только в случае пожара в данном или соседних помещениях, но также в случае выполнения общешахтного реверсирования вентиляционной струи при пожаре в одной из основных горных выработок, возможность самопроизвольного опрокидывания вентиляционной струи при значительном развитии пожара в выработке или остановке вентиляторов главного проветривания.

В необходимых случаях, особенно в башенных копрах, должен решаться вопрос об обеспечении работников средствами индивидуальной защиты дыхания (самоспасателями) и индивидуальными светильниками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа литературных источников и проведенных исследований получены следующие результаты:

1. Рассмотрены основные способы снижения динамических нагрузок в канатах во время предохранительного торможения и их недостатки.
2. Доказано, что силы сопротивления играют положительную роль при предохранительном торможении в многоканатных подъемных установках с канатоведущим шкивом трения в режиме спуска груза.
3. Произведено математическое моделирование предохранительного торможения с подтормаживанием сосуда с грузом по параметрам действующей шахтной многоканатной подъемной установки.
4. Установлено, что предохранительное торможение с подтормаживанием сосуда в режиме подъема груза позволит снизить динамические усилия в канатах, а также уменьшит вероятность возникновения проскальзывания канатов после стопорения подъемной машины.
5. Определена рациональная величина тормозного усилия, приложенного к подъемному сосуду для снижения динамических нагрузок в канате для многоканатных шахтных подъемных установок.
6. Разработана схема контроля запаса газа в баллоне с передачей показаний на пульт управления подъемной машиной. Данная схема позволяет машинисту подъемной машины контролировать запас источника энергии необходимый для правильной работы тормозного устройства.
7. Создана модель тормозного устройства сосуда с грузом вне башмаков, как отдельный узел. Рассчитанные нагрузки показали, что устройство возможно эксплуатировать в реальных условиях.
8. Расчет элементов армировки шахтного ствола показал, что нагрузка не превышает пределов прочности материалов конструкции, но при этом возможно потребуется усиление крепежных элементов.

9. Предложенная усовершенствованная система торможения позволяет уменьшить динамические нагрузки в канатной системе, а также снизить вероятность проскальзывания каната для многоканатных подъемных установок.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. А. с. № 1715705 СССР, МКИ В 66 В 1/32 / Способ дискретного управления тормозом шахтной подъемной машины / Васильев В. И., Чермалых В.М., Матвиенко Н. П. // Открытия. Изобретения. - 1992. Бюл. № 8.

2. А.с. №716960 СССР, МКИ В 66 В 1/24 /Способ торможения подъемных машин / Найдено И.С.//Открытия. Изобретения. -1980. Бюл. №7.

3. Бежок В.Р. Шахтный подъем: Научно-производственное издание / В.Р. Бежок, В.И. Дворников, И.Г. Манец и др. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2007. – 624 с.

4. Белобров В.И. Тормозные системы шахтных подъемных машин / В.И. Белобров, В.Ф. Абрамовский, В.И. Самуся. – Киев: Наукова Думка, 1990. – 176 с.

5. Васильев В.И. Обоснование рациональных динамических параметров предохранительного торможения шахтных подъемных установок: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.09/ Васильев В.И. – Киев, 2012. – 208 с.

6. Карпышев Н.С. Тормозные устройства шахтных подъемных машин/ Н.С. Карпышев. – М.: Недра, 1968. – 248 с.

7. Киричок Ю.Г., Привод шахтных подъемных установок большой мощности / Ю.Г Киричок, В.М. Чермалых. – М.: Недра, 1972. – 336 с.

8. Кускильдин Р.Б. Устранение проскальзывания канатов по футеровке канатоведущего шкива в режиме предохранительного торможения путем подтормаживания сосудов / Р.Б. Кускильдин, В.И. Александров. // Естественные и технические науки– 2015. — №11. – С. 331 –340.

9. Кускильдин Р.Б. Снижение динамических нагрузок на канат при осуществлении предохранительного торможения на шахтных подъемных установках: автореф. дис. ... докт. техн. 05.05.06 / Кускильдин Р.Б. — Санкт-Петербург, 2015. — 21 с.

10. Манец И. Г. Техническое обслуживание и ремонт шахтных стволов / И. Г. Манец, Б. А. Грядущий, В. В. Левит; под ред. С. А. Сторчака. – В 2-х т. – Донецк: Світ книги, 2012. –Т. 1. – 419 с.; Т. 2. – 418 с.

11. Манометры с электрическим выходным сигналом. [Электронный ресурс] –

Режим доступа http://www.wika.ru/pgt23_100_pgt23_160_ru_ru.WIKA?ProductGroup=73638&311=1297.

12. Очков В.Ф. Mathcad 14 для студентов,инженеров и конструкторов/ В.Ф. Очков. – СПб.: БХВ – Петербург, 2007. – 368 с.

13. Песвианидзе А.В. Расчет шахтных подъемных установок. – М.: Недра, 1992. – 250 с.

14. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. – М.: Недра, 1976. – 303 с.

15. Степанов А.Г. Динамика шахтных подъемных установок/ А.Г. Степанов. – Пермь: УрО РАН, 1994. – 203 с.

16. Степанов А.Г., Корняков М.В. Динамика машин: монография / А.Г. Степанов, М.В. Корняков. – 2-е изд., испр. и доп. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2014, – 412 с.

17. Траубе Е.С. Тормозные устройства и безопасность шахтных подъемных машин / Е.С. Траубе, И.С. Найденко. –М.: Недра, 1980. – 256 с.

18. Трифанов Г.Д. Повышение срока службы канатов и эффективность эксплуатации шахтных подъемных установок: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.05.06 / Трифанов Г.Д. – Екатеринбург, 2013. – 32с.

19. Федоров М.М. Шахтные подъемные установки / М.М. Федоров. – М.: Недра, 1979. – 309 с.

20. Чугунов А.Н. Исследование способов уменьшения динамических нагрузок при аварийном торможении шахтных подъемных установок: автореф. дис. ... канд. техн. наук: / Чугунов А. Н. – Магнитогорск, 1974. – 21 с.

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