

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ СКАТЫВАНИЯ ПОД УКЛОН ПОДВИЖНОГО СОСТАВА КАНАТНОЙ ОТКАТКИ, ПРИ ДУБЛИРОВАНИИ ЕЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

Петров А.Г.¹, Авершин А.А.², Степанов Е.И.³ Email: Petrov226@scientifictext.ru

¹Петров Александр Геннадиевич - кандидат технических наук, доцент;

²Авершин Андрей Александрович - кандидат психологических наук, доцент;

³Степанов Евгений Иванович - кандидат технических наук, доцент,

кафедра горной электромеханики и транспортных систем,

Стахановский учебно-научный институт горных и образовательных технологий

Луганский национальный университет им. Владимира Даля,

г. Стаханов, Украина

Аннотация: в работе предложены дополнительные удерживающие механизмы защиты от скатывания под уклон, кинематически не связанные с системой защиты отдельного транспортного средства и подвижного состава в целом, не взаимодействующие с головками рельс пути на зажимание, и со шпалами пути на жесткое стопорение. Представлен конструктивный принцип дублирования системы защиты от скатывания под уклон подвижного состава вагонеток одноконцевой канатной откатки. Используемые дополнительные удерживающие механизмы устанавливаются на платформы вагонеток подвижного состава.

Ключевые слова: удерживающий механизм; защита; скатывание под уклон; транспортное средство; подвижный состав; рельсовый путь.

ANALYSIS OF THE SYSTEM OF PROTECTION FROM ROLLING DOWN THE SLOPE, ROLLING STOCK, ROPE HAULAGE, WHEN YOU DUPLICATE THEM TO ADDITIONAL DEVICES

Petrov A.G.¹, Avershin A.A.², Stepanov E.I.³

¹Petrov Alexander Gennadievich - candidate of technical Sciences, associate Professor;

²Avershin Andrey Aleksandrovich - candidate of psychological Sciences, associate Professor;

³Stepanov Evgeny Ivanovich - candidate of technical Sciences, associate Professor,

DEPARTMENT OF MINING ELECTROMECHANICS AND TRANSPORT SYSTEMS (AIRCRAFT AND VEHICLE),

STAKHANOV EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC INSTITUTE OF MINING AND EDUCATIONAL TECHNOLOGY

AFFILIATED WITH DALIA LUGANSK STATE UNIVERSITY,

STAKHANOV, UKRAINE

Abstract: proposed additional restraint mechanisms to protect from rolling downhill, kinematically not associated with a system of protection separate vehicle and rolling stock as a whole, does not interact with the rail heads way on pinching, and to the sleepers of the way on hard lock. Presents the structural principle of the duplication system of protection from rolling downhill rolling stock trolleys one-ended rope haulage. Used additional restraint mechanisms are mounted on platforms of trolleys rolling stock.

Keywords: retention mechanism; protection; rolling downhill; vehicle; rolling stock; track.

УДК 622.625. (088.8)

Введение и постановка проблемы. Условия горного производства диктуют архитектуру построения технических систем, особенно связанную с проблемой безопасности ведения очистных и подготовительных работ в угольной промышленности. Глубина залегания пластов ведет к необходимости углубления вертикальных стволов, а это сложный и затратный способ. Использование действующих и оснащение оборудованием вновь созданных наклонных выработок обуславливает поиск технических и конструктивных решений, повышающих надежность систем улавливания и защиты от скатывания под уклон подвижного состава канатной откатки. Верхний и нижний горизонты угледобывающего участка технологически связаны между собой наклонной выработкой, оборудованной концевой откаткой, по которой подвижный состав грузовых вагонеток транспортирует основные грузы, материалы и механизмы. При эксплуатации откатки возможны аварийные ситуации с тяжелыми последствиями: расстыковка прицепного устройства подъемного каната с головной вагонеткой состава, обрыв каната, разрыв сцепок между вагонетками. Во всех случаях состав или его часть, наращивая скорость, скатывается вниз, производя по пути разрушения и угрожая жизни людей, работающих на нижнем горизонте. Устранение последствий аварии требует значительных финансовых и материальных затрат, а также остановки участка на период ремонта, что нарушает график выполнения основных работ.

Для обеспечения безопасных условий эксплуатации откатки состав вагонеток оснащают улавливающим приспособлением, способным удержать его на уклоне при возникновении нестандартных ситуаций. В повседневной практике для этих целей применяют различные устройства. Существуют два основных вида улавливающих механизмов: взаимодействующих со шпалами рельсового пути и зажимающих головки рельсов. В зависимости от конструкции они выполняют либо плавную, либо жесткую остановку состава. Жесткая остановка реализуется с помощью шарнирно соединенных с рамой улавливающего приспособления тормозных плужков, упирающихся в рабочее положение в шпалу рельсового пути. Резкое торможение состава - основной недостаток подобных конструкций. Большие динамические нагрузки способствуют сходу вагонеток с рельсов, их развороту, капотированию, а удары о стенки выработки разрушают ее крепь и смонтированное оборудование. Плавная остановка состава происходит за счет протягивания с усилием сквозь амортизационное устройство тормозного каната, который сматывается с бобины, оснащенной фрикционными муфтами. Канат и тормозные элементы входят в комплект оборудования улавливающего приспособления системы защиты от скатывания под уклон. Инерционность системы все же сохраняет значительные динамические нагрузки и в выработках с большим углом наклона возможен отрыв и сход транспортных средств с рельсового пути. Например, по данным МакНИИ, в угольной промышленности при эксплуатации канатной откатки ежегодно происходит в среднем 20 несчастных случаев [1, 2]. Более половины из них обусловлено неуправляемым скатыванием подвижного состава под уклон, хотя эти составы были оборудованы системами защиты и улавливания от скатывания.

Поэтому разработка дополнительных (новых) мероприятий, технических решений и технических средств защиты на шахтном транспорте, дублирующих основные элементы (системы) защиты и повышающих надежность работы транспортных магистралей, особенно при транспортировании людей, является актуальной. Это снижает и практически исключает аварийные ситуации при транспортировании, как грузов, так и людей канатной откаткой в наклонных выработках.

Данная работа является продолжением исследований по выяснению возможности применения «независимых» дополнительных устройств и приспособлений для дублирования системы защит от скатывания под уклон подвижного состава, проведенных в статье [3].

Анализ публикаций. Системы улавливания и защиты от скатывания под уклон подвижного состава канатной откатки напрямую или косвенно связаны конструктивно с составом вагонеток. Согласно [2] можно проследить их кинематическую связь. Техническая система концевой откатки состоит из рельсового пути наклонной выработки, лебедки подъемной установки, подвижного состава вагонеток с тормозной тележкой, на ходовой платформе которой установлены тормозной механизм с прицепным устройством и удерживающей лебедкой, прицепленным к тяговому канату лебедки подъемной установки через прицепное устройство тормозного механизма и сцепленным канатом удерживающей лебедки с ходовой платформой последней вагонетки состава, улавливающих барьеров типа «гильотина» и аппаратуры автоматизации. В случае обрыва тягового каната или прицепного устройства, торможение осуществляется колесными парами тормозной тележки, вследствие чего из-за низкого коэффициента трения между колесом и рельсом, вагонетки состава могут «пролетать» значительные расстояния, прежде чем будут уловлены улавливающими барьерами (то есть прежде, чем сработают элементы аппаратуры автоматизации). При торможении части состава, при обрыве сцепного устройства между вагонетками, она удерживается канатом удерживающей лебедки и может набрать большую скорость скатывания. Датчик контроля числа вагонеток в составе - исполнительный элемент опускания барьера не сработает и аварийная часть состава не будет уловлена ближайшим барьером, а «проскочит» к другому ниже установленному барьеру, и даже, если и будет уловлена этим барьером, то масштаб аварии окажется значительным (сход с рельсов состава, опрокидывание вагонеток, разрушение крепления и улавливающего барьера, травмирование людей), что обуславливает тенденцию к увеличению количества устанавливаемых улавливающих барьеров в наклонной выработке для поддержания необходимого уровня безопасности при эксплуатации канатной откатки в угольной шахте. Кроме этого, из-за специфических условий эксплуатации в подземных выработках аппаратуры автоматизации возможен выход из строя ее элементов (блоков, устройств, технических средств управления и так далее), а также обесточиванию части или всего комплекта аппаратуры автоматизации, то перечисленные негативные факторы могут также оказаться масштабными.

Кинематическая связь систем защиты с основной конструкцией отдельно взятого транспортного средства в составе вагонеток представлена в типовом устройстве [4]. Это устройство включает в себя состав вагонеток, ходовую тележку с тормозным механизмом и амортизирующий механизм с тормозными канатами, закрепленными на ходовой тележке и вагонетках состава, транспортное средство также имеет сцепку-расцепитель, кинематически связанный с тормозным механизмом и головной вагонеткой. Такое выполнение, разгружает амортизирующий механизм от тягового усилия, однако не предусматривает возможность наезда на препятствие впереди, при этом при торможении верхняя часть устройства под действием сил инерции может сойти с рельсового пути. В другом транспортном средстве

конструктивно выполненном в виде кузова, рамы, ходовой тележки, тормозной системы с кареткой и включателем [5] отсутствует механизм торможения при подходе к препятствию на рельсовом пути, а также механизм удерживания этого транспортного средства на рельсовом пути при экстренной остановке. В компоновочном конструктивном сочетании, включающем кузов, раму, ходовые тележки, тормозную систему с кареткой и включателем и предохранительный упор, размещенный в направляющих рамы аналогичного транспортного средства [6], также отсутствует механизм удерживания на рельсовом пути при срабатывании тормозной системы при аварийной, экстренной остановке, т.к. под действием сил инерции транспортное средство может сойти с рельсового пути даже при заклинивании рельса захватами каретки. Верхняя часть устройства под действием сил инерции - инерционности «подпрыгивает», что может привести к сходу устройства с рельсового пути.

Формулирование задачи. В основу поставлена задача исключить масштабные аварийные ситуации в наклонных выработках при транспортировке полезного ископаемого канатной откаткой при обрыве тягового каната, прицепного устройства или сцепного устройства в самом составе, за счет торможения и надежного удержания состава или части состава при скатывании под уклон без набора скорости скатывания дополнительными удерживающими механизмами, не взаимодействующими со шпалами рельсового пути и не зажимающими головки рельсов.

Материалы и результаты исследований. В работе представлен конструктивный принцип дублирования систем защиты от скатывания под уклон подвижного состава вагонеток одноконцевой канатной откатки. Используются дополнительные удерживающие механизмы которые устанавливаются на платформы вагонеток подвижного состава. Эти механизмы кинематически не связаны с системой защиты от скатывания как отдельного транспортного средства так и состава в целом и не взаимодействуют со шпалами рельсового пути, и не зажимают головки рельсов. Технические решения конструктивного исполнения дополнительных удерживающих механизмов защищены патентами [7, 8].

На основе технического решения, заложенного в патенте [7], на рисунке 1 представлена разработанная технологическая схема канатной откатки с системой улавливания и защит от скатывания под уклон подвижного состава с «дублирующими» элементами; на рисунке 2 показан вид А (Вид сбоку) подвижного состава вагонеток; на рисунке 3 показано: (а) - сечение А-А на рис. 2; (б) - сечение В-В; (с) - сечение Б-Б; на рисунке 4 показано: (а) - блок-схема функциональной взаимосвязи аппаратуры автоматизации; (б) – «фрагмент» схемы защиты от обрыва каната. Нумерация обозначений во всех приведенных схемах работы одна и та же.

Устройство канатной откатки с системой улавливания и защиты от скатывания под уклон подвижного состава состоит из рельсового пути наклонной выработки 1 с верхней приемно-отправочной площадкой 2 (ПОП) и нижней ПОП 3, подъемной установки, подвижного состава вагонеток с тормозной тележкой 4, на ходовую платформу которой установлены тормозной механизм 5 с прицепным устройством (на чертеже не показано) и удерживающая лебедка 6, прицепленным к тяговому канату 7 лебедки 8 подъемной установки, установленной в камере 9, через прицепное устройство тормозного механизма 5, улавливающих 10 барьеров типа «гильотина», установленных по всей длине наклонной выработки 1 и аппаратуры автоматизации, в комплект которой входят:

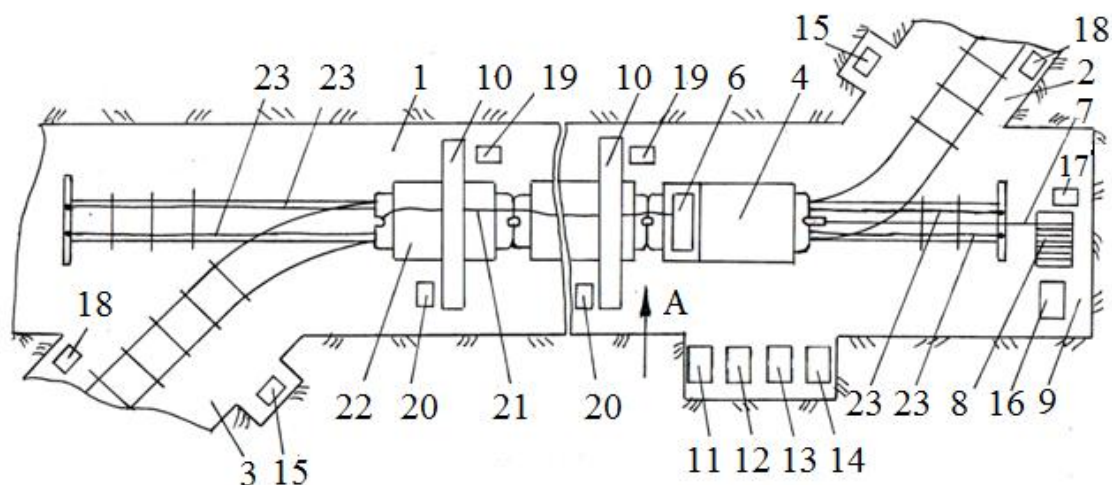


Рис.1. Технологическая схема канатной откатки с системой улавливания и защиты от скатывания под уклон подвижного состава вагонеток

основные блоки - исполнительный блок 11, блок 12 сигнализации и индикации, блок 13 приемника информации о скорости подвижного состава, блок 14 контроля числа вагонеток (задатчик),

установленные в нише наклонной выработки; вспомогательные блоки - блоки 15 включения световой и звуковой сигнализации, блок 16 преобразования информации, блок 17 отключения аппаратуры управления лебедкой 8 подъемной установки и технические средства управления - датчик скорости ДС и передатчик информации о скорости состава ПС, установленные на тормозной тележке (на чертеже не показано), устройства 18 считываний числа вагонеток в составе, датчики 19 контроля числа вагонеток в составе, исполнительные элементы 20 опускания улавливающего барьера. Канатом 21 удерживающей лебедки 6 тормозной тележки сцепленный также с ходовой платформой последней вагонетки 22 состава, который выполняет функции как тормозной тележки так и «балластной». На верхнее строение рельсового пути наклонной выработки уложены предохранительные канаты 23, закрепленные на концах рельсового пути (на чертеже не указаны) с надетыми на них полыми зажимами 24. Зажимы закреплены в нижних частях ходовых платформ тормозной тележки и балластной вагонетки 22, например, сваркой, болтовым соединением, хомутами. Часть полости зажимов 24 имеет форму конической поверхности 25 и снабжена коническими сегментами 26, а часть полости зажимов имеет форму цилиндрической поверхности с большим и меньшим диаметром.

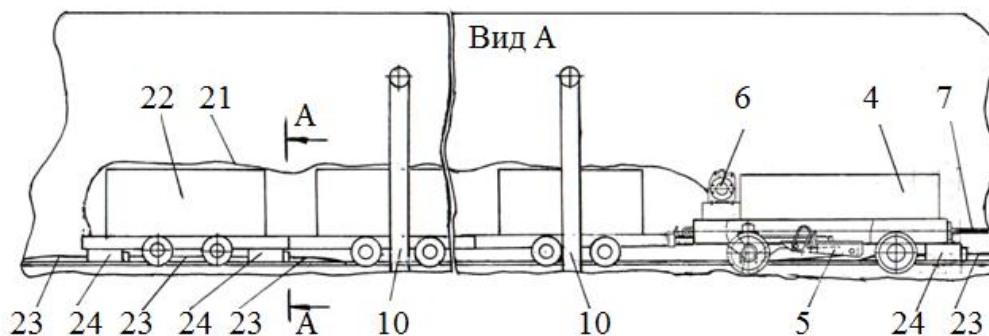


Рис. 2. Вид сбоку подвижного состава вагонеток (Вид А на рис. 1)

Полость 27 с цилиндрической поверхностью большего диаметра снабжена упругим элементом 28, а полость 29 с цилиндрической поверхностью меньшего диаметра снабжена полым винтом 30, установленным с возможностью радиального и аксиального перемещения в этой полости.

В зажимах конические сегменты 26 прижаты упругим элементом 28 через шайбу 31 к поверхности предохранительного каната 23 и цилиндрической частью 32 своей поверхности, а к конической поверхности 25 зажима и к торцу полого винта 30 конической частью 33 своей поверхности и меньшим основанием, соответственно. Конические сегменты 26 могут быть выполнены из дерева, специальных пластмасс, мягких металлов и так далее. Стрелочные переводы верхней ПОП 2 и нижней ПОП 3 на наружной нити переводной кривой имеют стыки (на чертеже не показаны), в которые укладываются предохранительные канаты 23 тормозной тележкой и «балластной» вагонеткой 22 при формировании подвижного состава для движения по наклонной выработке вверх или вниз.

В системе «барьер» в улавливающих барьерах 10 используется металлическая или другая, такая, что отвечает требованиям прочности сетка (на чертеже не показано). При движении состава с грузом по наклонной выработке вверх информация о его скорости от установленного на тормозном барабане датчика скорости ДС и передатчика ПС передается в блок 13, откуда поступает в блок 11. В случае обрыва тягового каната 7 или прицепного устройства срабатывает тормозной механизм 5 тормозной тележки и начинается торможение состава. Скорость состава при этом превышает допустимую и блок 11 дает команду на исполнительный элемент 20 для опускания ниже установленного улавливающего барьера 10. Одновременно блок 11 подает команду в блок 12, который формирует сигналы на включение блоков 15 и 16, а также подает сигнал в блок 17. Лебедка 8 подъемной установки останавливается, а состав улавливается в ближайшем улавливающем барьере 10. В случае обрыва сцепного устройства (на чертеже не показано) при подходе к нижней ПОП груженого состава (перед формированием состава в наклонной выработке) устройство 18 считывает число вагонеток в составе, которое передается в блок 14 (задатчик). В наклонной выработке в местах установки улавливающих барьеров 10 установлены датчики 59. При обрыве сцепного устройства часть состава, что отцепилась, опускается ниже 6 за основной состав на величину напуска каната 21 удерживающей лебедки 6 тормозной тележки. Ближайший датчик 19 передает в блок 14 информацию о прохождении части состава. Блок 14 фиксирует несоответствие полученной информации с ранее полученной от устройства 18 и подает сигнал в блок 11 на остановку лебедки 8 (блок 17), опускание ниже установленного улавливающего барьера 10 (исполнительный элемент 20) включение световой и звуковой сигнализации (блоки 15 и 16).

В случае использования в системе (рис. 3) предохранительных канатов 23 с надетыми на них полыми зажимами 24, закрепленными к нижним частям платформ тормозной тележки 4 и балластной вагонетки 22, последовательность функционирования системы не меняется.

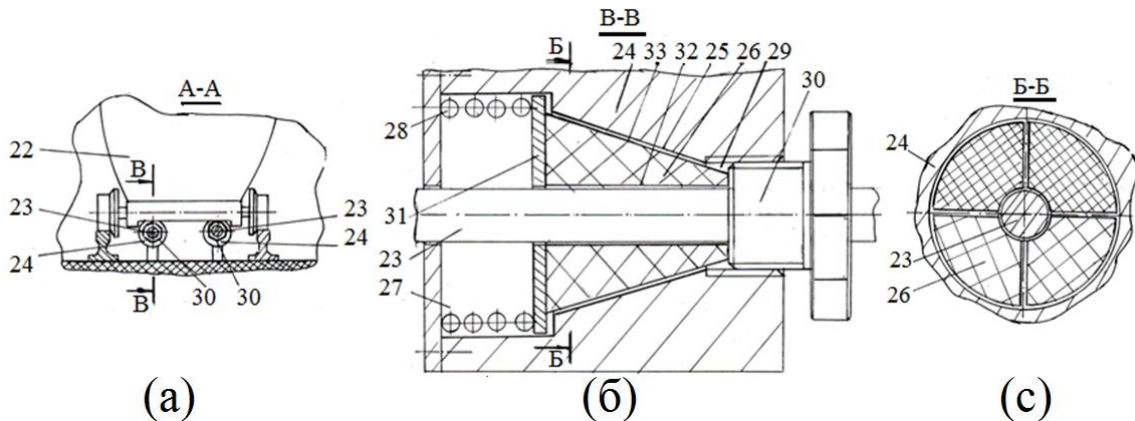


Рис. 3 Поперечное сечение: (а) – по А-А на рис. 2; (б) – по В-В; (с) – по Б-Б

При движении груженого состава вверх по наклонной выработке полый винт с зажимов 24 устанавливается так, что его торец не соприкасается с нижним основанием конических сегментов 26. Сегменты скользят по поверхности предохранительного каната 23, сжимая упругий элемент 28, и в зажиме не происходит «расклинивание» этими сегментами поверхности каната. При обрыве тягового каната 7, прицепного устройства или сцепных устройств в составе происходит скатывание состава и расклинивание (заклинивания) коническими сегментами 26 поверхности предохранительного каната 23 в зажимах 24 (т. е. цилиндрической частью 32 сегменты зажимают поверхность предохранительного каната 23). Происходит резкое торможение всего состава в случае обрыва тягового каната 7 или прицепного устройства, зажимами 24 тормозной тележки и балластной вагонетки 22 или части состава, в случае обрыва сцепного устройства в составе, зажимами 24 балластной вагонетки 22 и содержание состава или части состава на предохранительных канатах 23. При движении ненагруженного состава вниз по наклонной выработке полый винт с зажимов 24 устанавливается так, чтобы его торец соприкасался с нижними основаниями конических сегментов 26, сжимая в полости 27 упругий элемент 28. В этом случае заклинивания поверхности предохранительного каната 23 коническими сегментами 26 не состоится, поскольку сегменты 26 не перемещаются на расклинивание (заклинивания).

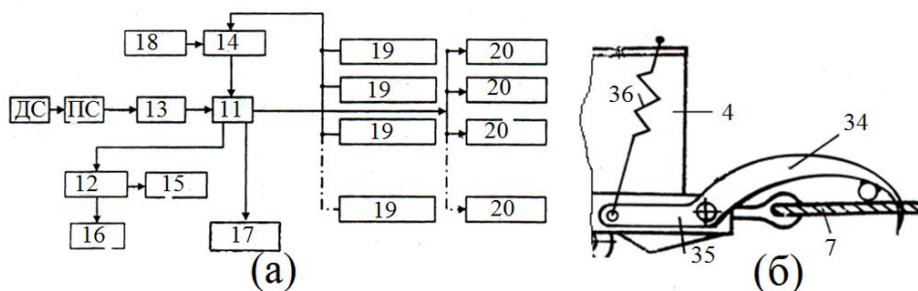


Рис. 4. (а) – блок-схема взаимосвязи комплекта аппаратуры автоматизации; (б) – «фрагмент» схемы взаимосвязи тягового каната с дополнительным удерживающим механизмом

В случае использования устройства, конструктивное исполнение которого приведено в работе [3] и исходя из технического решения изложенного в патенте [8], «дублирование» защиты от обрыва каната 7, этим дополнительным удерживающим механизмом, будет осуществляться следующим образом. Согласно схеме на рисунке 4, к ходовой платформе тележки 4 крепится специальный зацеп 34 с приводным рычагом 35 и упругим элементом 36, с возможностью углового перемещения относительно ходовой платформы. Зацеп 34 связан (взаимодействует) с тяговым канатом 7 «контактно», с тормозной тележкой 4 посредством упругого элемента 36 через приводной рычаг 35. В случае обрыва тягового каната 7 срабатывает тормозной механизм 5 системы защиты и одновременно под действием собственного веса и упругого элемента 36 зацеп 34 перемещается (угловое перемещение) и зацепляется за верхнее строение рельсового пути, за шпалы, удерживая тормозную тележку 4 состава вагонеток на рельсовом пути. Удержание тележки 4 осуществляется не жестким стопорением в шпалу специальным зацепом 34, а зацеплением его за шпалы с «гашением» инерционности подвижного состава.

Выводы. Таким образом, обеспечив систему улавливания и защиты от скатывания под уклон подвижного состава предохранительными канатами с надетыми на них полыми зажимами, закрепленными в нижних частях ходовых платформ, например первой и последней вагонетки подвижного состава, которые выполняют функции «балластных», позволит повысить надежность работы канатной откатки в наклонных выработках. За счет удержания в зажимах, всего состава или части состава, на предохранительных канатах при скатывании его под уклон в случае обрыва тягового каната, прицепного устройства или сцепного устройства. Выполнение полости зажимов различной формы поверхностей и размерности с размещением в них конических сегментов, упругого элемента и полого винта, позволит осуществлять зажим поверхности предохранительного каната, исключив тем самым набор скорости скатывания «аварийного» состава при движении состава с грузом без взаимодействия с шпалами рельсового пути и без взаимодействия с головками рельс. А также - закреплять эти зажимы к ходовым платформам любой вагонетки состава, осуществляя при необходимости быструю замену конических сегментов в качестве тормозных элементов. Постоянное «контактирование» тягового каната со специальным зацепом, при его обрыве, позволяет гасить инерционность технической системы (подвижного состава вагонеток), за счет «зацепления» за шпалы рельсового пути (не стопорение в шпалу), снижая тем самым динамические нагрузки, способствующие отрыву и сходу с рельсового пути подвижного состава.

Исследования, приведенные в статье [3], являются продолжением и в этой работе и могут быть полезны при проведении прогнозных и поисковых НИР, направленных на разработку новых технических решений, повышающих надежность работы канатной откатки, на стадии формулирования исходных технических требований к техническому заданию.

Список литературы / References

1. Гриф Б.В., Горчаков С.П. Охрана труда в угольной промышленности. М.: Недра, 1988.
2. Деревянский В.Ю., Бирюков В.В. Автоматизированный комплекс улавливания вагонеток «АКУЛА» // Уголь Украины, 2009. № 3. С. 18-20.
3. Петров А.Г. Дублирование тормозной системы устройства для транспортирования людей по наклонным выработкам / А.Г. Петров, А.А. Авершин, Е.И. Степанов // Научно-теоретический журнал «Наука и образование сегодня». М.: Изд-во «Проблемы науки» г. Иваново, 2017. № 2 (13). С. 12-14.
4. Авторское свидетельство СССР № 569728, Е 21 F 13/04, 1974.
5. Авторское свидетельство СССР № 352028, Е 21 F 13/04, 196
6. Авторское свидетельство СССР № 688647, Е 21 F 13/04, 1979.
7. Пат. 69120 Україна, МПК E21F 13/00. Система уловлювання та захисту від скочування під уклон рухомого состава канатної відкатки / Степанов Є. І., Романенко В.П., Хаджиков М.Р., Амірахов А.А.; заявник і патентовласник УПА. №u201110120; заявл. 16.08.2011; опубл. 25.04.2012, бюл. № 8.
8. Пат. 94981 Україна, МПК E21F 13/04; B61D 11/00. Пристрій для транспортування людей по нахиленим виробкам / Петров О.Г., Фіногєєва Т.С., Степанов Є.І.; заявник і патентовласник УПА. №U201406156; заявл. 04.06.2014; опубл. 10.12.2014, бюл. № 23.