УДК 621.86

Ю.Д.ТАРАСОВ, *д-р техн. наук, профессор, 328-82-20*
А.О.КУЗЬМИН, *студент, 328-82-20*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

Yu.D.TARASOV, *Dr. in eng. sc., professor, 328-82-20*
A.O.KUZMIN, *student, 328-82-20*
Saint Petersburg State Mining University

ПОВЫШЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ЛЕНТОЧНЫМИ КОНВЕЙЕРАМИ КРУПНОКУСКОВОГО ГРУЗА

Описаны новые конструкции и принципы действия демпфирующих устройств для грузонесущей ветви конвейерной ленты в зоне загрузки конвейера крупнокусковым грузом, обеспечивающие значительное снижение абразивного и усталостного износа конвейерной ленты. Приведена расчетная формула для определения нагрузок, определяющих основные параметры этих устройств.

Ключевые слова: грузонесущая ветвь ленты, амортизирующее устройство, отрезок желобчатой ленты, эластичные валики, поддерживающие ролики, долговечность конвейерной ленты, лабораторный стенд.

CONVEYOR BELTS SERVICE LIFE INCREASING DURING TRANSPORTATION ROUGH MATERIAL ON TAPE CONVEYORS

New design and action principles of damping devices for load-carrying branches of the belt conveyor loading zone of rough material, providing a significant reduction in fatigue wear and abrasive belt nave been described. The calculated formula for definition of the loadings which determine the main parameters of these devices is resulted.

Key word: load-carrying branch tapes, damping device, a piece of trough belt, elastic rollers, bearing rollers, belt durability, enhanced laboratory stand.

При эксплуатации конвейерного транспорта на обогатительных фабриках горно-металлургических предприятий и дробильно-сортировочных заводах нерудной промышленности серьезной проблемой является повышенный износ конвейерных лент при транспортировании конвейерами крупнокусковой руды и других изверженных пород, что приводит к существенному снижению долговечности дорогостоящих конвейерных лент и значительному увеличению эксплуатационных расходов и трудоемкости обслуживания ленточных конвейеров.

Известные конструкции амортизирующих устройств, используемых на горных предприятиях, недостаточно эффективны для решения данной проблемы, а также имеют ограничения по ширине конвейерной ленты, ее желобчатости, конструкция достаточно сложна и подвержена интенсивному износу в процессе эксплуатации конвейера.

На кафедре горных транспортных машин Санкт-Петербургского горного университета разработаны принципиальные схемы новых демпфирующих устройств со значительно улучшенными технико-экономическими показателями, которые позволяют не только улучшить амортизирующие свойства, но и расширить возможности использования устройств на конвейерах с увеличенными шириной ленты и желобчатости конвейерной ленты, с обеспечением возможности оптимизации параметров за счет их регулирования в процессе эксплуатации конвейера.

Рассмотрим конструкции разработанных устройств для поддержания грузоне-

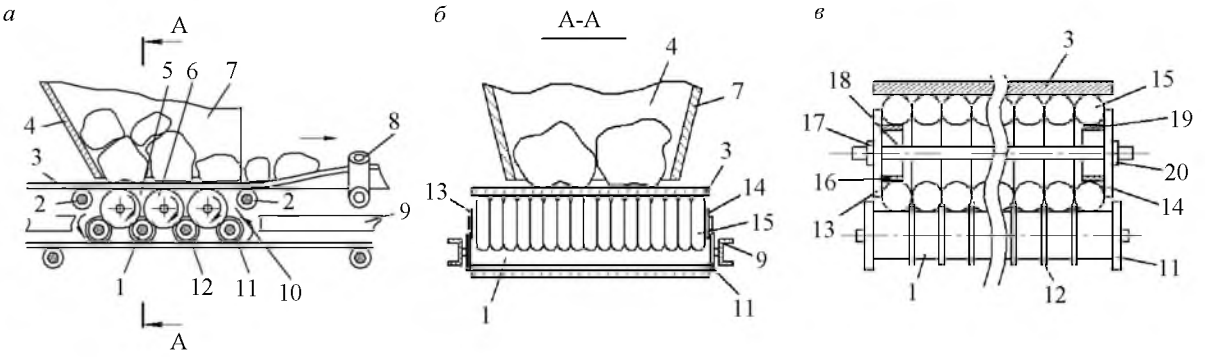


Рис.1. Амортизирующее устройство на базе вращающихся эластичных валиков: *а* – вид сбоку; *б* – разрез А–А; *в* – конструкция и узел установки валика на поддерживающих роликах

сущей ветви ленты в зоне ее загрузки крупнокусковым грузом, основанные на использовании в качестве демпфирующих элементов отрезка гибкой желобчатой ленты и эластичных валиков.

Устройство для поддержания ленты конвейера в месте его загрузки* состоит (рис.1) из установленных под грузонесущей ветвью ленты 3 конвейера опорных элементов в виде легких эластичных валиков 6 цилиндрической формы. Валики 6 с зазорами 5 между собой и с зазорами 10 между крайними валиками 6 и прямыми роликоопорами 2 грузонесущей ветви ленты 3 свободно опираются на размещенные между валиками 6 поддерживающие ролики 1. При этом каждый валик 6 опирается на два смежных поддерживающих ролика 1 с провисанием между ними, а смежные валики 5 опираются на общий для них поддерживающий ролик 1. Диаметр валиков 6 принят больше диаметра роликов 1, которые с возможностью вращения закреплены на раме 9 конвейера и снабжены по краям буртиками 11. Валики 6 установлены в зоне размещения загрузочного желоба 4, по которому груз попадает на грузонесущую ветвь ленты 3, которая в зоне загрузки конвейера имеет плоскую форму, а размещение груза по ее ширине ограничено направляющими бортами 7. За пределами направляющих бортов 7 грузонесущая ветвь ленты 3 имеет желобчатую форму, ограниченную роликоопорами 8.

Валики 6 выполнены из надувных камер 15 тороидной формы, свободно примыкающих друг к другу и фиксированных с двух сторон валика 6 нажимными дисками 13 и 14, соединенными между собой по оси валика 6 стяжным прутком 18 с зажимными гайками 17 и 20 на его концах. Нажимные диски 13 и 14 снабжены консольно и концентрично закрепленными на них обечайками 16 и 19 цилиндрической формы с возможностью их взаимодействия с внутренними поверхностями крайних надувных камер 15 валиков 6.

Поддерживающие ролики 1 выполнены с концентрическими приливами 12 полукруглой формы, размещенными по длине роликов 1 с возможностью взаимодействия приливов 12 с поверхностями эластичных валиков 6 и с возможностью размещения приливов 12 в свободных зонах между надувными камерами 15 валиков 6.

Устройство действует следующим образом. Подлежащий транспортированию груз по желобу 4 поступает на грузонесущую ветвь ленты 3. При падении крупных кусков лента 3 прогибается вниз и взаимодействует с эластичными надувными камерами 15 валиков 6, упруго деформируя их. Валики 6, составленные из надувных камер 15 и вращаясь от взаимодействия с лентой, передают воспринимаемую от ленты 3 нагрузку на ролики 1, а они – на раму 9 конвейера. При этом валики 6 вращаются по ходу движения ленты 3, а ролики 1 – в противоположном направлении. От поперечно-

* Пат. № 2340528 РФ. МПК B65G 47/74. Устройство для поддержания ленты в зоне ее загрузки / Ю.Д. Тарасов. Заявл. 28.06.2007. № 2007124439/11. Опубл. 10.12.2008. Бюл. № 34.

Pat. № 2340528 RF. MPK B65G 47/74. Device to maintain the tape in its area of load / Yu.D.Tarasov. Stat 28.06.2007. № 2007124439/11. Publ.10.12.2008. Bul. N 34.

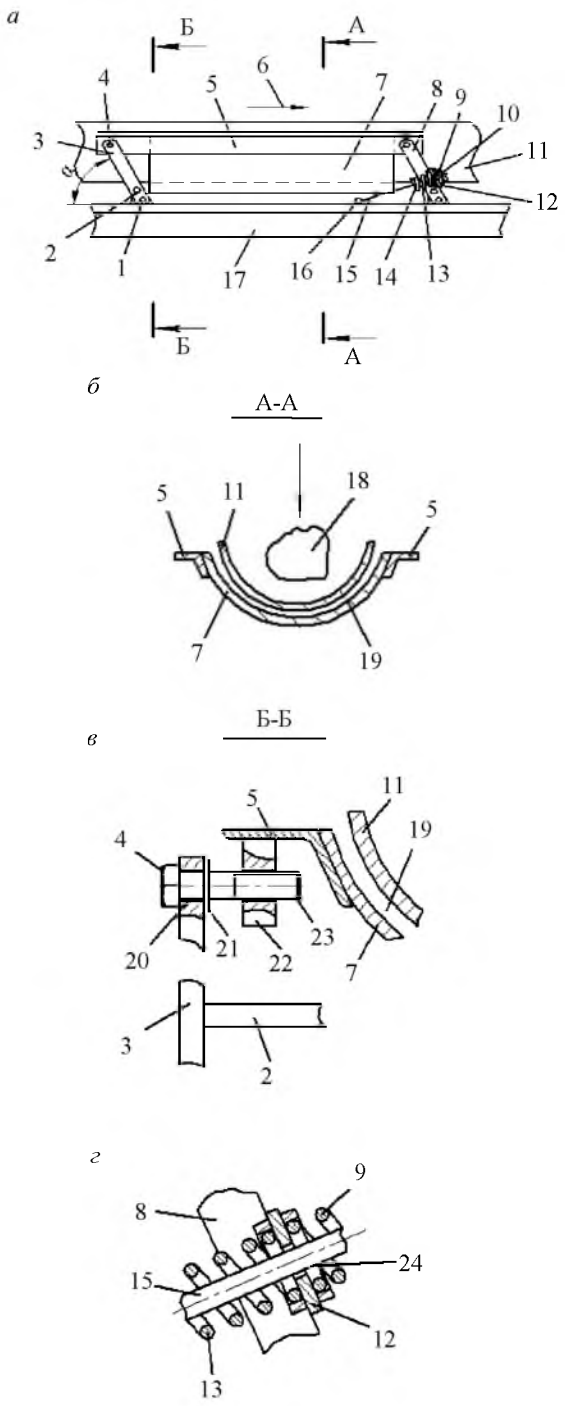


Рис.2. Амортизирующее устройство на базе вспомогательного отрезка желобчатой ленты: *а* – вид сбоку; *б* – разрез А-А; *в* – разрез Б-Б; *г* – узел установки тяги на звене

го смещения валики 6 удерживаются буртиками 11 роликов 1, а также за счет взаимодействия всех приливов 12 с надувными камерами 15 тороидной формы. Принятое соотношение диаметров валиков 6 и роликов 1 исключает возможность перекатывания валиков 6 через ролики 1. Конструкция валиков 6 может быть осуществлена из относительно несложных в изготовлении надувных камер 15 тороидной формы, поэтому позволяет по мере износа заменять не весь валик 6, а отдельный его элемент – одну из надувных камер 15. Свободное опирание эластичных валиков 6 на ролики 1 и их обкатывание по ним позволяет до минимума снизить массу валиков 6 и их жесткость, а значит уменьшить нагрузку на ленту 3 при ее взаимодействии с крупными кусками транспортируемого груза, до минимума свести возможность разрушения и нарушения целостности ленты 3, повысить ее долговечность. Размещение валиков 6 между смежными роликами 1 минимальными зазорами 5 и с провисанием валиков 6 между роликами 1 наряду с принятыми соотношениями их диаметров исключает возможность смещения валиков 6 в направлении движения ленты 3, обеспечивает независимое взаимодействие каждого валика 6 с лентой 3, снижая инерционность системы, обеспечивает минимальный пролет между смежными валиками 6, что дополнительно снижает нагрузку на ленту 3.

Устройство для поддержания конвейерной ленты в зоне ее загрузки на базе отрезка желобчатой ленты* состоит (рис.2) из размещенной под грузонесущей ветвью конвейерной ленты 11 с минимальным зазором 19 отрезка вспомогательной ленты 7, которая имеет желобчатый профиль в поперечном сечении, близкий к поперечному профилю грузонесущей ветви конвейерной ленты 11. Верхние кромки вспомогательной ленты 7 закреплены на продольных балках 5, длина которых принята больше длины отрезка вспомогательной ленты 7, а ее опоры выполнены в виде шарнирно закрепленных 1 на каждой балке 5 и соответствующем прогоне 17 двух параллельных друг другу звеньев 3 и 8 с углом α их наклона в сторону, противоположную направлению движения конвейерной ленты 11 и с возможностью поворота в верти-

* Патент № 2342342 РФ. МПК B65G 47/74. Устройство для поддержания ленты в зоне загрузки / Ю.Д.Тарасов. Заявл.11.07.2007. № 2007126484/11. Опубл. 27.12.2008. Бюл. № 36.

Pat. № 2342342 RF. MPK B65G 47/74. Device to maintain the tape in its area of load / Yu.D.Tarasov. Stat. 11.07.2007. № 2007126484/11. Publ. 27.12.2008. Bul. N 36.

кальной плоскости. Звенья 3, 8 балки 5 и прогоны 17 образуют шарнирные параллелограммы. Одно из звеньев с каждой стороны вспомогательной ленты 7, например звено 8, кинематически связано с прогоном 17 с помощью тяги 15, свободно размещенной в отверстии 24 кронштейна 12 звена 8 и шарнирно соединенной 16 с прогоном 17. Тяга 15 к кронштейну 12 с двух сторон подпружинена пружинами сжатия 13 и 9 одинаковой жесткости, которые вторыми концами упираются в регулировочные гайки 14 и 10 для их смещения по винтовой нарезке тяги 15. Каждый верхний шарнир 1 звеньев выполнен в виде свободно размещенного в отверстии 20 звена 3, 8 винта 4, нарезанная часть 23 которого установлена для взаимодействия со снабженной нарезкой щекой 22, закрепленной на балке 5. При этом с внутренней стороны звеньев 3, 8 винт 4 от продольного смещения зафиксирован установочным кольцом 21. Звенья 3, 8 по обе стороны от вспомогательной ленты 7 попарно соединены между собой поперечинами 2, 18 – кусок транспортируемого груза в момент падения на конвейерную ленту 11, 6 – направление движения грузонесущей ветви конвейерной ленты 11.

Устройство действует следующим образом. Оптимизацию параметров устройства, обеспечивающую максимально возможную его демпфирующую способность и минимальный износ конвейерной 11 и вспомогательной 7 лент, осуществляют в следующей последовательности. Подбирают соответствующий угол α наклона звеньев 3 и 8 с помощью регулировочных гаек 14 и 10, которые при вращении смещаются вдоль тяг 24, благодаря чему обе пружины 14 и 10 смещаются вдоль тяг 15, а звенья 3 и 8 поворачиваются относительно шарниров 1. Выбирают величину зазора 19 между конвейерной 11 и вспомогательной 7 лентами, который устанавливают, вращая винты 4 в соответствующем направлении, благодаря чему щеки 22 смещаются в поперечном направлении относительно звеньев 3 и 8, а вместе со щеками смещаются относительно конвейерной ленты 11 и балки 5 с прикрепленными к ним кромками вспомогательной ленты 7. При совместном регулировании угла α наклона звеньев 3, 8 и величины зазора 19 может быть также подобран поперечный профиль вспомогательной ленты 7, максимально приближенный к поперечному профилю конвейерной ленты 11. В исходном положении грузонесущая ветвь конвейерной ленты 11 движется в направлении 6 с минимальным зазором 19 относительно вспомогательной ленты 7, не взаимодействуя с ней. Устойчивое положение звеньев 3 и 8 при заданном угле α их наклона обеспечивается за счет одинаковой жесткости пружин 13 и 9, которые фиксируют звенья 8 в заданном положении. При падении на конвейерную ленту 11 крупного куска 18 транспортируемого груза конвейерная лента 11 прогибается в зоне взаимодействия с куском 18 и начинает контактировать с вспомогательной лентой 7. За счет возникающей силы трения между ними вспомогательная лента 7 увлекается в направлении 8 движения конвейерной ленты 11 с одновременным подъемом за счет поворота звеньев 3 и 8 с обеих сторон по часовой стрелке. При этом пружины 9 сжимаются, а пружины 13 разжимаются. К концу акта динамического взаимодействия крупного куска 18 транспортируемого груза с конвейерной лентой 11 сила трения между конвейерной 11 и вспомогательной 7 лентами уменьшается и сжатые пружины 9 поворачивают звенья 3 и 8, соединенные между собой балками 5, против часовой стрелки в обратном направлении, обеспечивая возвращение вспомогательной ленты 7 в исходное положение с выводом ее из кратковременного контакта с конвейерной лентой 11 до следующего цикла взаимодействия с крупнокусковым грузом. Совместное кратковременное движение конвейерной 11 и вспомогательной 7 лент в момент подачи на конвейерную ленту 11 крупнокускового груза обеспечивает максимальную демпфирующую способность системы опирания, когда задействованы упругие свойства не только вспомогательной ленты 7, но пружин 13 и 9, а также обеспечивает снижение фрикционного износа конвейерной 11 и вспомогательной 7 лент за счет уменьшения работы сил трения. Ее снижению способствует также сокращение до минимума времени контакта конвейерной 11 и вспомогательной 7 лент. При этом благо-

даря желобчатому профилю вспомогательной ленты 7, близкому к поперечному профилю конвейерной ленты 11, эффективность работы устройства не будет снижаться и при нецентральном относительно продольной оси конвейерной ленты 11 воздействии на нее крупнокускового груза в зоне загрузки, а также практически при любой ширине конвейерной ленты 11.

Исходное уравнение для выбора основных параметров амортизирующих устройств может быть принято из условия равенства кинетической энергии, развиваемой падающим на ленту грузом, и работы сил сопротивления амортизирующего устройства:

$$83{,}25\pi a^3 \gamma v^2 = P\Delta,$$

где a – максимальный размер куска транспортируемого груза, загружаемого на конвейер, м; γ – плотность горной массы, т/м^3; v – расчетная вертикальная составляющая скорости загружаемого на конвейер транспортируемого груза в зоне его контакта с грузонесущей ветвью конвейерной ленты, м/с; P – средневзвешенная величина вертикальной составляющей усилия взаимодействия транспортируемого груза с конвейерной лентой, H; Δ – расчетный прогиб грузонесущей ветви ленты при ее взаимодействии с загружаемой горной массой, м.

Мгновенное значение величины P является функцией величины прогиба ленты при ее взаимодействии с крупнокусковым грузом, поэтому средневзвешенная величина P может быть рассчитана через соответствующую функцию, которая может быть определена на основе экспериментальных исследований на лабораторном стенде.

На кафедре горных транспортных машин разрабатывается лабораторный стенд для исследования и выбора рациональных значений указанных выше параметров первого варианта амортизирующего устройства. В дальнейшем планируются экспериментальные исследования также второго варианта амортизирующего устройства, предназначенного для использования на конвейерах при увеличенной желобчатости конвейерной ленты.

Стенд для исследования параметров амортизирующего устройства на базе эластичных валиков (рис.3) при загрузке ленточного конвейера крупнокусковым грузом со-

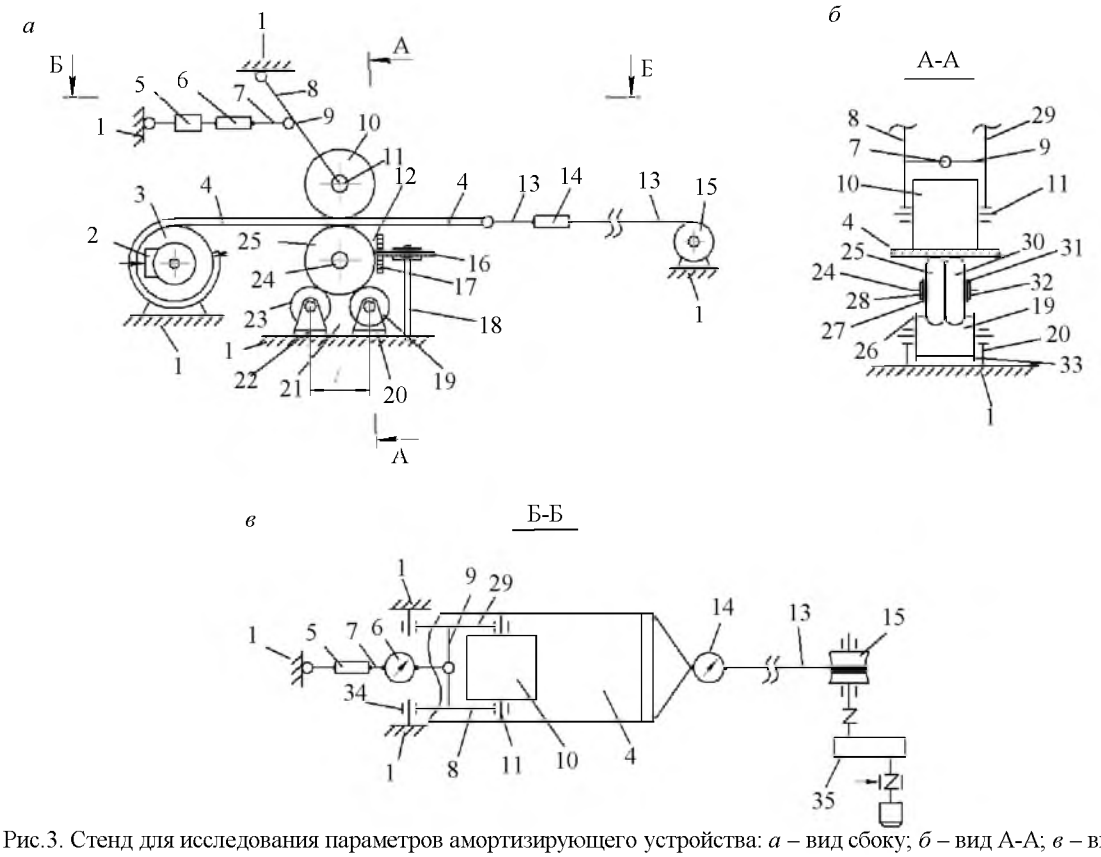


Рис.3. Стенд для исследования параметров амортизирующего устройства: *а* – вид сбоку; *б* – вид А-А; *в* – вид Б-Б

держит раму 1, отрезок конвейерной ленты 4, под которой с возможностью взаимодействия с ней размещены соединенные между собой стяжным прутком 24 с шайбами 27, 31 и фиксирующими гайками 28, 32 на концах два эластичных валика 25 и 30 цилиндрической формы. Валики 25 и 30 опираются на два смежных и размещенных с зазором 21 друг относительно друга цилиндрических ролика 23 и 19 с жесткими обечайками 26 и 33. Ролики 26, 33 установлены на раме 1 с возможностью вращения и смещения их подшипников 22, 20 в горизонтальной плоскости. Один конец отрезка ленты 4 закреплен на барабане 3, снабженном регулируемым тормозным приспособлением 2, а другой – соединен с гибким элементом 13, например, стальным проволочным канатом, который снабжен измерительным прибором 14 и соединен с барабаном 15. Барабан 15 кинематически связан с приводным блоком 35 с регулируемой частотой вращения двигателя. Над эластичными валиками 25, 30 соосно с ними и с возможностью взаимодействия с верхней поверхностью отрезка ленты 4 размещен барабан 10, ось 1 которого закреплена на концах двух соединенных поперечиной 9 наклонных рычагов 8 и 29, шарнирно 34 установленных на раме 1. Поперечина 9 с помощью снабженной измерительным приспособлением 6 тяги 7 соединена с винтовым приводом 5, закрепленным на раме 1. Диаметр валиков 25, 30 принят больше диаметра роликов 26, 33. На раме 1 со стороны привода 35 отрезка ленты 4 установлена стойка 18 с размещенной в ее верхней части с возможностью смещения в направляющих горизонтальной планкой 16 с нанесенными на ней делениями и при размещении ее конца с минимальным зазором 12 относительно валиков 25, 30 на уровне их осей в исходном положении. На конце планки 16 закреплена нормально ориентированная к ней вертикальная пластина 17, на которой также нанесены деления. Валики 25, 30 могут быть надувными или изготовлены из эластичного материала, например из резины.

Экспериментальные исследования на стенде выполняются следующим образом. С помощью винтового привода 5 рычаги 8, 29 с барабаном 10 поворачивают по часовой стрелке с прижатием барабана 10 к отрезку ленты 4 с заданным усилием, адекватным ударной нагрузке загружаемого на конвейерную ленту крупнокускового транспортируемого груза. Усилие прижатия барабана 10 к отрезку ленты 4 фиксируется с помощью измерительного приспособления 6. Тормозное приспособление 2 задает необходимую величину натяжения отрезка ленты 4, после чего с заданной скоростью в течение короткого промежутка времени включается приводной блок 35, обеспечивающий при вращении барабана 15 смещение отрезка ленты 4 слева направо. При этом производится фиксация величины натяжения отрезка ленты 4 с помощью измерительного приспособления 14, прогиб отрезка ленты 4 вниз с деформацией валиков 25 и 30 с помощью вертикальной пластины 17 с делениями и возможное смещение валиков 25, 30 в сторону движения отрезка ленты 4 с помощью планки 16 с делениями. Исследования проводятся при использовании валиков 25, 30 различной жесткости (надувных или из эластичного материала), различных расстояниях l между роликами 23, 19, натяжениях отрезка ленты 4 и усилиях прижатия барабана 10 к отрезку ленты 4 и размещенным под ней валикам 25 и 30, различных скоростях смещения отрезка ленты 4 относительно валиков 25 и 30. Дополнительная информация может быть получена при использовании валиков 25, 30 и роликов 23, 19 различного диаметра.

Внедрение разработанных конструкций амортизирующих устройств на горных предприятиях позволит существенно улучшить условия эксплуатации ленточных конвейеров, транспортирующих крупнокусковые грузы увеличенной плотности за счет повышения долговечности конвейерных лент при минимизации их износа в зоне загрузки конвейера, расширения возможности использования устройств на конвейерах с увеличенной шириной ленты, обеспечения возможности оптимизации параметров устройств за счет возможности их регулирования в процессе эксплуатации конвейеров при изменении условий их эксплуатации.