УДК 621.86

Ю.Д.ТАРАСОВ, *д-р техн. наук, профессор, tarasovud@yandex.ru*
А.В.КОПТЕВА, *студентка, ассистент профессора, mu5tang@list.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

YU.D.TARASOV, *Dr. in eng. sc., professor, tarasovud@yandex.ru*
A.V.KOPTEVA, *studen, professor's assistant, mu5tang@list.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ЛЕНТОЧНО-КАНАТНОГО КОНВЕЙЕРА ДЛЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Описана новая конструкция ленточно-канатного конвейера, являющаяся альтернативной существующим конструкциям двухконтурных канатно-ленточных конвейеров и позволяющая устранить органические недостатки существующих конвейеров. Приведены расчетные формулы для определения основных параметров, определяющих нагрузки на элементы конвейера и его привод.

Ключевые слова: ленточно-канатный, конвейер, двухконтурный.

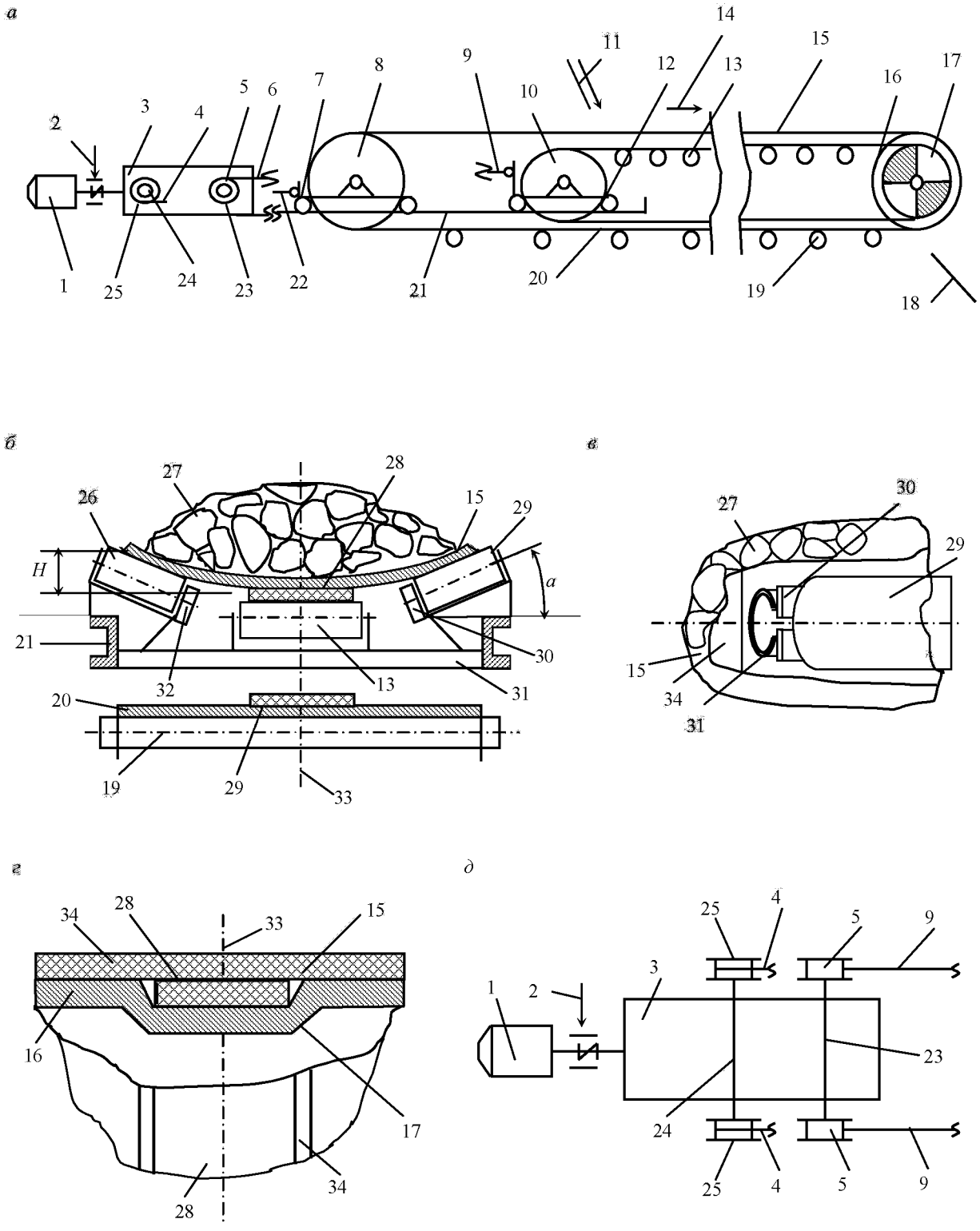
NEW CONSTRUCTIONS OF BELT-ROPES CONVEYORS FOR THE MOUNTAIN ENTERPRISES

The new design of cable-belt conveyor is described. This type of conveyor is alternative of existing two-planimetric cable-rope conveyors and it allows to eliminate organic lacks of existing conveyors is described. Settlement formulas for definition of key parameters defining loadings on elements of the conveyor and its drive are resulted.

Key words: cable-belt, conveyor, two-planimetric.

Недостатками существующих конструкций канатно-ленточных конвейеров [5], включающих бесконечно замкнутую в вертикальной плоскости на барабанах конвейерную ленту, два бесконечно замкнутых на приводных, натяжных и отклоняющих шкивах тягово-несущих стальных проволочных каната с возможностью опирания на них бортов конвейерной ленты, дисковые ролики с возможностью опирания на них канатов, являются сложность конструкции, вызванная раздельным замыканием ленточного и канатного контуров, значительным количеством отклоняющих шкивов для тяговых канатов и наличием сложных систем натяжки для двух тяговых канатов, ограничение площади поперечного сечения транспортируемого груза из-за незначительного прогиба конвейерной ленты в пролете между тяговыми канатами, что снижает несущую способность ленты и производительность конвейера. Предлагаемое техническое решение направлено на устранение указанных недостатков известных конструкций канатно-ленточных конвейеров с улучшением технико-экономических показателей.

Ленточно-канатный конвейер новой конструкции (см. рисунок) содержит раму 21, загрузочное 11 и разгрузочное 18 приспособления, бесконечно замкнутый на барабанах 16 и 8 контур ленты, содержащий грузонесущую 15 и нерабочую 20 ветви. Внутри контура ленты 15, 20 вдоль ее продольной оси 33 размещен бесконечно замкнутый на приводном 17 и натяжном 10 шкивах тяговый контур 28 из стального проволочного каната прямоугольного поперечного сечения. Тяговый контур 28 размещен с возможностью опирания каната на грузонесущей ветви 15 ленты на горизонтально ориентированные ролики 13. Борта ленты на ее грузонесущей ветви 15 опираются на на-



Ленточно-канатный конвейер: *а* – продольный разрез; *б* – поперечный разрез;
в – вид сверху на роликоопору для ленты; *г* – поперечный разрез по оси барабана с приводным шкивом;
д – кинематическая схема натяжного устройства, вид сверху

клонные ролики 26 и 29 с формированием желобчатого профиля ленты в поперечном сечении. При этом ролики 26 и 29 для опирания грузонесущей ветви 15 ленты и ролики 13 для опирания каната 28 относительно друг друга по длине конвейера установлены на одном общем кронштейне 31, закрепленном на прогонах рамы 21 конвейера. Причем со стороны бортовых кромок каната 28 и с возможностью взаимодействия с ними на кронштейне 31 со стороны роликов 26 и 29 закреплены плоские ограничители 30 и 32 из пружинной стали, имеющие в плане С-образную форму и со стороны каната 28 покрытые слоем антифрикционного материала по отношению к материалу каната 28. Нерабочая ветвь 20 ленты опирается на ролики 19. На внутренней поверхности нерабочей ветви 20 ленты размещен канат 28 нижней ветви тягового контура.

Приводной шкив 17 выполнен в виде кольцевого углубления 34 трапецеидального поперечного сечения в цилиндрической обечайке приводного барабана 16, которое ориентировано по продольной оси 33 конвейера, с возможностью размещения в углублении 34 каната 28. Натяжной барабан 8 для ленты и натяжной шкив 10 для тягового контура из стального проволочного каната 28 размещены на тележках 7 и 12, каждая из которых двумя гибкими элементами 4 с узлом крепления 22 и 9 кинематически связана с бобинами 25 и 5, закрепленными на различных валах 24 и 23 редуктора приводного натяжного устройства 3. При этом передаточное отношение между валами 24 и 23 принято равным отношению коэффициента остаточного удлинения ленты 15, 20, при ее нагружении только как грузонесущего элемента, и коэффициента остаточного удлинения тягового контура 28 из стального проволочного каната, деленного на отношение диаметров навивки соответствующих гибких элементов 9 и 4 на бобинах 25 и 5 при рабочем натяжении стального проволочного каната 28 тягового контура, т.е.

$$i = K_{л}D_{к} / (K_{к}D_{л}),$$

где i – передаточное отношение между валами редуктора с закрепленными на них бобинами 25 и 5; $K_{л}$, $K_{к}$ – коэффициенты остаточного удлинения ленты 6, 20 и каната 28; $D_{л}$, $D_{к}$ – диаметры навивки на соответствующие бобины ленты и каната при рабочем натяжении тягового контура 28.

Другие обозначения рисунка следующие: 27 – транспортируемый груз; 14 – направление движения грузонесущей ветви 6 ленты; 32 – тормоз натяжного устройства 29, 33 – приводной двигатель натяжного устройства 29; α – угол наклона боковых роликов 26 и 29 для грузонесущей ветви 15 ленты; H – превышение боковых кромок грузонесущей ветви 15 ленты над верхней ветвью стального проволочного каната 28.

В качестве тягового контура возможно использование двух канатов – плоских или круглого поперечного сечения [3, 4].

Ленточно-канатный конвейер действует следующим образом. Предварительное рабочее натяжение тяговому контуру для передачи ему необходимого тягового усилия от приводного шкива 17 и рабочее натяжение ленте 15, 20 обеспечивается приводным натяжным устройством 3. Разные по значениям натяжение тягового контура из стального проволочного каната 28 и натяжение ленты 15, 20 достигается за счет того, что бобины 5 и 25, на которые наматываются гибкие элементы 9 и 4, соединенные с тележками 12 и 7 натяжного шкива 10 и натяжного барабана 8, вращаются при работе приводного двигателя 1 натяжного устройства 3 с разными угловыми скоростями, пропорциональными коэффициентам остаточного удлинения соответственно каната 28 и ленты 15, 20 с учетом отношения диаметров навивки гибких элементов 9 и 4 на бобины 5 и 25 при рабочем натяжении стального проволочного каната 28 тягового контура. После того, как натяжение тягового контура достигнет рабочего значения, автоматически, при срабатывании соответствующего датчика, или оператором натяжное устройство выключается, а реализуемое им натяжение фиксируется за счет срабатывания нормально замкнутого тормоза 2 натяжного устройства 3. Следует отметить, что значение натяжения контура ленты 6, 7 не является приоритетным, так как лента может выполнять только несущую функцию, при этом своей средней, наиболее на-

груженной частью, грузонесущая ветвь 6 ленты располагается на верхней ветви каната 28, который ее поддерживает от провисания по всей длине конвейера. При вращении приводного шкива 17 вместе с барабаном 16 тяговому контуру в виде стального проволочного каната 28 при его взаимодействии с поверхностью кольцевого углубления 34 в барабане 16 сообщается движущее усилие за счет трения между шкивом 17 и прижатым к нему на угле обхвата стальным проволочным канатом 28. Тяговое усилие от стального проволочного каната 28 передается опирающейся на тяговый контур грузонесущей ветви 15 ленты с находящимся на ней транспортируемым грузом 27 за счет сил трения, формируемых по всей длине конвейера за счет веса грузонесущей ветви 15 ленты с грузом 27. При этом в формировании усилия прижатия участвует почти вся весовая нагрузка. В то же время, поскольку лента 15, 20 огибает головной барабан 16, будучи натянутой с помощью натяжного устройства 3, часть потребного тягового усилия, определяемого суммарными сопротивлениями движению ленты, будет реализована также конвейерной лентой. Это позволит дополнительно повысить тяговые возможности конвейера. Нижняя ветвь тягового контура 28 перемещается совместно с нерабочей ветвью 20 ленты, свободно располагаясь на ее внутренней поверхности, которая опирается на роликоопоры 19. Тяговый контур в виде стального проволочного каната 28 от поперечного смещения удерживается плоскими ограничителями 31 и 32 с возможностью их минимальной упругой деформации в горизонтальной плоскости и обеспечения минимальной силы трения между ними и боковыми кромками стального проволочного каната 28 за счет покрытия ограничителей 31 и 32 слоем антифрикционного материала. Благодаря этому от поперечного смещения удерживается и грузонесущая ветвь 15 ленты. Удерживающими силами являются также силы трения между лентой 6 и стальным проволочным канатом 28. За счет центрирования грузонесущей ветви 15 ленты на всем пролете между барабанами 16 и 8 обеспечиваются также благоприятные условия и для перемещения без поперечного смещения нерабочей ветви 20 ленты. Использование в качестве тягового контура плоского стального проволочного каната 28 позволяет ограничить диаметры приводного 17 и натяжного 10 шкивов, а также диаметры барабанов 16 и 8. В предлагаемой конструкции конвейера количество опорных роликов 26, 29 и 19 не превышает количество роликов у обычного ленточного конвейера, но благодаря использованию канатного (28) тягового контура может быть значительно увеличена длина конвейера.

Основные параметры, формирующие нагрузки на элементы конвейера и определяющие потребную мощность привода, находят следующим образом. Сопротивление движению грузонесущей ветви тягово-несущего контура

$$W_{\text{гр}} = gL[(kq_{\text{л}} + \Sigma q_{\text{к}} + q)(w'\cos\beta \pm \sin\beta) + q_{\text{рг}} w'_{\text{л}} + q_{\text{рк}} w'_{\text{к}}],$$

где L – длина конвейера, м; k – отношение длины ленточного L_0 и канатного L контуров при рабочих натяжениях соответственно ленты и каната ($k = L_0 / L$), $q_{\text{л}}$, $q_{\text{к}}$, q – линейная масса соответственно ленты, каната (или канатов) и транспортируемого груза, кг/м; w' – приведенный коэффициент сопротивления движению грузонесущей ветви тягово-несущего контура; β – угол наклона конвейера, град.; $q_{\text{рг}}$, $q_{\text{рк}}$ – линейная масса вращающихся частей роликоопор для ленты и каната, кг/м; $w'_{\text{л}}$, $w'_{\text{к}}$ – коэффициенты сопротивления движению соответственно ленты и каната по указанным выше роликоопорам.

Сопротивление движению нерабочей ветви тягово-несущего контура

$$W_{\text{х}} = gL[(kq_{\text{л}} + \Sigma q_{\text{к}})(w''\cos\beta \pm \sin\beta) + q_{\text{рх}} w''],$$

где w'' – коэффициент сопротивления движению тягово-несущего контура на его нерабочей ветви; $q_{\text{рх}}$ – линейная масса вращающихся частей роликоопор на нерабочей ветви тягово-несущего контура, кг/м.

При этом приведенный коэффициент сопротивления движению грузонесущей ветви тягово-несущего контура может быть определен как средневзвешенная величина

коэффициентов сопротивления движению ленты и каната по своим роликоопорам:

$$w' = [\Sigma q_к w'_к + \varphi(q + kq_л) w'_к + (1 - \varphi)(q + kq_л) w'_л](kq_л + \Sigma q_к + q)^{-1},$$

где φ – доля весовой нагрузки, приходящаяся на тяговый канат.

Что касается параметра w'', то он равен коэффициенту сопротивления движению тягово-несущего контура по роликоопорам нерабочей ветви ленты. Значение показателя φ определяется при исследовании модели нового конвейера на разработанном в СПГГИ(ТУ) стенде [1], который позволяет также оптимизировать параметры конвейера, определяющие форму лотка ленты на грузонесущей ветви конвейера, которые соответствуют максимальной несущей способность ленты при заданной номинальной ширине ленты.

Суммарные сопротивления движению тягово-несущего контура

$$\Sigma W = gKL\{[(kq_л + \Sigma q_к)(w' + w'') + qw']\cos\beta \pm \pm q\sin\beta + q_{рг} w'_л + q_{рк} w_к' + q_{рх} w''\},$$

где K – коэффициент ($K > 1$), учитывающий местные сопротивления движению тягово-несущего контура.

Потребная мощность привода конвейера

$$N = \Sigma W v \cdot 10^{-3} \eta^{-1},$$

где v – скорость движения тягово-несущего контура, м/с; η – КПД передаточного механизма привода конвейера.

Предлагаемое техническое решение позволяет существенно упростить конструкцию конвейера, уменьшить габариты приводной и натяжной станций и повысить производительность конвейера при той же ширине ленты, что дает возможность эффективно использовать новые ленточно-канатные конвейеры на горных предприятиях в условиях стесненной рабочей зоны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заявка 2008145821 РФ, B 65G 15/00. Стенд для исследования параметров ленточно-канатного конвейера / Ю.Д.Тарасов, А.В.Коптева. Заявлено 19.11.2008.

2. Пат. 2363641 РФ, B 65G 15/00. Ленточно-канатный конвейер/ Ю.Д.Тарасов. № 2008113897; Заявлено 25.03.2008; Опубл. 10.08.09; Бюл. № 22.

3. Пат. 2363642 РФ, B 65G 15/00. Ленточно-канатный конвейер / Ю.Д.Тарасов. № 2008113897; Заявлено 08.04.2008; Опубл. 10.08.09; Бюл. № 22.

4. Пат. 2363643 РФ, B 65G 15/00. Канатно-ленточный конвейер / Ю.Д.Тарасов. № 2008113898; Заявлено 08.04.2008; Опубл. 10.08.09; Бюл. № 22.

5. *Спиваковский А.О.* Транспортирующие машины / А.О.Спиваковский, В.К.Дьячков. М.: Машиностроение, 1968, 504 с.

REFERENCES

1. RF 2008145821 appl, B 65G 15/00. The stand for research of parameters of the cable belt conveyor / Yu.D.Tarasov, A.V.Kopteva. Subm 19.11.2008.

2. RF Patent 2363641, B 65G 15/00. Cable-belt conveyor / Yu.D.Tarasov. № 2008113897 Subm 25.03.2008;. Pubd. 10.08.09; Bul. № 22.

3. RF Patent 2363642, B 65G 15/00. Cable-belt conveyor/ Yu.D.Tarasov. № 2008113897; Subm 08.04.2008, Pubd 10.08.09; Bul. № 22.

4. RF Patent 2363643, B 65G 15/00. Cable-belt conveyor / Yu.D.Tarasov. № 2008113898; Subm 08.04.2008; Pubd 10.08.09; Bul № 22.

5. *Spivakovskyi A.O., D`achkov V.K.* The transporting cars. Moscow: Mashinostroenye, 1968. 504 p .

Научный руководитель д-р техн. наук, профессор *Ю.Д.Тарасов*