

УДК 622.682:621.867.212.7

Глебов Андрей Валерьевич

кандидат технических наук,
заместитель директора по научным вопросам,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: Glebov@igduran.ru

Семенкин Александр Владимирович

младший научный сотрудник лаборатории
транспортных систем карьеров и геотехники,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: semenkin@igduran.ru

Берсенева Виктор Анатольевич

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник лаборатории
транспортных систем карьеров и геотехники,
Институт горного дела УрО РАН,
e-mail: v.a.bercenev@igduran.ru

Кармаев Геннадий Дмитриевич

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник лаборатории
транспортных систем карьеров и геотехники,
Институт горного дела УрО РАН

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ
КОНСТРУКТОРСКИХ ДИНАМИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ КРУТОНАКЛОННЫХ
КОНВЕЙЕРОВ****Аннотация:*

Статья посвящена исследованию динамических параметров крутонаклонных конвейеров. Приводится обзор конструкций крутонаклонных конвейеров для различных условий эксплуатации, в частности, рассмотрена конструкция крутонаклонного конвейера (КНК) со стационарными прижимными устройствами с упоминанием недостатков такого исполнения. Авторы предлагают выполнить прижимные элементы КНК, движущиеся синхронно с лентой прижимного контура. Приведены результаты сравнения между конструкциями КНК с широко распространенными стационарными прижимными устройствами и с движущимися прижимными элементами. Оценка проведена по основным предельным параметрам КНК для часовых грузопотоков в интервале 1000 – 6000 т/ч при использовании резинолент со скоростью движения 3,15 м/с и подъеме горной массы с насыпной плотностью 2 т/м³ под углом 45°. Сравнение производительности представлено в виде отношения расчетной часовой производительности КНК с движущимися прижимными элементами к одноименной величине КНК со стационарными прижимными элементами при использовании грузонесущих лент одинаковой

DOI: 10.25635/2313-1586.2019.03.107

Glebov Andrey V.

Candidate of Technical Sciences,
Deputy Director on Scientific Questions,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,
620075, Ekaterinburg,
58 Mamina-Sibiryaka Str.
e-mail: Glebov@igduran.ru

Semenkin Alexander V.

Junior Researcher,
Laboratory of Open Pit Transport Systems
and Geotechnics,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS
e-mail: semenkin92@mail.ru

Bersenev Viktor A.

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher,
Laboratory of Open Pit Transport Systems
and Geotechnics,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS
e-mail: v.a.bercenev@igduran.ru

Karmayev Gennadiy D.

Candidate of Technical Sciences,
Laboratory of Open Pit Transport Systems
and Geotechnics,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS

**INVESTIGATION AND SUBSTITUTION
OF DESIGN AND DYNAMIC PARAMETERS
OF STEEPLY INCLINED CONVEYORS***Abstract:*

This paper examines the dynamic parameters of steeply inclined conveyors (SIC). The article provides an overview of the design of the steeply inclined conveyors for various operating conditions, in particular, the design of the steeply inclined conveyor with stationary pressure devices, with reference to the disadvantages of such an embodiment. The authors propose to perform the clamping elements of the SIC, moving synchronously with the tape of clamping circuit. The article presents the results of a comparison between designs of SIC with widespread stationary clamping devices and another one with moving clamping elements. The assessment was carried out according to the main limiting parameters of SIC for hourly cargo flows in the range of 1000 - 6000 t/h when using rubber cable belts with a speed of 3.15 m/s and lifting the rock mass with a bulk density of 2 t/m³ at an angle of 45°. The performed comparison is presented in the form of the ratio of the prospected hourly performance of the SIC with moving pressure elements to the same value data of the SIC with stationary pressure elements when using load-carrying belts of the same width (1200 - 2000 mm). Further important factors (the operation of conveyor belts in transitional curve sections, their deformation when the load is

* Статья подготовлена в рамках Госзадания № 075-00581-19-00, тема № 0405-2019-0005

ширины (1200 – 2000 мм). Другие важные факторы (работа конвейерных лент на участках переходных кривых, деформации их при прижатии груза, относительное проскальзывание грузонесущей и грузоудерживающей лент и др.) оценены лишь качественно из-за недостатка теоретических исследований и сведений практической эксплуатации КНК. В результате исследования выявлены некоторые преимущества у конструкции КНК с движущимися прижимными элементами.

Ключевые слова: циклично-поточная технология (ЦПТ), крутонаклонный конвейер (КНК), параметры крутонаклонного конвейера, прижимная лента, грузонесущая лента, грузоудерживающая лента, движущиеся прижимные элементы

pressed, the relative slippage of the load-bearing and load-holding belts etc.) were evaluated only qualitatively, because of the lack of theoretical research and information on the practical operation of the SIC. As a result of the study some advantages of the SIC design with moving clamping elements were revealed.

Key words: cyclic-flow technology (CFT), steeply inclined conveyors (SIC), steeply inclined conveyor parameters, clamping belt, load carrying belt, load-holding belt, moving clamping elements

Усложнение горнотехнических условий при разработке глубокозалегающих месторождений полезных ископаемых открытым способом вызывает необходимость использования в карьерах крутонаклонных подъемников для доставки горной массы на поверхность.

В структурах механизации циклично-поточной технологии (ЦПТ), являющейся наиболее эффективной при разработке глубоких карьеров, предпочтительным является применение крутонаклонных ленточных конвейеров.

Анализом конструктивного исполнения крутонаклонных конвейеров установлено большое разнообразие их конструкций для различных условий эксплуатации [1 – 7]. В глубоких карьерах для транспортирования крупнодробленой массы целесообразно использовать двухконтурные ленточные конвейеры с прижимными (грузоудерживающими) лентами (угол наклона до 25 – 30°) и дополнительным прижатием груза с помощью устройств, взаимодействующих с грузоудерживающей лентой (угол подъема более 30°) [8, 9].

Широкое распространение за рубежом получили прижимные устройства в виде подпружиненных или подрессоренных катков, установленных стационарно на линейном ставе конвейера. Они прижимают боковые полосы грузонесущей и грузоудерживающей лент друг к другу и последнюю к транспортируемому материалу, создавая необходимое прижимное усилие.

Крутонаклонные конвейеры с упомянутыми прижимными устройствами обладают существенными недостатками [10]:

- стационарно установленные прижимные устройства грузонесущей ленты создают предпосылки движения транспортируемого материала между ними в направлении хвостовой части конвейера при неравномерной загрузке ленты. Это может происходить за счет дополнительных скатывающих сил, возникающих при взаимодействии кусков транспортируемого материала с прижимными элементами. Такое явление снижает надежность и безопасность работы конвейера;

- возникающие динамические нагрузки при взаимодействии прижимных устройств с кусками транспортируемого материала значительно повышают его шевеление, что существенно увеличивает износ рабочих поверхностей конвейерных лент. Износ лент также повышается за счет дополнительных изгибных деформаций на участке переходной кривой хвостовой части конвейера, возникающих в лентах вследствие изменения формы их поперечного сечения;

- снижение приемной способности грузонесущей ленты до 30 – 40% вследствие использования ее боковых полос шириной около 200 – 250 мм для прижатия грузоудерживающей ленты боковыми катками.

Анализ состояния вопроса

Имеется предложение по выполнению прижимных элементов КНК, движущихся синхронно с лентой прижимного контура [11]. Особенностью конструкции является исполнение прижимных элементов в виде гофр, закрепленных на внешней (рабочей) поверхности ленты грузоудерживающего контура [12].

Для КНК с движущимися прижимными элементами авторами разработаны принципиальная схема и методика определения основных параметров и эксплуатационных показателей [10], что позволяет укрупненно оценить его преимущества и недостатки относительно КНК других конструкций.

Далее приводятся некоторые результаты сравнения КНК с движущимися прижимными элементами и прижимными элементами, стационарно установленными на линейном ставе конвейера. Оценка проведена по основным предельным параметрам КНК для часовых грузопотоков в интервале 1000 – 6000 т/ч при использовании резинотросовых лент со скоростью движения 3,15 м/с и при подъеме горной массы с насыпной плотностью 2 т/м³ под углом 45°. По другим важным факторам (работа конвейерных лент на участках переходных кривых, деформации их при прижатии груза, относительное проскальзывание грузонесущей и грузоудерживающей лент из-за возможной десинхронизации их движения и др.), оказывающих существенное влияние на износ и долговечность конвейерных лент из-за недостатка теоретических исследований и сведений практической эксплуатации КНК, проведена только качественная оценка.

Расчетные основные параметры КНК со стационарными и движущимися прижимными элементами представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные параметры двухконтурных крутонаклонных конвейеров

Наименование параметра		Производительность, т/ч					
		1000	2000	3000	4000	5000	6000
Ширина ленты, мм	1)	<u>1200*</u> 1200	<u>1600</u> 1600	<u>1800</u> 1800	<u>2000</u> 2000	<u>2000</u> 2000	<u>2200</u> 2200
	2)	<u>1200*</u> 1000	<u>1200</u> 1000	<u>1400</u> 1200	<u>1600</u> 1400	<u>1600</u> 1400	<u>1800</u> 1600
Прочность ленты, н/мм ширины	1)	<u>4000</u> 2500	<u>5000</u> 2500	<u>5000</u> 2500	<u>4000</u> 2500	<u>4000</u> 2500	4000 2500
	2)	<u>4000</u> 2500	<u>5000</u> 2500	<u>4000</u> 2500	<u>4000</u> 2500	<u>4000</u> 2500	<u>4000</u> 2500
Предельная длина конвейера, м	1)	714	610	421	355	284	260
	2)	725	429	333	287	231	217
Высота подъема материала, м	1)	510	430	298	250	200	183
	2)	516	303	236	203	163	153
Установленная мощность привода, кВт	1)	<u>1890</u> 1000	<u>3000</u> 1500	<u>3000</u> 1500	<u>3750</u> 1600	<u>3000</u> 2000	<u>3750</u> 2000
	2)	<u>1890</u> 1000	<u>1890</u> 1000	<u>2400</u> 1250	<u>2600</u> 1250	<u>2600</u> 1250	<u>3000</u> 1500
Мощность на 1 м высоты подъема, кВт/м	1)	5,7	10,46	15,1	21,4	25,0	31,42
	2)	5,67	9,54	15,46	18,96	23,6	29,4

В столбце под 1) и 2) в строке 1 приведены показатели для КНК со стационарными прижимными элементами, в строке 2 – для КНК с движущимися прижимными элементами.

*) над чертой приведены показатели для грузонесущего контура, под чертой – для грузоудерживающего контура КНК

Исследования показывают, что у КНК со стационарными прижимными элементами суммарная ширина конвейерных лент в 1,3 – 1,4 раза больше, чем у КНК другой конструкции. При этом расчетные прочности лент в обоих случаях являются равными. Вследствие этого предельная длина конвейера и высота подъема горной массы отличаются в 1,15 – 1,25 раза. Этот показатель в некоторых условиях разработки карьеров, когда конвейерный подъемник необходимо проложить одним ставом, имеет решающее значение при выборе конструкции КНК. Что касается мощности приводных станций, то при ее большей суммарной величине у КНК со стационарными прижимными элементами по причине, упомянутой выше, удельные значения на 1 м высоты подъема транспортируемого материала (кВт/м) отличаются у рассматриваемых КНК незначительно.

Сравнение по производительности конвейерных установок представлено в виде отношения расчетной часовой производительности КНК с движущимися прижимными элементами ($Q_{дв}$) к одноименной величине КНК со стационарными прижимными элементами ($Q_{ст}$) при равных ширинах грузонесущих лент (1200 – 2000 мм) (рис. 1).

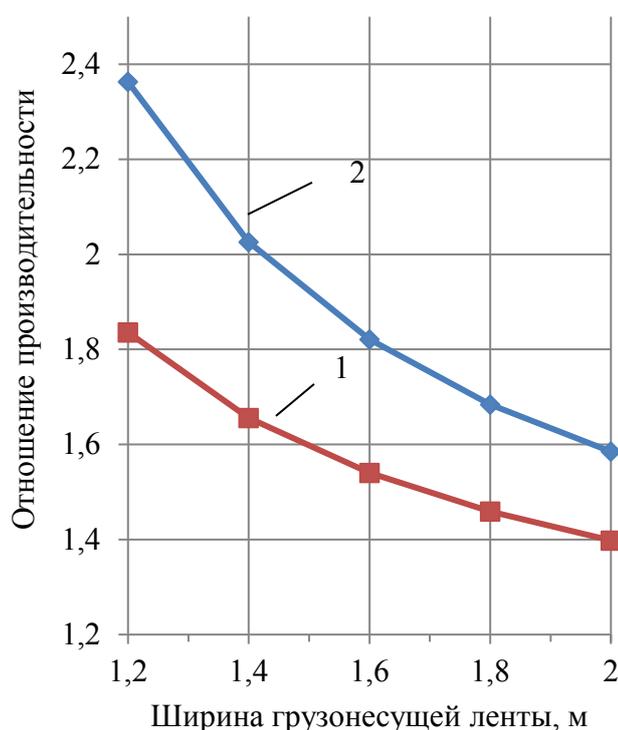


Рис. 1 – Отношение теоретической часовой производительности КНК с движущимися прижимными элементами $Q_{дв}$ в зависимости от ширины грузонесущей ленты: 1 – при ширине прижимной кромки у КНК_{ст} $b_6=150$ мм; 2 – то же при $b_6=200$ мм.

Исследование эксплуатационных параметров и показателей КНК

При расчетах часовой производительности для КНК со стационарными прижимными элементами рабочая ширина грузонесущей ленты принималась равной с учетом незагружаемых боковых полос (b_6) шириной 150 и 200 мм. Приведенное отношение производительностей, снижающееся с уменьшением величины b_6 и повышающееся с ее увеличением, в значительной мере характеризует использование технических возможностей конвейерного оборудования. Теоретический коэффициент использования технических возможностей, определяемый произведением коэффициентов использования оборудования во времени и по производительности, у КНК с движущимися прижимными элементами следует ожидать в 1,6 – 2,35 раза выше, чем у КНК другой конструкции при $b_6=200$ мм и в 1,4 – 1,8 раза при $b_6=150$ мм. Этот фактор весьма значительно влияет на себестоимость конвейерного подъема 1 т горной массы из карьера и производительность труда.

Важное значение при эксплуатации КНК имеет величина вогнутого переходного участка от горизонтальной к наклонной части конвейера, правильный выбор которой позволяет улучшить условия удержания транспортируемого материала от сползания в хвостовую часть конвейера, снизить его возможное просыпание между лентами, уменьшить деформации и напряжения в конвейерных лентах.

Проведенные исследования при определении радиуса вогнутой переходной кривой КНК со стационарными прижимными элементами показывают, что ограничивающим условием для обоснования радиуса переходной кривой могут явиться только напряжения и сжатия в прижимной ленте. В режимах пуска и остановки конвейера, а также при движении конвейера без груза грузонесущая лента на криволинейном участке под действием натяжения с усилием прижимается к прижимной ленте и также подвергается сжимающим и растягивающим напряжениям. Минимальный радиус переходной кривой принимается таким, когда лента не будет испытывать ни сжимающих, ни максимальных растягивающих усилий [13].

При использовании предложенного способа удержания транспортируемого материала в пространстве между лентами на переходном участке ход лент на линейном ставе конвейера должен быть практически идеальным без отклонений в какую-либо сторону, что дополнительно осложняется изменением их формы желобчатости. В таких условиях работы конвейерных лент не исключается просыпание транспортируемого материала из пространства между ними.

Некоторые показатели, полученные расчетным путем, характеризующие работу резиновых конвейерных лент на переходных участках с различными радиусами кривых, представлены ниже (рис. 2).

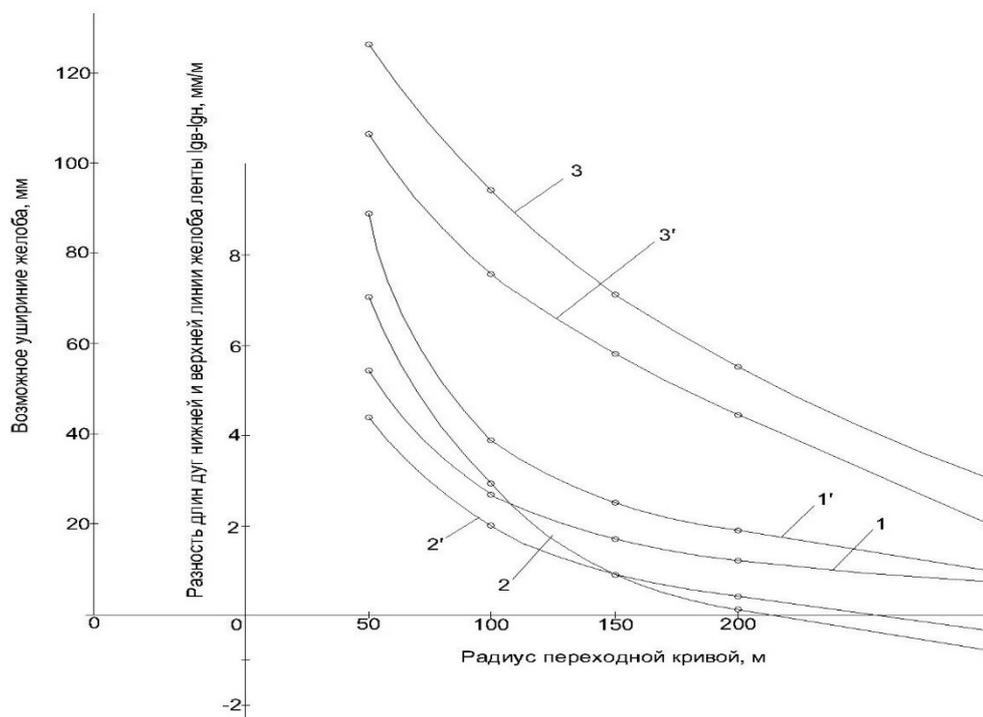


Рис. 2 – Показатели работы грузонесущей ленты КНК на переходном участке:
1 – разность длин дуг нижней и верхней линий желоба ленты в режиме холостого хода при ширине ленты $B_T=1200$ мм;
1' – то же при $B_T=1800$ мм;
2 – в режиме рабочего хода при производительности конвейера $Q=1000$ т/ч;
2' – то же при $Q=6000$ т/ч;
3 – уширение желоба ленты в режиме холостого хода при $B_T=1800$ мм,
3' – то же при $B_T=1200$ мм

Исследования показали, что грузоудерживающая конвейерная лента КНК с движущимися прижимными элементами из-за отсутствия желобчатости не испытывает практически при всех режимах работы конвейера деформаций сжатия, поэтому она не будет ограничивающим условием при определении радиуса переходной кривой.

Гофрообразующая лента, скрепленная с тяговой, несколько повышает потребность в конвейерных лентах, но существенно влияет на износ последней, воспринимая весь абразивный износ при контакте с транспортируемым материалом на себя. В связи с этим долговечность тяговой ленты определяется ее износом от изгибных деформаций на линейном ставе и барабанах, а гофрообразующей – износом от изгибных деформаций и абразивным истиранием рабочей обкладки ленты. У гофрообразующей ленты абразивный износ может увеличиться за счет некоторого проскальзывания между грузонесущей и грузоудерживающей лентами при возможной десинхронизации их движения. Кроме этого у гофрообразующей ленты со временем возникает опасность расслоения сердечника гофр.

В то же время движущийся прижимной элемент в виде гофр не способствует дополнительному шевелению на линейном ставе и скатыванию назад транспортируемого материала, как это возможно у КНК со стационарными прижимными элементами. Отмеченное может уменьшить абразивный износ грузонесущей ленты вследствие большей стабильности грузопотока в ее желобе, в том числе при десинхронизации движения лент.

В качестве недостатка использования в КНК грузоудерживающей ленты с движущимися прижимными элементами кроме несколько повышенной потребности в конвейерных лентах можно отметить более сложный первоначальный монтаж в связи с необходимостью крепления гофр на всей длине тяговой ленты. Но в процессе эксплуатации возможна не полная замена гофрообразующей ленты, а только наиболее изношенных ее участков, что оказывает влияние на ремонтпригодность оборудования.

Важным моментом при определении радиуса переходного участка в хвостовой части конвейера является обеспечение движения грузонесущей ленты по роликоопорам переходной кривой при сохранении желобчатости в любых режимах работы конвейера. К таким режимам относятся пуск, движение и торможение без нагрузки (холостой ход), пуск, движение и торможение груженого конвейера (рабочий ход), а также движение с неравномерным грузопотоком в желобе грузонесущей ленты. Последнее является промежуточным между холостым и рабочим ходом, когда отдельные участки грузонесущей ленты могут оказаться не загруженными горной массой.

Это обеспечивается, когда общая сила отрыва ленты от роликоопор, направленная по радиусу переходной кривой и определяемая силами натяжения грузонесущей ленты на концах переходного участка будет уравниваться силами, прижимающими ленту к роликоопорам.

При рабочем ходе эти силы определяются массой грузонесущей и прижимной лент, массой транспортируемого материала на длине дуги переходной кривой и прижимным усилием, создаваемым прижимными устройствами:

$$R_{sr} \leq q_{лг} + q_{лп} + q_{г} + q_{пр}, \quad (1)$$

где R_{sr} – равнодействующая сил отрыва загруженной грузонесущей ленты от роликоопор, даН;

$q_{лг}$, $q_{лп}$, $q_{г}$ – нагрузка, соответственно, от грузонесущей и прижимной конвейерных лент, транспортируемого материала, даН;

$q_{пр}$ – нагрузка от прижимных устройств, даН.

При холостом ходе силы определяются массой обеих конвейерных лент и прижимным усилием, создаваемым прижимными устройствами.

$$R_{sx} \leq q_{лг} + q_{лп} + q_{пр},$$

где R_{sx} – равнодействующая сил отрыва незагруженной грузонесущей ленты от роликоопор, даН;

$q_{пр}$ – нагрузка от прижимных устройств, даН;

$q_{лг}$, $q_{лп}$ – нагрузка, соответственно, от грузонесущей и прижимной конвейерных лент, даН.

Для выяснения этого момента были проведены тяговые расчеты, определяющие натяжения грузонесущей ленты в начале и конце переходного участка КНК с движущимися прижимными элементами при часовой производительности 1000 и 6000 т и изменении радиусов переходных кривых в интервале 50 – 300 м. Предварительное натяжение верхней ветви грузонесущей ленты на хвостовом барабане было принято равным 1000 даН. В результате расчетов получены силовые характеристики работы грузонесущей ленты КНК: натяжение ленты в начале и конце переходного участка; равнодействующая этих натяжений; сила, стремящаяся приподнять ленту над роликоопорами линейного става на переходном участке конвейера (сила подъема); равнодействующая нагрузок на роликоопоры от грузонесущего контура и погонная нагрузка от грузоудерживающего контура (табл. 2).

Таблица 2

Силовые характеристики работы грузонесущей ленты на переходном участке КНК

Параметры и показатели									
Производительность, т/ч	Радиус переходной кривой, м	Длина переходной кривой, м	Погонная нагрузка, даН/м		Равнодействующая нагрузка грузонесущего контура, даН	Натяжение ленты, даН		Равнодействующая натяжения ленты, даН	Сила подъема ленты, даН
			грузонесущего контура	грузоудерживающего контура		в начале кривой	в конце кривой		
1000	50	39,2			6672	4009	6727	4815	4105
	100	78,5	<u>170,2*</u>	<u>78*</u>	13361	4009	9446	7193	5149
	150	118	60	58	20084	4009	12163	9749	6198
	200	157			26781	4009	14881	12375	7377
	300	235,5			40082	4009	22018	19392	9987
6000	50	39,2			29451	5173	17016	13851	8490
	100	78,5	<u>751,3</u>	<u>255</u>	58977	5173	28859	25466	13040
	150	118	89	93	84145	5173	40700	37223	17533
	200	157			117954	5173	52544	50158	22537
	300	235,5			176931	5173	76236	72665	31169

* приведена нагрузка: над чертой – для рабочего хода, под чертой – для холостого хода.

Полученные расчетные значения показателей указывают, что в режиме рабочего хода обеспечивается стабильное движение ленты грузонесущего контура по роликоопорам линейного става переходного участка. Нагрузка только от рабочей ветви ленты весьма существенно превышает силу подъема ленты от роликоопор. Отношение этих показателей растет с увеличением радиуса переходной кривой. Графическая интерпретация этих величин в виде линейной зависимости наглядно иллюстрирует это положение (рис. 3).

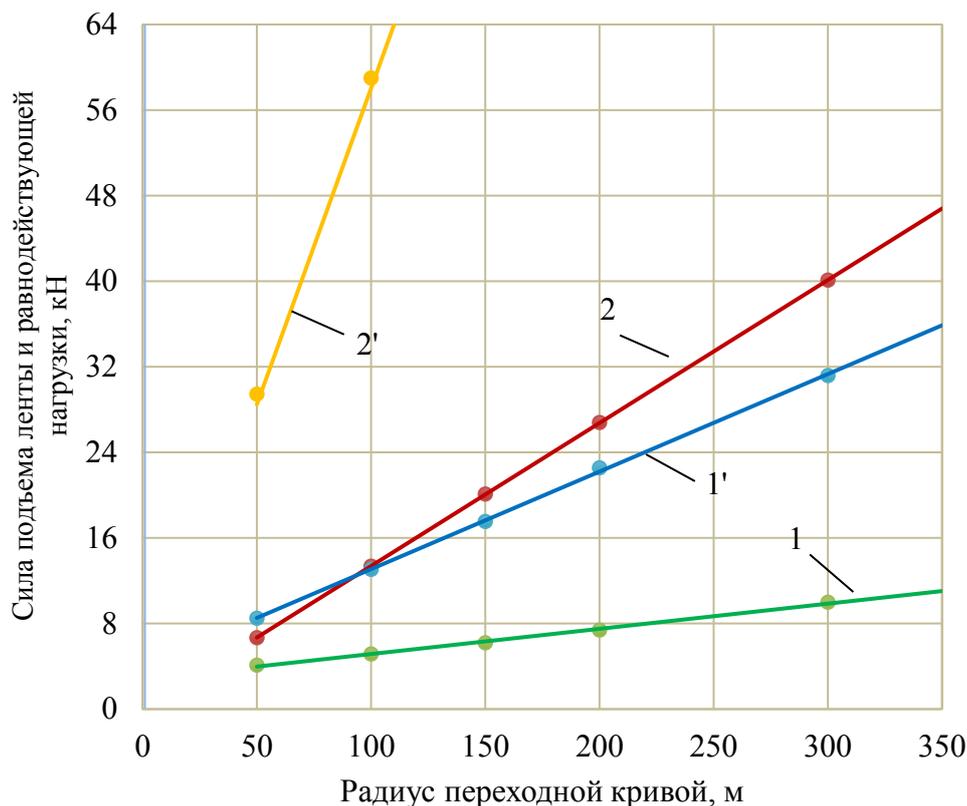


Рис. 3 – Изменение сил подъема ленты от роlikоопор (линия 1 – при $Q=1000$ т/ч, 1' – при $Q=6000$ т/ч) и равнодействующей нагрузки грузодерживающего контура (линия 2 – при $Q=1000$ т/ч, 2' – при $Q=6000$ т/ч) в зависимости от радиуса переходной кривой

В режиме холостого хода натяжение грузонесущей ленты в крайних точках переходной кривой значительно снижается (в 4 – 7 раз при производительности конвейера 6000 т/ч). Пропорционально снижению натяжения ленты уменьшаются силы подъема ее над роlikоопорами, что обеспечивает нормальное движение грузонесущей ленты в переходной кривой.

Результаты исследований

1. При одинаковом часовом грузопотоке предельные параметры КНК со стационарными прижимными элементами (предельная длина конвейера и высота подъема) в 1,15 – 1,25 раза превышают величину этих параметров у КНК с движущимися прижимными элементами. Это связано с использованием более широких лент из-за необходимости прижимания боковых полос шириной 150 – 250 мм грузонесущей и прижимной лент КНК со стационарными прижимными элементами. Общая ширина лент этих КНК больше в 1,3 – 1,4 раза, чем у КНК с движущимися прижимными элементами. При этом удельная необходимая мощность для подъема 1 т горной массы на 1 м высоты подъема для КНК обоих конструктивных исполнений практически одинакова и изменяется в интервале 5,7 – 31,5 кВт/м в зависимости от часовой производительности конвейера.

2. При равной ширине грузонесущих лент у сравниваемых КНК значительное преимущество по часовой производительности имеет конвейер с движущимися прижимными элементами. Ее расчетное значение в 1,4 – 1,8 раза выше, чем у КНК другой конструкции (при ширине незагружаемой боковой полосы грузонесущей ленты $b_6=150$ мм) и в 1,6 – 2,35 раза (при $b_6=200$ мм). Вследствие этого коэффициент использования технических возможностей оборудования у КНК с движущимися прижимными элементами

следует ожидать в 1,4 – 1,8 раза выше, чем у КНК со стационарными прижимными элементами при $b_6=150$ мм и в 1,6 – 2,35 раза при $b_6=200$ мм.

3. Для полного использования тяговой возможности конвейерной ленты при выборе радиуса переходной кривой следует иметь в виду, что движение грузонесущей ленты на хвостовом барабане должно быть без пробуксовки при минимально допустимом ее натяжении. Это обеспечивается расположением натяжного устройства, устраняющего провес нижней ветви грузонесущей ленты на роlikоопорах, перед хвостовым барабаном.

4. Исходя из специфики работы конвейерных лент на переходном участке предпочтение имеет КНК с движущимися прижимными элементами, так как у этого конвейера грузонесущая лента не испытывает знакопеременных деформаций на переходном участке вследствие постоянства формы поперечного сечения на всей длине. Это обеспечивает отсутствие просыпей транспортируемого материала и дополнительного износа ленты. Исключение уширения желоба грузонесущей ленты между роlikоопорами переходного участка может быть достигнуто при использовании высокопрочных конвейерных лент с относительным удлинением при рабочей нагрузке 0,5 – 1 %.

5. Проверка стабильности движения грузонесущей ленты по роlikоопорам переходного участка показала, что нагрузки, прижимающие грузонесущую ленту при ее движении с грузом и без него, весьма существенно превышают равнодействующую сил, стремящихся приподнять ленту над роlikоопорами, при всех рассмотренных радиусах переходной кривой и производительностях. Следовательно, этот фактор вряд ли будет влиять на выбор радиуса кривой переходного участка.

6. Стоимостное сравнение конвейерных лент показало, что отношение первоначальных затрат и эксплуатационных расходов на конвейерные ленты КНК с движущимися прижимными элементами к соответствующим затратам и расходам на ленты КНК со стационарными прижимными элементами для условного конвейера составляет, соответственно, 0,87 и 0,65.

Литература

1. Анализ конструкций крутонаклонных конвейеров для карьеров / Е.Д. Николаев и др. // Горный журнал. – 1998. – № 11 – 12. – С. 62 – 25.
2. Картавый А.Н. Крутонаклонные ленточные конвейеры для горной промышленности / А.Н. Картавый // Горное оборудование и электромеханика. – 2006. – № 10. – С. 22 – 26.
3. Картавый А.Н. Проблемы применения различных типов крутонаклонных ленточных конвейеров / А.Н. Картавый // Тяжелое машиностроение. – 2007. – № 3. – С. 31 - 34.
4. Шешко Е.Е. Проблемы крутонаклонных ленточных конвейеров с прижимной лентой / Е.Е. Шешко // Горные машины: Сб. научных трудов. Отдельный выпуск ГИАБ № 8. – М.: Мир горной книги. – 2008. – 384 с.
5. Картавый А.Н. Перспективы применения крутонаклонных конвейеров с прижимной лентой при ЦПТ / А.Н. Картавый // Горный журнал. – № 6. – 2003. – С. 52 – 56.
6. Николаев Е.Д. Новая технология разработки глубоких карьеров с применением модернизированных крутонаклонных конвейеров / Е.Д. Николаев, А.В. Назаров // Недропользование XXI век. – 2010. – № 2. – С. 62 – 64.
7. Пертен Ю.А. Крутонаклонные конвейеры / Ю.А. Пертен. – Л.: Машиностроение, 1977. – 216 с.
8. Котяшев А.А. Применение ленточных крутонаклонных конвейеров для транспортирования горной массы / А.А. Котяшев, А.В. Каледин // Горный журнал. – 1990. – № 5. – С. 61 – 63.

9. Шешко Е.Е. Перспективы крутонаклонного конвейерного подъема на горных предприятиях / Е.Е. Шешко, В.И. Морозов, Н.Г. Картавый // Горный журнал. – 1996. – № 6. – С. 56 – 59.
10. Кармаев Г.Д. Выбор горнотранспортного оборудования циклично-поточной технологии карьеров / Г.Д. Кармаев, А.В. Глебов. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2012. – 296 с.
11. А.с. № 759754 СССР, МПК В65G 15/16 Ленточный конвейер / Г.Д. Кармаев, А.И. Зенченко, А.А. Котяшев, В.С. Волотковский, А.И. Сухорученков, Ю.Е. Чечельницкий; заявитель и патентообладатель ИГД МЧМ СССР № 904776630, заявл. 03.01.1990, опубл. 07.02.92, Бюл. № 33
12. Glebov A.V., Karmaev G.D., Bersenev V.A. Innovative engineering design of the high-angle conveyor for mining of deep-seated mineral deposits // Aspects in Mining and Mineral Science. - 2018. - Т. 2. № 2. - С. 535. DOI: 10.31031/AMMS.2018.02. 000535
13. Шешко Е.Е. Проблемы крутонаклонных ленточных конвейеров с прижимной лентой на карьерах / Е.Е. Шешко // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № 88. – С. 156 – 176.
14. Волотковский В.С. Износ и долговечность конвейерных лент / В.С. Волотковский, Е.Г. Нохрин, М.Ф. Герасимова. – М.: Недрa, 1976. – 175 с.