

УДК 622.643.2

Ю.Д.ТАРАСОВ. Д.А.КОНГМЕЙСТЕР

## НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРИВОДОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Разработанные конструкции промежуточных приводов<sup>X</sup> с повышенной удельной тяговой способностью (отношение тягового усилия, развиваемого приводом, к его длине) характеризуются криволинейным профилем зоны контакта между бесконечной приводной и конвейерной лентами. Это позволяет тяговое усилие, передаваемое конвейерной ленте, реализовать не только за счет веса самой конвейерной ленты и находящегося на ней груза (как в известных конструкциях линейных приводов), но и за счет натяжения самой конвейерной ленты, огибающей выпуклый криволинейный профиль рабочей ветви приводной ленты при соответствующем угле обхвата. Причем угол обхвата, а значит и величина передаваемого конвейерной ленте тягового усилия, может автоматически регулироваться в зависимости от нагрузки на конвейерную ленту от веса транспортируемого ею груза путем изменения кривизны профиля рабочей ветви приводной ленты. Угол обхвата может быть увеличен при сочетании выпуклого и вогнутого участков конвейерной ленты.

Дополнительного существенного увеличения тяговой способности промежуточного привода можно добиться путем использования специальных прижимных устройств периодического или постоянного действия, а повышения надежности работы — размещением натяжного барабана приводной ленты в средней части пролета холостой ветви приводной ленты в сочетании с поворотными несущими балками для роликкоопор холостых ветвей приводной и конвейерной лент.

Характерными особенностями промежуточных приводов новой конструкции являются следующие: повышение удельной тяговой способности достигается при использовании обычных гладких прорезиненных лент, приводы комплектуются из серийного оборудования, принцип действия приводов основан на использовании традиционного способа реализации тягового усилия трением, приводы просты по конструкции, надежны в работе и просты в обслуживании.

В зависимости от условий работы и параметров конвейеров возможны следующие варианты промежуточных приводов:

<sup>X</sup> Технические решения защищаются заявками на патенты РФ.

1) бесконечная приводная лента с выпуклым криволинейным профилем рабочей ветви постоянного радиуса кривизны в зоне ее контакта с конвейерной лентой;

2) бесконечная приводная лента с выпуклым криволинейным профилем рабочей ветви переменного радиуса кривизны;

3) сочетание выпуклого профиля в зоне контакта приводной и конвейерной ленты с вогнутым профилем конвейерной ленты в зоне ее сближения с приводной лентой промежуточного привода;

4) сочетание криволинейного профиля рабочей ветви приводной ленты с местным прижатием конвейерной ленты к приводной на концах криволинейного участка при пуске конвейера с размещением натяжного устройства в средней части привода;

5) сочетание криволинейного профиля рабочей ветви приводной ленты с постоянным дополнительным прижатием и совместным прогибом конвейерной и приводной лент на концах криволинейного участка.

Промежуточный привод по первому варианту (рис. I, а) состоит из огибаемых бесконечной приводной лентой 7 приводного (одного или двух) 6 и натяжного 8 барабана. Верхняя ветвь 4 приводной ленты 7 имеет выпуклый криволинейный профиль, сформированный из роликоопор 3, закрепленных на раме 5. Верхняя ветвь приводной ленты огибается конвейерной лентой I, опирающейся за пределами промежуточного привода на роликоопоры 2. Привод может быть размещен как под грузонесущей ветвью конвейерной ленты, так и под холостой ветвью. В первом случае роликоопоры 2, 3 желобчатые, во втором могут быть плоские.

Во втором варианте промежуточного привода (рис. I, б) роликоопоры 3, формирующие выпуклый участок, закреплены на плоской, шарнирно (II, I3) установленной на раме 5 пружинящей балке 9, с возможностью ее прогиба в сторону грузонесущей ветви конвейерной ленты I. Концы пружинящей балки 9 с помощью шарнирных тяг I0, I4 кинематически связаны соответственно со штоком и корпусом привода-толкателя I2. При этом один из опорных шарниров II выполнен с ползуном с возможностью смещения его вдоль рамы в плоскости, параллельной плоскости конвейера. Привод-толкатель I2 связан (I5) с датчиком натяжения I6 конвейерной ленты I.

Третий вариант промежуточного привода (рис. I, в) от первых двух отличается тем, что на участке сбегания конвейерной ленты I с верхней ветви приводной ленты 4 роликоопоры I9 конвейерной ленты I установлены с возможностью формирования вогнутого участка I7 с радиусом кривизны  $R_0$  со стрелой прогиба, расположенной под плоскостью I8 конвейера. При этом роликоопоры I9 на этом участке размещены с уменьшенным шагом по сравнению с остальными роликоопорами 2. Такой профиль конвейерной ленты I в зоне ее сбегания с привода позволяет увеличить угол обхвата конвейерной ленты приводной лентой с соответствующим увеличением тяговой способности привода.

Четвертый вариант промежуточного привода (рис. I, г) от первых трех отличается возможностью местного взаимного прижатия конвейерной I и привод-

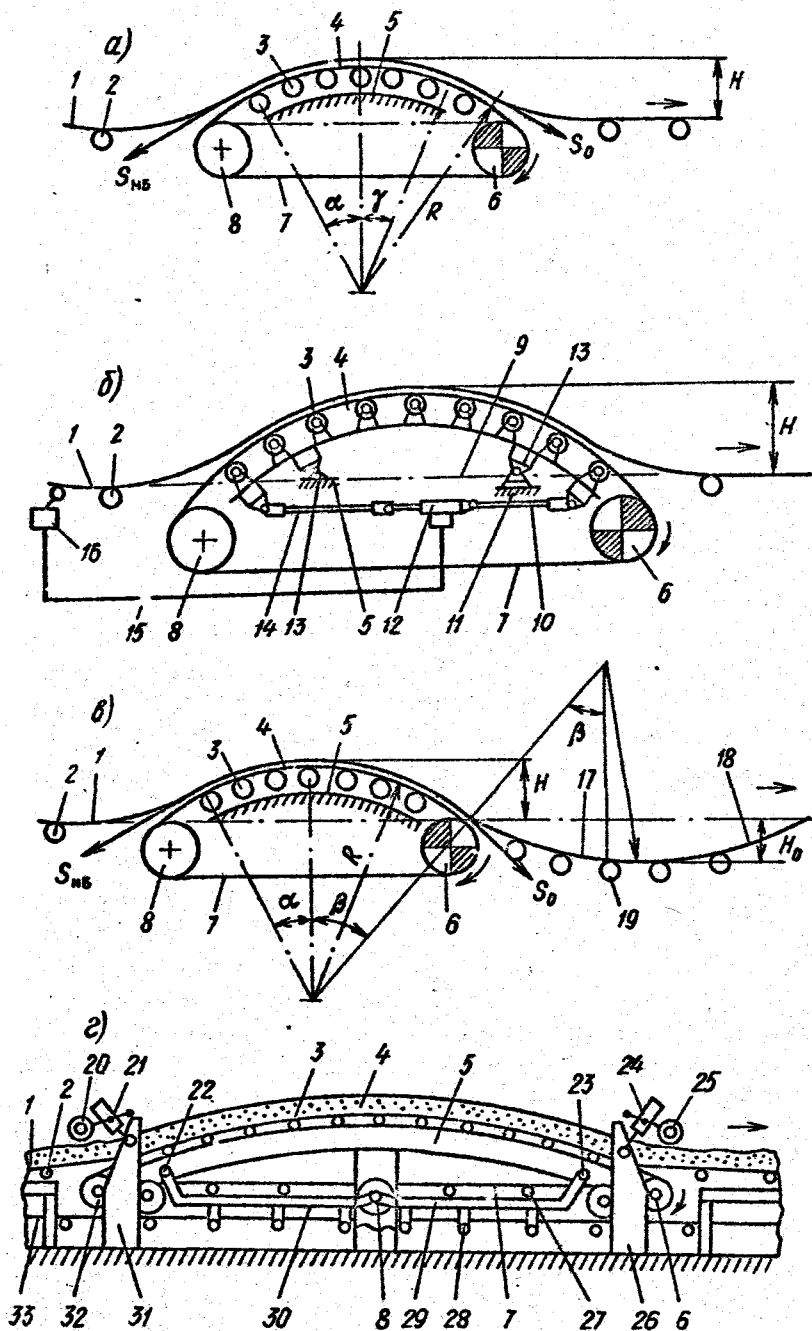


Рис. 1. Конструкции промежуточных приводов с выпуклым профилем приводной ленты: а - с постоянным радиусом кривизны; б - с переменным радиусом и превышением над плоскостью конвейера; в - в сочетании с вогнутым профилем конвейерной ленты; г - с прижимающими устройствами

ной 7 лент к приводному 6 и концевому 32 барабанам в период запуска конвейера, установкой роликоопор 3 верхней ветви 4 приводной ленты 7, установкой роликоопор 26 и 28 соответственно нижних ветвей 7 и 33 приводной и конвейерной лент, а также установкой натяжного барабана 8 приводной ленты.

Приводная лента 7 замкнута на приводном 6, концевом 32 и натяжном 8 барабанах. Желобчатые роликоопоры 3 верхней ветви 4 приводной ленты закреплены на выполненном в виде арки мосте 5, основанием которого являются стойки 26 и 31. Натяжной барабан 8 размещен в вертикальных направляющих средней части моста 5 и соединен с двумя поворотными балками 29 и 30, концы которых посредством нитков 22 и 23 опираются на криволинейные направляющие моста 5.

На поворотных балках сверху закреплены роликоопоры 27 нижней ветви и приводной ленты 7, а снизу - роликоопоры 28 холостой ветви конвейерной ленты 33 в зоне размещения промежуточного привода.

Прижимные приспособления выполнены в виде шарнирно установленных в верхней части стоек 26 и 31 поворотных рычагов с роликами 20 и 25, снабженных силовыми приводами 21 и 24. При этом параметры рычагов выбраны такими, чтобы конвейерная и приводная ленты прижимались роликами 20 и 25 к барабанам 32 и 6.

Тяговое усилие, развиваемое промежуточным приводом, выполненным по пятому варианту (рис.2), в несколько раз превосходит по величине тяговые усилия, развиваемые другими приводами за счет соответствующего увеличения суммарного угла обхвата конвейерной ленты приводной ленты и постоянного местного прижатия конвейерной и приводной лент друг к другу.

Привод состоит из замкнутой на приводных 2, концевом 1 и натяжном 5 барабанах приводной ленты 3, верхняя ветвь которой поддерживается роликоопорами 4, образующими ее выпуклый вверх профиль, а нижняя - взаимодействует с натяжным барабаном 5. Барабаны 1, 2, 5 и роликоопоры 4 установлены на раме 6.

Верхний выпуклый участок приводной ленты 3 отгибается конвейерной лентой 7. Над конвейерной лентой 7 со смещением относительно барабана 1, 2 в сторону контура приводной ленты 3 и с возможностью совместного прогиба конвейерной и приводной лент внутрь контура установлены прижатые к краям конвейерной ленты 7 прижимные пневматические ролики 8 и 9. Ролики 8, 9 установлены на полуосях 11, закрепленных на кронштейнах 12 поперечины 13 поворотного рычага 14, который шарнирно (15) закреплен на раме 6. С ней же каждый из рычагов 14 связан винтовой стяжкой 16. На поперечине 13 консольно закреплены козырьки 17, размещенные относительно плоскости ленты 7 с зазором к ней и с охватом в плане со стороны груза 10 ролика 8 и 9. Прижимные ролики 8, 9 к конвейерной ленте 7 прижаты с результирующей силой  $P$  при натяжениях конвейерной ленты в точке набегания на привод  $S_{max}$ , а в точке сбегания  $S_0$ , при суммарном угле обхвата лентами 7, 3 каждого ролика  $\varphi + \rho$ .

Принцип действия приводов по вариантам 1-3 ясен из изложенного и схем, приведенных на рис.1, а-б. При этом в варианте 2 (рис.1,б) привод-толкатель 12 включается в том или ином направлении по сигналу датчика натяжения 16

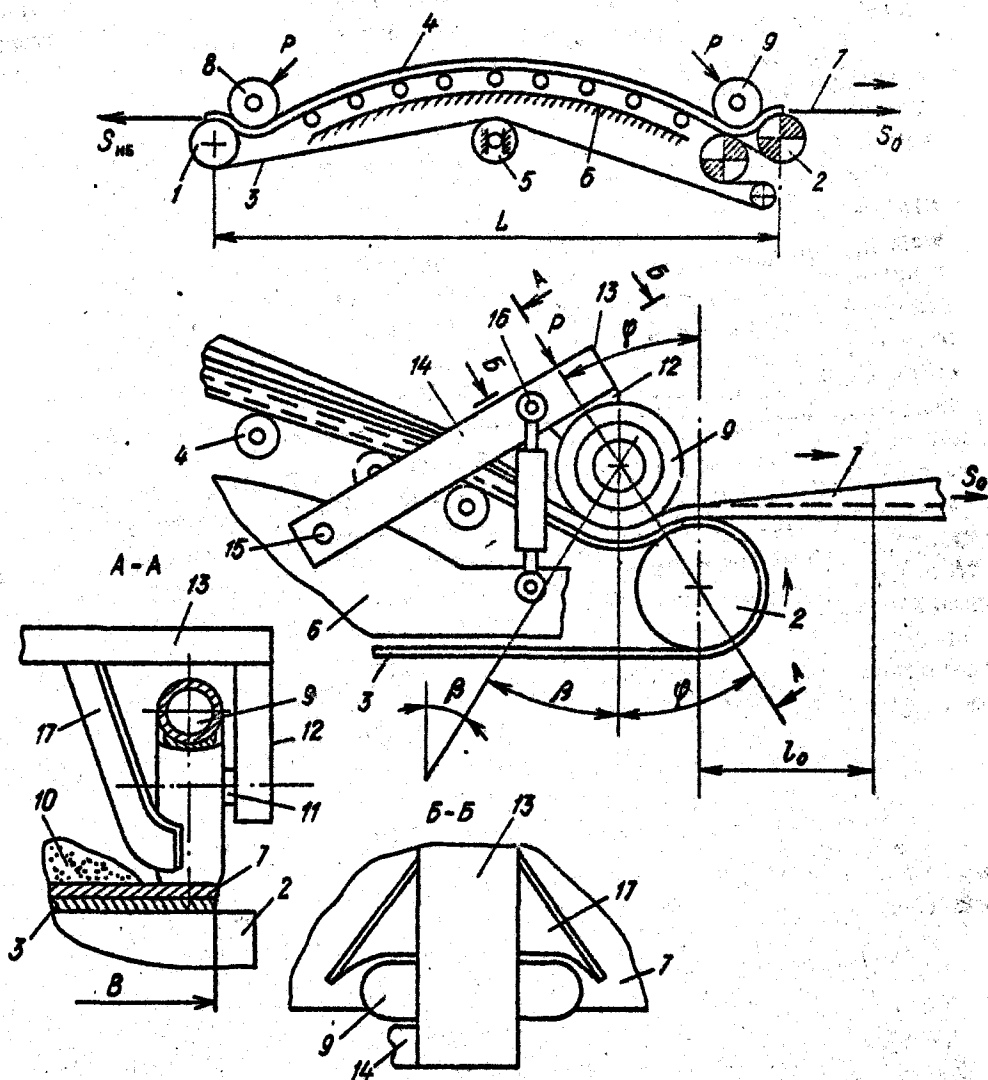


Рис.2. Промежуточный привод с выпукло-вогнутым профилем приводной ленты и прижимными устройствами

конвейерной ленты I, что автоматически изменяет величину тягового усилия в зависимости от нагрузки на конвейерную ленту.

В четвертом варианте (см. рис. I, г) перед пуском конвейера с порожним участком грузонесущей ветви конвейерной ленты 8 в зоне установки промежуточного привода по сигналу датчика наличия груза включаются силовые приводы 2I и 24, обеспечивающие прижатие роликами 20 и 25 конвейерной и приводной лент к барабанам 32 и 6. При подходе загруженного участка конвейерной

ленты к концевому барабану 32 по сигналу того же датчика снова включаются после реверса силовые приводы, сначала 21, а затем, с выдержкой времени, и 24, отводя ролики 20 и 25 от ленты для пропуска груза. После этого привод работает в режиме дополнительного прижатия конвейерной и приводной лент весом транспортируемого груза.

В процессе эксплуатации привода натяжной барабан 8 смещается в своих направляющих. Но вместе с ним смещаются и концы поворотных балок 29 и 30, а с ними и закрепленные на них роликоопоры 27, поэтому нижняя ветвь приводной ленты 7 при любом своем положении опирается на роликоопоры.

Промежуточный привод по пятому варианту (рис.2) действует следующим образом. Движение от приводной ленты 3, обеспечиваемой приводными барабанами 2, передается за счет трения конвейерной ленте 7. Тяговое усилие реализуется на суммарном угле обхвата  $4\rho \pm 2\varphi$  при совместном прижатии конвейерной и приводной лент на концах выпуклого участка приводной ленты. При этом желобчатая конвейерная лента в зонах установки прижимных роликов выполаживается до плоской, а затем снова приобретает желобчатую форму. Длина переходных участков в соответствии с расчетами и результатами испытаний на модели для ширины ленты 0,8 м и угле наклона боковых роликов опор 30 град. не превышает 1,15 м. Благодаря этому груз не успевает перераспределиться по ширине ленты. Кроме того, плоская лента в плане шире желобчатой, поэтому кромки ленты дополнительно "уходят" от груза и лента беспрепятственно проходит под прижимными роликами. Козырьки дополнительно исключают возможность случайного попадания крупных кусков груза под прижимные ролики.

Тяговое усилие, развиваемое промежуточным приводом с выпуклым криволинейным профилем рабочей ветви приводной ленты по первому варианту (см. рис.1,а),

$$W_0 = (S_0 + q_0 R) [\exp \mu (\alpha + \varphi) - 1], \quad (I)$$

где  $S_0$  - предварительное натяжение конвейерной ленты в зоне ее сбегания с приводной ленты, Н;  $q_0$  - нагрузка на приводную ленту от конвейерной ленты (порожней или с грузом), Н/м;  $R$  - радиус выпуклого участка приводной ленты, м;  $\mu$  - коэффициент сцепления приводной и конвейерной лент;  $\alpha + \varphi$  - суммарный угол обхвата приводной ленты конвейерной лентой, рад;  $\alpha$  - угол между нормальными к плоскости конвейерной ленты и к вектору  $S_{H6}$  натяжения конвейерной ленты в точке ее набегания на приводную ленту;  $\varphi$  - то же к вектору  $S_0$  натяжения конвейерной ленты в точке ее сбегания с приводной ленты.

Для нагруженной конвейерной ленты  $q_0 = g(q + q_{II})$ , а для ненагруженной  $q_0 = g q_{II}$ , где  $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $q$  - масса груза на 1 м конвейерной ленты, кг;  $q_{II}$  - масса 1 м длины конвейерной ленты, кг.

Величины углов  $\varphi$  и  $\alpha$  могут быть вычислены по приведенным формулам метода перебора или итерационным методом (на ЭВМ):

$$\operatorname{tg}^2 \gamma - \frac{2q_0}{S_0} [H - R(1 - \cos \gamma)] = 0, \quad (2)$$

$$\operatorname{tg}^2 \alpha - \frac{2q_0}{S_{H6}} [H - R(1 - \cos \alpha)] = 0, \quad (3)$$

где

$$S_{H6} = S_0 \exp(\alpha + \gamma) + q_0 R [\exp(\alpha + \gamma) - 1]; \quad (4)$$

$H$  - превышение выпуклого участка приводной ленты над плоскостью конвейерной ленты, м.

Длина промежуточного привода между точками пересечения криволинейного контура приводной ленты с плоскостью конвейерной ленты

$$L_{\Pi} = \sqrt{H(2R - H)}. \quad (5)$$

Для второго варианта привода (см. рис. I, б) параметры  $H$  и  $R$  переменные (увеличивается  $H$ , уменьшается  $R$ ), но определяющим величину тягового усилия является параметр  $H$ . Поэтому с увеличением  $H$  величина  $W_0$  растет и наоборот.

Третий вариант привода (см. рис. I, в) позволяет увеличить суммарный угол обхвата и тяговое усилие, реализуемое приводом, за счет увеличения угла  $\gamma$  до его предельного значения  $\rho$ :

$$\gamma = \gamma_{\max} = \rho = \arccos(R - H)/R. \quad (6)$$

Радиус  $R_0$  вогнутого участка конвейерной ленты и ее прогиб  $H_0$  выбираются в зависимости от принятой величины предварительного натяжения  $S_0$  конвейерной ленты из соотношения

$$\frac{q_0}{S_0} (R_0 - H_0)^2 \operatorname{tg}^2 \rho - 2H_0 = 0. \quad (7)$$

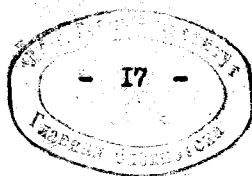
Тяговое усилие, развиваемое промежуточным приводом, выполненным по четвертому варианту (см. рис. I, г), при пуске конвейера составит

$$W_{0(\text{II})} = (S_0 + g q_{\text{л}} R) (\exp 2\mu\rho - 1) + D\mu (\exp 2\mu\rho + 1), \quad (8)$$

где  $D$  - нормальное усилие прижатия прижимного ролика к конвейерной и приводной лентам, Н;  $\rho$  - половинный угол обхвата приводной ленты конвейерной лентой при пуске конвейера с задействованными прижимными роликами, определяемый по формуле (6), рад.

При установившемся режиме работы конвейера развиваемое приводом тяговое усилие

$$W_{0(\text{Y})} = [S_0 + g(q + q_{\text{л}})R] [\exp \mu(\alpha + \gamma) - 1]. \quad (9)$$



Тяговое усилие, развиваемое приводом, выполненным по пятому варианту (см. рис.2),

$$W_0 = S_0 [\exp 4\mu(\varphi + \rho) - 1] + P\mu [\exp \mu(3\varphi + 4\rho) + \exp \mu\varphi] + q_0 R \exp \mu(2\varphi + 3\rho), \quad (10)$$

где  $\varphi$  - угол обхвата конвейерной лентой приводной ленты на каждом из концевых барабанов, рад.

Максимальная величина тягового усилия  $W_{0(max)}$  будет передаваться при наличии груза на конвейерной ленте в зоне установки привода, когда  $q_0 = q(q + q_{л})$ , а минимальное - при незагруженной конвейерной ленте при  $q_0 = q_{л}$ .

Максимальное статическое натяжение конвейерной ленты

$$S_{max} = S_0 \exp 4\mu(\varphi + \rho) + P\mu [\exp \mu(3\varphi + 4\rho) + \exp \mu\varphi] + q(q + q_{л})R \exp \mu(2\varphi + 3\rho). \quad (11)$$

Максимальное статическое натяжение приводной ленты

$$S_{max(л)} = W_{0(max)} + (S_{max} + S_0) \left( w' \sin \rho + 2w_p \sin \frac{\varphi + \rho}{2} \right) + 2S_{0(л)}(w'_6 + 0,5) + 2R\rho q(q_{лл} + q_{рлл})w', \quad (12)$$

где  $S_{0(л)}$  - предварительное натяжение приводной ленты, Н;  $w'$  - коэффициент сопротивления движению приводной ленты по роликоопорам;  $w_p$  - коэффициент сопротивления движению приводной ленты при огибании прижимных роликков;  $w'_6$  - коэффициент сопротивления движению приводной ленты при огибании концевого барабана.

Потребное тяговое усилие на приводных барабанах промежуточного привода

$$W_{0(л)} = S_{max(л)} - S_{0(л)} + (S_{max(л)} + S_{0(л)})w'_6, \quad (13)$$

где  $w'_6$  - коэффициент сопротивления движению приводной ленты при огибании его приводных барабанов.

Потребная величина тягового фактора

$$e^{\mu_0 \alpha_0} = (W_{0(л)} + S_{0(л)}) / S_{0(л)}, \quad (14)$$

где  $e$  - основание натуральных логарифмов;  $\mu_0$  - коэффициент сцепления приводной ленты с приводными барабанами;  $\alpha_0$  - суммарный угол обхвата приводной лентой приводных барабанов, рад.

Длина  $l_0$  переходных участков (от желобчатой к плоской форме и наоборот) приводной и конвейерной лент находится из условия нерастяжимости кромок лент при допущении, что профиль кромок лент на переходных участках - прямая линия. Параметр  $l_0$  рассчитывается методом итераций (или перебором на ЭВМ):

$$[l_0^2 + 0,18B^2(1 - \cos \rho)](l_0^2 + 0,09B^2) = l_0^4 + 0,09B^2 l_0^2 [2(1 - \cos \rho) + \cos^2 \rho] + 0,09B^2 \sin \rho (l_0^2 + 0,09B^2), \quad (15)$$

где  $B$  - ширина ленты, м;  $\rho$  - угол наклона боковых роликов желобчатых роликоопор.

Длина промежуточного привода

$$L_{\text{п}} = \sqrt{H(2R - H)} + 2r(\sin \rho + 2 \sin \varphi), \quad (16)$$

где  $r$  - радиус концевых барабанов промежуточного привода, м.

Шаг расстановки промежуточных приводов на грузонесущей ветви конвейерной ленты для режима номинальной загрузки конвейера

$$L'_0 = W_{0(\max)} \left\{ g[(q + q_d)(w' \cos \theta \pm \sin \theta) + q_p w'] \right\}^{-1}, \quad (17)$$

где  $\theta$  - угол наклона конвейера;  $q_p$  - масса вращающихся частей роликоопор, приходящаяся на 1 м длины конвейера, кг.

Сравнительные показатели тяговых возможностей промежуточных приводов разработанных конструкций с плоским линейным приводом

Показатели	Варианты приводов с бесконечной лентой				
	Плоский (базовый)	С выпуклым профилем			
		1, 2 <sup>x</sup>	3	4	5
Длина привода, м	14,3	14,3	14,3	14,3	15
Тяговое усилие, кН					
Максимальное	5,5	20	21	20	187,4
Минимальное	0,79	13	14	18,72	65,2
Удельное тяговое усилие, кН/м					
Максимальное	0,385	1,4	1,47	1,47	12,4
Минимальное	0,055	0,91	0,98	1,38	4,17
Расстояние между приводами горизонтального конвейера ( $\theta = 0^\circ$ ), м					
Максимальное	61,3	223	234	223	2090
Минимальное	8,8	145	156	220	1400
Расстояние между приводами наклонного конвейера ( $\theta = 12^\circ$ ), м					
Максимальное	13,9	50,4	52,8	50,4	470
Минимальное	2,02	32,6	35,2	49,7	385

<sup>x</sup> Для второго варианта привода показатели средние.

Шаг расстановки приводов при неполной загрузке ленты

$$L_0'' = W_{0(\min)} \left\{ g \left[ (Kq + q_x)(w' \cos \theta \pm \sin \theta) + q_p w' \right] \right\}^{-1}, \quad (18)$$

где  $K$  — коэффициент, учитывающий расчетную загрузку ленты транспортируемым грузом в пролете между приводами,  $K < 1$ .

При установке промежуточных приводов на холостой ветви конвейерной ленты расстояние между приводами выбирается по формуле (18) при  $q = 0$ .

При определении параметра  $L_0$  знак "+" принимается при движении конвейерной ленты на подъем, а знак "-" — при движении вниз.

Новые конструкции промежуточных приводов являются альтернативными существующим линейным приводам на базе бесконечно замкнутых плоских приводных лент и позволяют существенно улучшить технические характеристики ленточных конвейеров (см. таблицу) при следующих исходных данных:  $\mu = 0,4$ ;  $R = 69$  м;  $H = 1,5$  м;  $S_0 = 20$  кН;  $P = 10$  кН;  $q = 131$  кг/м;  $q_x = 22$  кг/м;  $q_p = 30$  кг/м;  $K = 0,3$ ;  $\rho = 12^\circ$ ;  $\varphi = 12^\circ$ ;  $w' = w_p = w_g = 0,05$ .

Анализ сопоставимых показателей по различным вариантам линейных промежуточных приводов на базе бесконечно замкнутых лент показывает, что новые конструкции приводов по сравнению с базовым вариантом обеспечивают увеличение расчетного удельного тягового усилия, в зависимости от варианта конструктивного исполнения, в 3,5–32 раза, что позволяет существенно повысить технико-экономические показатели использования ленточных конвейеров.