Записки Ленинградского ордена Ленина
и ордена Трудового Красного Знамени горного института,
том XXXII, вып. 1, 1954 г.

МАКСИМАЛЬНАЯ ДЛИНА СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА НА ОДИН ПРИВОД

Канд. техн. наук А. М. Факторович

В практике производственных и проектных работ часто возникает необходимость определения максимальной длины скребкового конвейера на один привод для конкретных условий транспортирования. Однако до настоящего времени этот вопрос в технической литературе освещен недостаточно полно. В данной статье ставится задача установления расчетных формул для определения длины конвейера на один привод в зависимости от основных параметров транспортной установки — прочности тягового органа и установленной мощности двигателя.

Для случая, когда максимальное натяжение тягового органа находится в зоне обхвата ведущей звездочки, максимальное суммарное статическое и динамическое натяжение тягового органа может быть выражено в зависимости от расположения привода:

$$S'_{\text{п}} = k_{\text{д}} [\lambda_{\text{к}} (S_{\text{сб}} + W_{\text{х}}) + W_{\text{г}}], \qquad (1$$

$$S''_{\text{п}} = k_{\text{д}} [\lambda'_{\text{к}} (S_{\text{сб}} + W_{\text{г}}) + W_{\text{х}}], \qquad (2$$

где $S'_{\text{п}}$, $S''_{\text{п}}$ — суммарное статическое и динамическое натяжение тягового органа соответственно при расположении привода в конце грузовой и холостой ветвей, *кг*;

$k_{\text{д}}$ — *коэффициент, учитывающий динамические усилия*;

$\lambda'_{\text{к}}$ — *коэффициент, учитывающий дополнительные сопротивления* при огибании тяговым органом хвостовой звездочки;

$S_{\text{сб}}$ — статическое натяжение тягового органа в точке сбегания с ведущей звездочки, *кг*;

$W_{\text{х}} = q_0 L (f' \cos\alpha \pm \sin\alpha)$ — сопротивление движению холостой ветви тягового органа, *кг*;

$W_{\text{г}} = L [(qw' + q_0 f') \cos\alpha \pm (q + q_0) \sin\alpha]$ — сопротивление движению грузовой ветви тягового органа, *кг*;

q_0 — вес 1 *пог. м* цепи со скребками, *кг/м*;

L — расстояние транспортирования, *м*;

f' — *коэффициент трения цепи по желобу*;

α — угол наклона установки;

q — вес полезного груза, приходящегося на 1 *пог. м* рабочей ветви тягового органа установки, *кг/м*;

w' — коэффициент сопротивления движению материала по желобу.

Учитывая, что коэффициент $\lambda_{\text{к}}$ мало отличается от единицы и обычно принимается в пределах 1,05—1,1, максимальную суммарную

:ину натяжения тягового органа в зоне обхвата приводной звездочки :татočной степенью точности можно выразить в следующем виде:

$$S_{п}=k_{д}\lambda_{к}(S_{сб}+W_{х}+W_{г}), \qquad (3)$$

$\lambda_{к}\approx 1{,}03\div 1{,}05<\lambda'_{к}$ — коэффициент, учитывающий дополнительные ,ротивления при огибании тяговым органом хвостовой звездочки.

Подставив в формулу (3) вместо $W_{х}$ и $W_{г}$ их значения, получим

$$S_{п}=k_{д}\lambda_{к}\{L\,[2q_{0}f'\cos\alpha+q\,(w'\cos\alpha\pm\sin\alpha)]+S_{сб}\}, \qquad (4)$$

Знак плюс принимается при движении груза вверх и минус — при ижении груза вниз.

Максимальное суммарное усилие, передаваемое на одну цепь,

$$S_{а}=\frac{S_{п}k_{ц}}{n_{ц}}, \qquad (5)$$

е $n_{ц}$ — число цепей на рабочей ветви,

$k_{ц}$ — коэффициент неравномерности распределения нагрузки на цепи.

Подставив в выражение (5) значение величины $S_{п}$, согласно фор- ле (4), получим

$$S_{а}=\frac{k_{д}\lambda_{к}k_{ц}}{n_{ц}}\{L\,[2q_{0}f'\cos\alpha+q\,(w'\cos\alpha\pm\sin\alpha)]+S_{сб}\}. \qquad (5')$$

Решая последнее уравнение относительно L и учитывая, что $_{}=\frac{R_{р}}{m}$ и q $\frac{Q}{3{,}6v}$, после элементарных преобразований получим ыражение для максимальной длины конвейера на один привод в зави- имости от прочности тягового органа

$$L'=\frac{3{,}6v\,(n_{ц}R_{р}-k_{ц}mk_{д}\lambda_{к}S_{сб})}{k_{ц}mk_{д}\lambda_{к}[7{,}2vq_{0}f'\cos\alpha+Q\,(w'\cos\alpha\pm\sin\alpha)]}, \qquad (6)$$

де $R_{р}$ — разрушающая нагрузка тяговой цепи конвейера, *кг*;

m — запас прочности тягового органа;

Q — часовая производительность конвейера, *т/час*;

v — скорость движения цепи, *м/сек*.

Найдем выражение для определения максимальной длины конвейера зависимости от установленной мощности двигателя. Потребная уста- овленная мощность двигателя $N_{у}$ для несамодействующей установки пределяется *общеизвестной зависимостью*

$$N_{у}=\frac{\lambda v\,(S_{наб}-S_{сб})}{102\eta_{м}}, \qquad (7)$$

це λ — коэффициент запаса мощности на преодоление неучтенных сопротивлений;

$S_{наб}$ — статическое натяжение тягового органа в точке набегания на ведущую звездочку, *кг*;

$\eta_{м}$ — общий к. п. д. привода, включая к. п. д. всех передач и веду- щей звездочки.

При несамодействующей установке, в случае, когда максимальное гатическое натяжение тягового органа S_{max} находится в точке набега- ия на ведущую звездочку, выражение (7) на основании зависимости (3) учитывая, что S_{m} $\frac{S_{п}}{k_{д}}$ может быть представлено в следующем иде:

$$N_{у}=\frac{\lambda v\,[\lambda_{к}\,(S_{сб}+W_{г}+W_{х})-S_{сб}]}{102\eta_{м}}. \qquad (8)$$

После подстановки в формулу (8) вместо $W_г$ и $W_х$ их значений

$$N_у = \frac{\lambda v \{\lambda_к L [2q_0 f' \cos \alpha + q (w' \cos \alpha \pm \sin \alpha)] + S_{сб} (\lambda_к - 1)\}}{102\eta_м}. \quad (9)$$

Решая уравнение (9) относительно L и учитывая, что $q = \frac{Q}{3{,}6v}$, получим выражение для определения максимальной длины конвейера в зависимости от установленной мощности двигателя для случая, когда установка несамодействующая и максимальное натяжение тягового органа находится в точке набегания на ведущую звездочку:

$$L'' = \frac{3{,}6 [102 \eta_м N_у - S_{сб} (\lambda_к - 1) \lambda v]}{\lambda\lambda_к [7{,}2q_0 v f' \cos \alpha + Q (w' \cos \alpha \pm \sin \alpha)]}. \quad (10)$$

В выражения (6) и (10) входит величина $S_{сб}$ в общем виде, конкретное значение которой меняется в зависимости от угла наклона установки и расположения привода. Найдем значение величины $S_{сб}$ для основных случаев установки конвейера и подставим ее в формулы (6) и (10).

При горизонтальной установке для двух основных случаев расположения привода в конце грузовой и в конце холостой ветвей $S_{max} = S_{наб}$, $S_{min} \quad S_{сб}$, максимальное натяжение тягового органа будет выражаться зависимостью (3) и установленная мощность двигателя формулой (8).

Следовательно, при горизонтальной установке максимальная длина конвейера на один привод будет определяться по формулам (6) и (10), если принять в них $S_{сб} = S_{min}$ и $\alpha = 0$. Формулы (6) и (10) будут иметь в этом случае следующий вид:

$$L' = \frac{3{,}6v (n_ц R_р - k_ц k_д \lambda_к m S_{min})}{\lambda\lambda_к (7{,}2q_0 v f' + Q w')}, \quad (11)$$

$$L'' = \frac{3{,}6 [102\eta_м N_у - S_{min} (\lambda_к - 1) \lambda v]}{\lambda\lambda_к (7{,}2q_0 v f' + Q w')}. \quad (12)$$

Величина S_{min} обычно имеет относительно небольшое значение и принимается в зависимости от длины установки в пределах 100—300 *кг*. Поэтому в выражении (12) величиной $S_{min} (\lambda_к - 1) \lambda v$ можно пренебречь. Погрешность при этом составит не более 1,5%. В этом случае выражение (12) будет иметь вид:

$$L'' = \frac{367\eta_м N_у}{\lambda\lambda_к (7{,}2q_0 v f' + Q w')}. \quad (13)$$

Очевидно, допустимая длина конвейера на один привод должна быть принята по наименьшему значению, полученному по формулам (11) и (13).

На основании формул (11) и (13) построены графики максимальной длины основных типов скребковых конвейеров на один привод в зависимости от производительности и коэффициента загрузки ψ при горизонтальной установке (рис. 1).

При построении графиков рис. 1, 2 и 3 принято:

1) Q, q_0, v, $R_р$ и $N_у$ согласно техническим характеристикам исследуемых конвейеров;

2) $m = 5$, $S_{min} = 200$—300 *кг*, $f' = 0{,}25$, $w' = 0{,}35$, $k_ц = 1{,}2$, $\lambda = 1{,}2$, $\eta_м = 0{,}8$;

3) $k_д = 1{,}35$ во всех случаях за исключением наклонной установки с движением груза вниз при углах наклона более 15°; в последнем случае $k_д = 1{,}9$ в связи с тем, что при углах наклона, близких к углу равного сопротивления (критическому углу), относительная величина динамических усилий в момент останова резко возрастает.

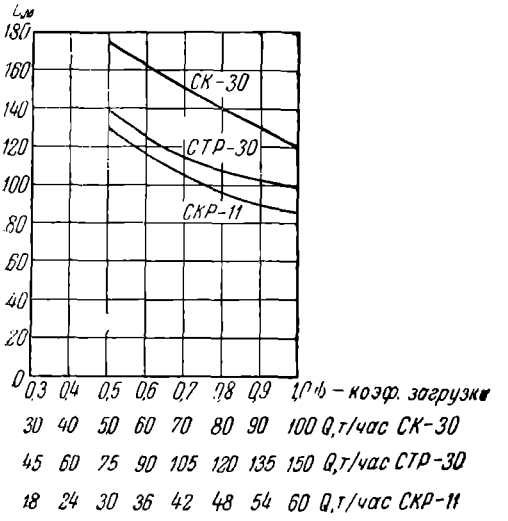


Рис. 1. Максимальная длина скребковых конвейеров на один привод при горизонтальной установке

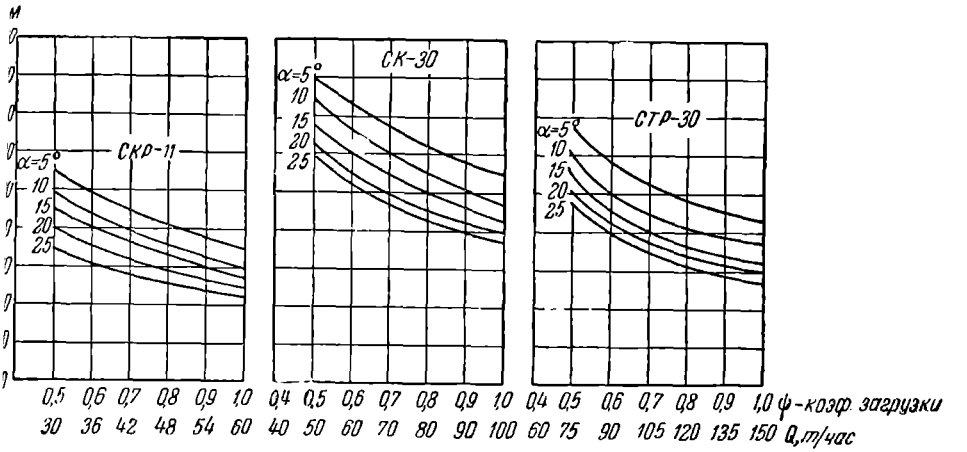


Рис. 2. Максимальная длина скребковых конвейеров на один привод при наклонной установке с движением груза вверх

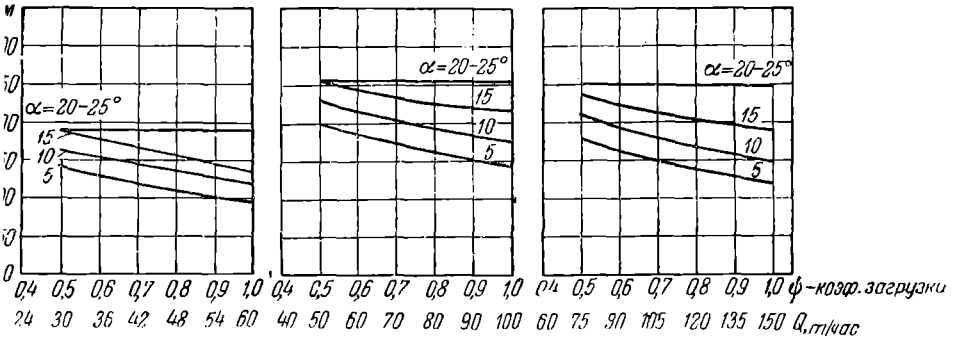


Рис. 3. Максимальная длина скребковых конвейеров на один привод при наклонной установке с движением груза вниз

Для установок с движением груза вверх привод почти всегда располагается вверху, т. е. в конце ветви с наибольшим сопротивлением. При этом возможны два основных случая:

Случай 1-й. Сопротивление холостой ветви положительное. Тогда $S_{наб} = S_{max}$ и $S_{сб} = S_{min}$. Максимальное натяжение тягового органа и потребная мощность двигателя будут выражаться соответственно формулами (3) и (8). Следовательно, максимальная длина конвейера может быть определена приведенными выше формулами (6) и (10).

На основании формулы (6), выразив $S_{сб}$ через S_{min}, получим

$$L' = \frac{3{,}6v\,(n_ц R_р - k_ц k_д \lambda_к m S_{min})}{k_ц k_д \lambda_к m\,[7{,}2vq_0 f' \cos\alpha + Q\,(w' \cos\alpha + \sin\alpha)]}. \qquad (14)$$

На основании формулы (10), учитывая, что величиной $S_{min}\,(\lambda_к - 1)\,\lambda v$ можно по предыдущему пренебречь,

$$L'' = \frac{367\eta_м N_у}{\lambda\lambda_к\,[7{,}2q_0 v f' \cos\alpha + Q\,(w' \cos\alpha + \sin\alpha)]}. \qquad (15)$$

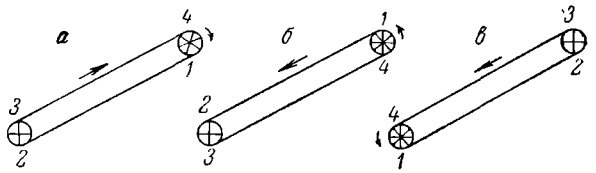


Рис. 4. Варианты расположения привода при конвейерном транспорте по наклонным выработкам

Случай 2-й. Сопротивление холостой ветви отрицательное. Тогда при установке привода вверху (рис. 4, *а*)

$$\begin{gathered} S_{наб} = S_{max}, \quad S_{min} = S_2, \\ S_{сб} = S_{min} - W_х = S_{min} - q_0 L\,(f' \cos\alpha - \sin\alpha), \\ S_п = k_д\,[\lambda'_к\,(S_{сб} + W_х) + W_г]. \end{gathered} \qquad (16)$$

Так как последнее выражение полностью совпадает с выражением (1) и $S_{наб} = S_{max}$, максимальная длина конвейера по условию прочности тягового органа и установленной мощности двигателя может быть определена соответственно по формулам (6) и (10) подстановкой в них значений $S_{сб}$ из формулы (16).

После подстановки и соответствующих преобразований формула (6) будет иметь следующий вид:

$$L' = \frac{3{,}6v\,(n_ц R_р - k_ц k_д \lambda_к m S_{min})}{k_ц k_д \lambda_к m\,(3{,}6vq_0\,(f' \cos\alpha + \sin\alpha) + Q\,(w' \cos\alpha + \sin\alpha)]}, \qquad (17)$$

а формула (10) будет тождественна формуле (15).

На основании формул (14), (15) и (17) построены графики максимальной длины основных типов скребковых конвейеров на один привод в зависимости от производительности и коэффициента загрузки при наклонных установках с движением груза вверх (рис. 2).

Для конвейерных установок с движением груза вниз применяется установка привода как внизу, так и вверху. Рассмотрим три основные случая.

Случай 1-й. Установка несамодействующая и сопротивление грузовой ветви положительное. Очевидно, этот случай совершенно анало-

гичен случаю горизонтальной установки, который был рассмотрен ранее, а поэтому максимальное натяжение тягового органа и потребная мощность двигателя могут быть выражены в общем виде, соответственно формулам (3) и (8).

Следовательно, максимальную длину конвейера можно определить по формулам (6) и (10), если заменить в них знак плюс перед членом $\sin\alpha$ на минус.

Случай 2-й. Установка несамодействующая и сопротивление грузовой ветви отрицательное.

1. При установке привода вверху (рис. 4, *б*)

$$S_2 < S_3 < S_4; \quad S_4 > S_1 \quad \text{и} \quad S_1 > S_2.$$

Таким образом,

$$S_{\text{наб}} = S_{\max}, \quad S_{\min} = S_2,$$

$$S_{\text{сб}} = S_{\min} - W_{\text{г}} = S_{\min} - L\,[(qw' + q_0 f')\cos\alpha - (q + q_0)\sin\alpha], \quad (18)$$

$$S_{\text{п}} = k_{\text{д}}\,[\lambda'_{\text{к}}\,(S_{\text{сб}} + W_{\text{г}}) + W_{\text{х}}] = k_{\text{д}}\,(\lambda'_{\text{к}} S_{\min} + W_{\text{х}}). \quad (19)$$

В связи с тем, что выражение (19) полностью совпадает с выражением (2) и $S_{\text{наб}} = S_{\max}$, максимальная длина конвейера по условию прочности тягового органа и установленной мощности двигателя может быть определена соответственно по формулам (6) и (10), если подставить в них значение $S_{\text{сб}}$ из формулы (18). После подстановки и соответствующих преобразований формула (6) будет иметь следующий вид:

$$L' = \frac{n_{\text{ц}} R_{\text{р}} - k_{\text{ц}} k_{\text{д}} \lambda_{\text{к}} m S_{\min}}{k_{\text{ц}} k_{\text{д}} \lambda_{\text{к}} m q_0 (f' \cos\alpha + \sin\alpha)} \quad (20)$$

Формула (10) в окончательном виде после подстановки и преобразования полностью совпадает с формулой (15), если в ней перед членом $\sin\alpha$ изменить знак плюс на минус.

2. При расположении привода внизу (рис. 4, *в*)

$$S_1 < S_2 < S_3, \; S_4 > S_1 \text{ и } S_3 > S_4.$$

Следовательно,

$$S_1 = S_{\min}, \; S_3 = S_{\max},$$

$$S_{\text{п}} = k_{\text{д}} \lambda'_{\text{к}} (S_{\min} + W_{\text{х}}). \quad (21)$$

Выражение (21) отличается от выражения (19) величиной сопротивлений в хвостовой звездочке. Так как эта разница незначительна, то максимальная длина конвейера по условию прочности тягового органа может быть определена с небольшой погрешностью в сторону уменьшения по формуле (20).

Максимальная длина конвейера по условию установленной мощности двигателя может быть определена по той же формуле (15), как и для первого варианта установки, если заменить в ней знак плюс перед членом $\sin\alpha$ на минус, так как мощность двигателя в данном случае не зависит от расположения привода.

Действительно, при расположении привода вверху (рис. 4, схема *б*) потребная установленная мощность

$$N_{\text{у}} = \frac{\lambda\,(S_{\text{наб}} - S_{\text{сб}})}{102\eta_{\text{м}}},$$

$$S_{\text{наб}} = \lambda'_{\text{к}}\,(S_{\min} + W_{\text{х}}), \quad S_{\text{сб}} = S_{\min} - W_{\text{г}},$$

откуда

$$N_{\text{у}} = \frac{\lambda\,[\lambda'_{\text{к}}\,(S_{\min} + W_{\text{х}}) - S_{\min} + W_{\text{г}}]}{102\eta_{\text{м}}}. \quad (21')$$

При расположении привода внизу (рис. 4, *в*) потребная установленная мощность

$$N_{\text{у}} = \frac{\lambda\,(S_{\text{наб}} - S_{\text{сб}})}{102\eta_{\text{м}}},$$

$$S_{\text{наб}} = \lambda_{\text{к}}(S_{\min} + W_{\text{х}}) + W_{\text{г}}, \quad S_{\text{сб}} = S_{\min},$$

откуда

$$N_{\text{у}} = \frac{\lambda\,[\lambda'_{\text{к}}(S_{\min} + W_{\text{х}}) + W_{\text{г}} - S_{\min}]}{102\eta_{\text{м}}} \tag{22}$$

Формулы (21′) и (22) тождественны.

Случай 3-й. 1. Установка самодействующая. При расположении привода вверху (рис. 4, *б*) $S_2 < S_3 < S_4 < S_1$ и, следовательно,

$$S_2 = S_{\min}, \quad S_{\max} = S_{\text{сб}} = S_2 - W_{\text{г}} = S_{\min} - W_{\text{г}} \quad \text{и} \quad S_{\text{п}} = k_{\text{д}} S_{\text{сб}}.$$

Последнее выражение значительно отличается от выражения (3), поэтому формула (6) не применима для определения максимальной длины установки на один привод по условию прочности тягового органа. Также не применимы в условиях самодействующей установки и формулы (7) и (8).

В рассматриваемых условиях для нахождения искомой зависимости произведем отдельный вывод. По предыдущему

$$S_{\text{п}} = \frac{R_{\text{р}}}{m} = k_{\text{д}} S_{\max} = k_{\text{д}}(S_{\min} - W_{\text{г}}) =$$

$$= k_{\text{д}}\{S_{\min} - [(qw' + q_0 f')\,L\cos\alpha - (q + q_0)\,L\sin\alpha\} =$$

$$= k_{\text{д}}\left\{S_{\min} - \frac{L}{3{,}6v}\,[3{,}6vq_0(\sin\alpha - f'\cos\alpha) + Q(\sin\alpha - w'\cos\alpha)]\right\}. \tag{23}$$

Решив уравнение (23) относительно L, получим максимальную длину конвейера по условию прочности тягового органа

$$L' = \frac{3{,}6v\,(n_{\text{ц}} R_{\text{р}} - k_{\text{ц}} k_{\text{д}} m S_{\min})}{k_{\text{ц}} k_{\text{д}} m\,(3{,}6vq_0(\sin\alpha - f'\cos\alpha) + Q(\sin\alpha - w'\cos\alpha))}. \tag{24}$$

Установленная мощность двигателя, работающего на генераторном режиме

$$N_{\text{у}} = \frac{\lambda v\,(S_{\text{сб}} - S_{\text{наб}})\,\eta_{\text{м}}}{102} \tag{25}$$

где для рассматриваемого случая

$$S_{\text{сб}} = S_{\min} - W_{\text{г}}; \quad S_{\text{наб}} = \lambda'_{\text{к}} S_{\min} + W_{\text{х}}.$$

Подставим в уравнение (25) значения величин $S_{\text{наб}}$ и $S_{\text{сб}}$

$$N_{\text{у}} = \frac{\lambda v[S_{\min} - W_{\text{г}} - (\lambda'_{\text{к}} S_{\min} + W_{\text{х}})]\eta_{\text{м}}}{102} =$$

$$= \frac{\lambda v\{S_{\min}(1 - \lambda'_{\text{к}}) + \dfrac{L}{v}\,[Q(\sin\alpha - w'\cos\alpha) - 7{,}2vq_0 f'\cos\alpha]\}\,\eta_{\text{м}}}{102} \tag{26}$$

Решим уравнение (26) относительно L. Тогда максимальная длина конвейера в зависимости от установленной мощности двигателя

$$L'' = \frac{3{,}6\,[102N_{\text{у}} - \lambda v\eta_{\text{м}} S_{\min}(1 - \lambda_{\text{к}})]}{\lambda\eta_{\text{м}}\,[Q(\sin\alpha - w'\cos\alpha) - 7{,}2vq_0 f'\cos\alpha]}. \tag{27}$$

В выражении (27) членом $\lambda v \tau_{iм} S_{min} (1 - \lambda_к)$ можно пренебречь, ввиду его малого значения. Тогда формула будет иметь следующий вид:

$$L'' = \frac{367 N_у}{\lambda \eta_м [Q (\sin \alpha - w' \cos \alpha) - 7{,}2 v q_0 f' \cos \alpha]}. \quad (28)$$

2. При расположении привода внизу (рис. 4, *б*) $S_1 < S_2 < S_3$ и $S_4 < S_1$. Следовательно,

$$S_4 = S_{наб} = S_{min} \text{ и } S_3 = S_{max} = S_{min} - W_г.$$

Таким образом, в этом случае выражение для определения максимального натяжения тягового органа совершенно тождественно формуле при расположении привода вверху, и максимальная длина конвейера в зависимости от прочности тягового органа также может быть определена по формуле (24).

Потребная мощность двигателя, работающего на генераторном режиме, в рассматриваемом случае

$$N_у = \frac{\lambda v (S_{сб} - S_{наб}) \eta_м}{102} =$$

$$= \frac{\lambda v (S_{min} - W_г - \lambda_к' W_х - \lambda_к' S_{min}) \eta_м}{102 \lambda_к'}. \quad (29)$$

Сравнивая выражения (29) и (26), видим, что при установке привода внизу потребная мощность двигателя, работающего на генераторном режиме, примерно равна (несколько меньше, если учитывать разницу сопротивлений хвостовых звездочек) мощности двигателя при установке привода вверху. Поэтому максимальная длина конвейера в зависимости от установленной мощности двигателя может быть определена с достаточной степенью точности по формуле (28).

На основании приведенных формул построены графики максимальной длины основных типов скребковых конвейеров на один привод в зависимости от производительности и коэффициента загрузки ψ при наклонных установках с движением груза вниз (рис. 3).

Полученные зависимости и построенные графики дают возможность решить часто встречающийся в практике производственных и проектных работ вопрос о максимальной длине установки на один привод. Предложенные в последнее время для этой цели формулы и графики Н. Д. Самойлюка [1], дают решение вопроса о максимальной длине установки на один привод только по условию установленной мощности двигателя.

Однако длину установки на один привод лимитирует не только установленная мощность двигателя, но и прочность тягового органа. В связи с этим выводы настоящего исследования дополняют формулы и графики Н. Д. Самойлюка.

---

[1] Самойлюк Н. Д. Скребковые конвейеры для угольной промышленности Углетехиздат, 1951.

Поступило 15.V.1953 г.