

УДК 622.647

Сарсенова Гульшат Омархановна – преподаватель (Алматы, КазНТУ)
 Омаров Казбек Алтынсарович – д.т.н., профессор (Алматы, КУ «Алатау»)
 Булатов Нуржан Кажмуратович – к.т.н., ст.преподаватель (Алматы, КазНТУ)

ОСНОВЫ РАСЧЕТА КОНВЕЙЕРА С ПНЕВМОПРИВОДОМ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

Создание перспективных конструкций конвейеров, позволяющих транспортировать крупнокусковые грузы по бесперегрузочной схеме, является востребованной задачей.

Новизной данной работы является разработка методики расчета параметров новой конструкции конвейера с пневмоприводом на воздушной подушке для крупнокусковых грузов.

Одним из перспективных типов специальных видов конвейеров является конвейер с пневмоприводом на воздушной подушке (А.С. 4438131 СССР), обеспечивающий поточное транспортирование крупнокусковых грузов по бесперегрузочной схеме на предприятиях строительной горнорудовой промышленности; горячих и штучных грузов на предприятиях металлургической и машиностроительной промышленности [1, 2].

Структурная формула данного конвейера, согласно классификации специальных видов конвейеров, разработанной проф. Омаровым К.А., с учетом закономерности распределения усилий в тяговых и ведомых контурах, имеет следующий вид:

$$\frac{[(\Gamma \cdot Q)_{\text{гп}} + (T \cdot \eta \cdot N)_{\text{гп}}]}{[(\Gamma \cdot Q)_{\text{пг}} + (T \cdot \eta \cdot N)_{\text{пг}}]} \quad (1)$$

Принцип работы данного конвейера заключается в следующем: энергия струи воздуха, подаваемого под давлением, используется одновременно как воздушная подушка, так и движущая сила грузонесущего полотна конвейера.

Применение воздушной подушки позволяет снизить коэффициент сопротивления движению грузонесущего органа, увеличить скорость его движения, следовательно, уменьшить энергоемкость конвейера и соответственно увеличить значительно длину става на один привод. Вследствие истечения сжатого воздуха под углом к вертикали, грузонесущее полотно получает поступательное перемещение. Расчетная модель КПВП приведена на рисунке 1 и представлена в виде стержня постоянного сечения и жесткости по участкам которого приложено усилия: $P_{\text{гп}}^{\text{пр}}$ на грузовой и $P_{\text{пг}}^{\text{пр}}$ на порожней ветвях.

Лопатки имеют следующие геометрические параметры: R – радиус формы сектора-лопатки, м; $B_{\text{лоп}}$ – ширина лопатки, м; $h_{\text{лоп}}$ – высота лопатки и $l_{\text{лоп}}$ – шаг установки лопаток по длине транспортной машины.

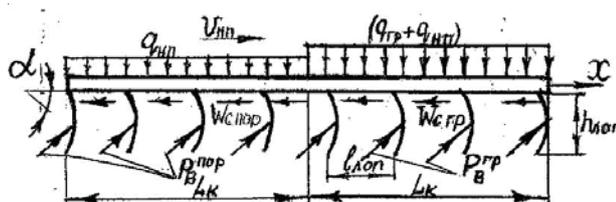


Рисунок 1. Расчетная модель конвейера с пневмоприводом на воздушной подушке

К стержню на грузовой и порожней ветвях приложены соответственно распределенные нагрузки $(q_{гр} + q_{лп})$ и $q_{лп}$, удельные сопротивления движению $W_{сопр,уд}^{гр}$ и $W_{сопр,уд}^{лп}$.

Усилия $P_B^{гр}$ и $P_B^{лп}$, создаваемые струей сжатого воздуха от компрессора под давлением $p_{возд}$, можно разложить на две составляющие (нормальную и касательную): $P_B^{гр} \cdot \sin \alpha$, $P_B^{лп} \cdot \sin \alpha$ и $P_B^{гр} \cdot \cos \alpha$, $P_B^{лп} \cdot \cos \alpha$.

Составляющие $P_B^{гр} \cdot \sin \alpha$, $P_B^{лп} \cdot \sin \alpha$ создают подъемную силу – воздушную подушку, а $P_B^{гр} \cdot \cos \alpha$, $P_B^{лп} \cdot \cos \alpha$ – тяговую (движущую) силу соответственно на грузовой и порожней ветвях конвейера.

На величину подъемной и тяговой (движущей) сил, создаваемых струей воздуха, оказывают существенное влияние: подводимое давление, величина гарантированного зазора между опорной и несущей поверхностями, угол наклона истечения струи воздуха, а также геометрические параметры лопатки (R , $B_{лоп}$, $h_{лоп}$ и $l_{лоп}$).

Условие создания подъемной силы, то есть воздушной подушки, можно записать следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} P_B^{гр} \cdot \sin \alpha &\geq 0,5(q_{гр} + q_{лп}) \cdot \cos \beta \cdot l_{лоп} \\ P_B^{лп} \cdot \sin \alpha &\geq q_{лп} \cdot \cos \beta \cdot l_{лоп} \\ P_B^{лп} \cdot \sin \alpha &\geq 0,5q_{лп} \cdot \cos \beta \cdot l_{лоп} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $P_B^{гр}$ и $P_B^{лп}$ – силы давления струй сжатого воздуха соответственно на грузовой и порожней ветвях, Н; α – угол наклона сопла для подачи струи сжатого воздуха на лопатку, град.; $q_{гр}$ и $q_{лп}$ – линейный вес соответственно груза и грузонесущего полотна, Н/м; β – угол наклона конвейера, град.; $l_{лоп}$ – шаг установки лопаток по длине конвейера, м.

Условие создания тяговой (движущей) силы следует записать в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} P_B^{гр} \cdot \cos \alpha &\geq 0,5[(q_{гр} + q_{лп}) \cdot l_{лоп} \cdot \omega_x \cdot \cos \beta + (q_{гр} + q_{лп}) \cdot l_{лоп} \cdot \sin \beta + (q_{гр} + q_{лп}) \cdot a \cdot l_{лоп} / g] \\ P_B^{лп} \cdot \cos \alpha &\geq [q_{лп} \cdot l_{лоп} \cdot (\omega_x \cdot \cos \beta - \sin \beta) + q_{лп} \cdot a \cdot l_{лоп} / g] \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где ω_x – коэффициент сопротивления движению грузонесущего полотна при наличии воздушной подушки; a – ускорение грузонесущего полотна при пуске конвейера, м/с²; $g=9,81$ м/с² – ускорение свободного падения.

Выразим условия $P_B^{гр}$ и $P_B^{лп}$ в выражениях (2) и (3) через давление сжатого воздуха P_B и геометрические параметры лопатки

$$\left. \begin{aligned} P_B^{гр} \cdot h_{лоп} \cdot (1 - \cos \gamma / 2) \cdot B_{лоп} \cdot \sin \alpha / 2 \cdot \sin \gamma / 2 &\geq 0,5 \cdot (q_{гр} + q_{лп}) l_{лоп} \cdot \cos \beta \\ P_B^{лп} \cdot h_{лоп} \cdot (1 - \cos \gamma / 2) \cdot B_{лоп} \cdot \sin \alpha / 2 \cdot \sin \gamma / 2 &\geq 0,5 \cdot q_{лп} \cdot l_{лоп} \cdot \cos \beta \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

или

$$\left. \begin{aligned} P_B^{гр} \cdot h_{лоп} \cdot B_{лоп} \cdot \cos \alpha &\geq 0,5 \cdot [(q_{гр} + q_{лп}) \cdot (\omega_x \cdot \cos \beta + \sin \beta) + (q_{гр} + q_{лп}) \cdot a / g] \cdot l_{лоп} \\ P_B^{лп} \cdot h_{лоп} \cdot B_{лоп} \cdot \cos \alpha &\geq 0,5 \cdot [q_{лп} \cdot (\omega_x \cdot \cos \beta - \sin \beta) + q_{лп} \cdot a / g] \cdot l_{лоп} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Шаг установки лопаток определяется для двух случаев: первый случай – из условия обеспечения воздушной подушки, то есть необходимой подъемной силы, соответственно для грузовой и порожней ветвей

$$\left. \begin{aligned} l_{\text{лоп(вп)}}^{\text{ГР}} &\leq \frac{P_{\text{в}}^{\text{ГР}} \cdot h_{\text{лоп}} \cdot (1 - \cos \gamma / 2) \cdot \sin \alpha \cdot B_{\text{лоп}}}{\sin \gamma / 2 \cdot (q_{\text{г}} + q_{\text{п}}) \cdot \cos \beta} \\ l_{\text{лоп(вп)}}^{\text{ПОР}} &\leq \frac{P_{\text{в}}^{\text{ГР}} \cdot h_{\text{лоп}} \cdot (1 - \cos \gamma / 2) \cdot \sin \alpha \cdot B_{\text{лоп}}}{\sin \gamma / 2 \cdot q_{\text{п}} \cdot \cos \beta} \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

Второй случай – из условия обеспечения тяговой (движущей) силы грузонесущего полотна соответственно для грузовой и порожней ветвей

$$\left. \begin{aligned} l_{\text{лоп(двс)}}^{\text{ГР}} &\leq \frac{2P_{\text{в}}^{\text{ГР}} \cdot h_{\text{лоп}} \cdot B_{\text{лоп}} \cdot \cos \alpha \cdot g}{[g(q_{\text{г}} + q_{\text{п}})(\omega_{\text{г}} \cos \beta + \sin \beta) + (q_{\text{г}} + q_{\text{п}})a]} \\ l_{\text{лоп(двс)}}^{\text{ПОР}} &\leq \frac{2P_{\text{в}}^{\text{ГР}} \cdot h_{\text{лоп}} \cdot B_{\text{лоп}} \cdot \cos \alpha \cdot g}{[g \cdot q_{\text{п}} \cdot (\omega_{\text{г}} \cos \beta + \sin \beta) + q_{\text{п}} \cdot a]} \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

Шаг установки лопаток должен быть постоянным, то есть одинаковым по величине, как на грузовой, так и на порожней ветвях из условия обеспечения подъемной (воздушной подушки) и тяговой (движущей) сил:

$$l_{\text{лоп(вп)}}^{\text{ГР}} = l_{\text{лоп(двс)}}^{\text{ГР}} \text{ и } l_{\text{лоп(вп)}}^{\text{ПОР}} = l_{\text{лоп(двс)}}^{\text{ПОР}}. \quad (8)$$

Приравняв правые части зависимости для определения шага установки лопаток на грузовой ветви $l_{\text{лоп}}^{\text{ГР}}$ в формулах (6) и (7), получим условие обеспечивающее $l_{\text{лоп(вп)}}^{\text{ГР}} = l_{\text{лоп(двс)}}^{\text{ГР}}$:

$$\alpha_{\text{ГР.в}} = \arcsin \frac{2 \cos^2 \beta \cdot \sin \gamma / 2}{(1 - \cos \gamma / 2) [g(\omega_{\text{г}} \cos \beta + \sin \beta) + a]}, \quad (9)$$

а для обеспечения условия

$$\alpha_{\text{ПОР.в}} = \arcsin \frac{2 \cos^2 \beta \cdot \sin \gamma / 2 \cdot g}{(1 - \cos \gamma / 2) [g(\omega_{\text{г}} \cos \beta + \sin \beta) + a]}, \quad (10)$$

Давление струи сжатого воздуха на грузовой и порожней ветвях определяется из условия обеспечения воздушной подушки и необходимой движущей силы:

$$P_{\text{в(вп)}}^{\text{ГР}} \approx \frac{(q_{\text{г}} + q_{\text{п}}) i_{\text{лоп}} \cos \beta \cdot \sin \gamma / 2}{B_{\text{лоп}} \cdot h_{\text{лоп}} \cdot \sin \alpha (1 - \cos \gamma / 2)}, \quad (11)$$

где $B_{\text{лоп}}$ и $h_{\text{лоп}}$ – ширина и высота лопаток, м,

$$P_{\text{в(двс)}}^{\text{ГР}} \approx \frac{[(q_{\text{г}} + q_{\text{п}})(\omega_{\text{г}} \cos \beta + \sin \beta)g + (q_{\text{г}} + q_{\text{п}})a] i_{\text{лоп}}}{2g \cdot B_{\text{лоп}} \cdot h_{\text{лоп}} \cdot \cos \alpha} \quad (12)$$

Для порожней ветви конвейера:

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{в(вп)}}^{\text{ГР}} &\approx \frac{q_{\text{п}} i_{\text{лоп}} \cos \beta \cdot \sin \gamma / 2}{B_{\text{лоп}} \cdot h_{\text{лоп}} \cdot (1 - \cos \gamma / 2) \sin \alpha} \\ P_{\text{в(двс)}}^{\text{ГР}} &\approx \frac{[q_{\text{п}}(\omega_{\text{г}} \cos \beta + \sin \beta)g + a] i_{\text{лоп}}}{2 \cdot B_{\text{лоп}} \cdot h_{\text{лоп}} \cdot \cos \alpha} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Условие обеспечивающее равенство давлений струи сжатого воздуха, как для воздушной подушки, так и для движущей силы, имеет вид:

$$P_{в(зп)}^{гр} = P_{в(двс)}^{гр} \text{ и } P_{в(зп)}^{пор} = P_{в(двс)}^{пор}$$

$$\alpha = \arctg \frac{2 \cos \beta \cdot \sin \gamma / 2 \cdot g}{(1 - \cos \gamma / 2) [(a_{гр} \cos \beta + \sin \beta) \rho + c]} \quad (14)$$

Соотношение между давлениями струи сжатого воздуха на грузовой и порожней ветвях для обеспечения воздушной подушки определим при следующем условии $l_{лон(зп)}^{гр} = l_{лон(зп)}^{пор} = const$, используя формулы (11)÷(13)

$$P_{в(зп)}^{гр} = P_{в(зп)}^{пор} \left[\left(q_{гр} / q_{зп} \right) + 1 \right] \quad (15)$$

А для обеспечения движущей силы – также из условия $l_{лон(двс)}^{гр} = l_{лон(двс)}^{пор} = const$ используя формулы (11)÷(13),

$$P_{в(двс)}^{гр} = P_{в(двс)}^{пор} \frac{[g(1 + q_{гр}/q_{зп}) \cdot (\omega_{гр} \cos \beta + \sin \beta) + (1 + q_{гр}/q_{зп}) \alpha]}{[g \cdot (\omega_{зп} \cos \beta - \sin \beta) + \alpha]} \quad (16)$$

Соотношение между давлениями струи сжатого воздуха на грузовой и порожней ветвях, обеспечивающее одновременно как воздушную подушку, так и движущую силу, определим, используя формулы (15) и (16), из условий:

$$\left(\frac{P_{в(зп)}^{гр}}{P_{в(зп)}^{пор}} \right) = \frac{P_{в(двс)}^{гр}}{P_{в(двс)}^{пор}}$$

Данное условие, как показывают анализ выражений (15) и (16), удовлетворяется при $\beta=0$, то есть горизонтальной установке конвейера следующим соотношением:

$$\left(\frac{P_{в(зп)}^{гр}}{P_{в(зп)}^{пор}} \right) = \frac{P_{в(двс)}^{гр}}{P_{в(двс)}^{пор}} = \frac{q_{зп}}{q_{гр}} + 1. \quad (17)$$

Используя выражение (3), определим возможный коэффициент сопротивления движению $\omega_{в}$ для грузовой и порожней ветвей из условия обеспечения движущей силы

$$\left. \begin{aligned} \omega_{в(двс)}^{гр} &\leq \frac{2 P_{в(двс)}^{гр} \cdot \cos \alpha - l_{лон} (q_{гр} + q_{зп}) (\sin \beta + 0.102 \alpha)}{(q_{гр} + q_{зп}) \cdot l_{лон} \cdot \cos \beta} \\ \omega_{в(двс)}^{пор} &\leq \frac{2 P_{в(двс)}^{пор} \cdot \cos \alpha + l_{лон} (q_{гр} + q_{зп}) (\sin \beta - 0.102 \alpha)}{q_{зп} \cdot l_{лон} \cdot \cos \beta} \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

или через давление струи сжатого воздуха

$$\left. \begin{aligned} \omega_{в(двс)}^{гр} &\leq \frac{2 P_{в(двс)}^{гр} \cdot S_{лон} \cdot \rho_{лон} \cdot \cos \alpha - l_{лон} (q_{гр} + q_{зп}) (\sin \beta + 0.102 \alpha)}{(q_{гр} + q_{зп}) \cdot l_{лон} \cdot \cos \beta} \\ \omega_{в(двс)}^{пор} &\leq \frac{2 P_{в(двс)}^{пор} \cdot S_{лон} \cdot \rho_{лон} \cdot \cos \alpha + l_{лон} (q_{гр} + q_{зп}) (\sin \beta - 0.102 \alpha)}{q_{зп} \cdot l_{лон} \cdot \cos \beta} \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Определим шаг установки лопастей из условия обеспечения одинакового коэффициента сопротивления движению на грузовой и порожней ветвях $\omega_g^{gp} = \omega_g^{pp}$, используя зависимости выражения

$$l_{\text{лоп}} = \frac{E_{\text{позп}} \cdot h_{\text{лоп}} \cdot \cos \alpha [P_g^{gp} (1/\epsilon_{gp} + \epsilon_{gp}) - P_g^{pp} (1/\epsilon_{gp})]}{\sin \beta} \quad (20)$$

Выводы

Полученные зависимости позволяют определить основные параметры конвейера с пневмоприводом на воздушной подушке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джиенкулов С.А., Омаров К.А. Специальные виды конвейеров. Алматы, КазГАСА, 1999, 161 с.
2. Адасинский С.А. Транспортные машины на воздушной подушке. М., Наука, 1964, 300 с.

УДК 621.865.22

Сыздыкбаева Жанна Сарыбаевна – соискатель (Алматы, КУ «Алатау»)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ ПОДЪЕМНИКОВ

Проблема, которая актуальна для многих сфер человеческой деятельности – это подъем грузов на высоту. Современный уровень развития специализированной техники предоставляет широчайший выбор подобного оборудования.

Подъемник – это грузоподъемная машина прерывного (циклического) или непрерывного действия для подъема груза и людей в специальных грузонесущих устройствах, движущихся по жестким вертикальным (иногда наклонным) направляющим или рельсовому пути. Формы и типы подъемников очень разнообразны, в связи с широкой сферой их применения, в особенности в строительном производстве, где сооружение зданий ведут с помощью строительных подъемников - мачтовых, канатных и т.д.

Многие ученые со всего мира уделяют большое внимание исследованию и усовершенствованию строительных подъемников для повышения качества и улучшения работоспособности этих машин. Тем не менее, внимание к подъемно-транспортной технике растет.

Исследуя патентный фонд промышленно развитых стран – Россия, Казахстан, Белоруссия (СССР), США, ФРГ, Великобритания, Франция. Япония и другие – по реферативным журналам и бюллетеням изобретений стран мира, было выявлено, что ведущими странами по созданию подъемников являются Япония, Италия и США.

Новое поколение подъемников характеризуется усовершенствованными технико-эксплуатационными показателями, что обуславливает их быстрое распространение и внедрение в различных отраслях и сферах деятельности.

На основании проведенных исследований было выявлено, что без систематизации полученных данных, дальнейший анализ проводить невозможно. Поэтому, на основе известных комплексных методик прогнозирования была разработана классификация