

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 3 (2023)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано
Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/GZVJ4547>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,189

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомолов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

***А. В. Рожков¹, Б. Ш. Аскароев², Р. Р. Хайбуллин³,
А. Р. Кенжекеева⁴, Ф. Е. Канат⁵**

^{1,2,3,4,5}Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова

*e-mail: alexktpm@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГРУЗОНЕСУЩЕГО ПОЛОТНА КРУТОНАКЛОННОГО ПЛАСТИНЧАТОГО КОНВЕЙЕРА

Одной из основных отличительных особенностей современного состояния открытых горных работ является устойчивая тенденция к увеличению глубины и производительности карьеров. В этих условиях наиболее эффективной становится циклично-поточная технология (ЦПТ) разработки полезных ископаемых. Это подтверждается имевшимся опытом применения ЦПТ на карьерах страны. В наше время опыт эксплуатации ЦПТ выявил необходимость создания специальных типов конвейеров, способных транспортировать крупнокусковую горную массу под углами установки, равными углу естественного откоса части карьера, которые составляют 35...45 град. Одной из конструктивных схем таких конвейеров является крутонаклонный пластинчатый конвейер, в которой, для удержания груза на несущем полотне используется принцип подпора груза (поддерживающие перегородки). Для снижения материалоемкости грузонесущего полотна крутонаклонного пластинчатого конвейера, необходимо определить оптимальные соотношения между геометрическими параметрами грузовой ячейки (участок грузовой ветви между двумя поддерживающими перегородками) крутонаклонного конвейера. Составлена математическая модель оптимизации геометрических параметров грузовой ячейки крутонаклонного пластинчатого конвейера, представляющая собой целевую функцию объема груза в грузовой ячейке, при фиксированном значении площади поверхности грузовой ячейки. Целевая функция исследована на максимум численным методом, в результате чего получены зависимости оптимальных значений геометрических параметров грузовой ячейки от относительной величины ширины полотна конвейера, угла установки конвейера, угла естественного откоса транспортируемого материала.

Ключевые слова: циклично-поточная технология, крутонаклонный конвейер, геометрические параметры, математическая модель, целевая функция, объем груза в ячейке, оптимальные соотношения.

Введение

В последние годы при открытой добыче полезных ископаемых, особенно на глубоких рудных карьерах, остро встала проблема обновления существующих технологических видов транспорта, повышения его экологической безопасности и экономической эффективности, улучшения его технических параметров при транспортировании вскрышных пород и полезного ископаемого.

Транспортные схемы на большинстве крупных рудных карьеров сформировались в конце 60 - х или в 70 - х годах, когда в достаточной мере не учитывалась экологическая безопасность применения того или иного вида транспорта. В настоящее время эти карьеры достигли глубины 300 — 400 м, и применяемый в большинстве случаев для транспортирования горной массы автотранспорт стал экономически неэффективным. Применение крутонаклонных конвейеров, располагаемых под углами откосов бортов карьера, позволяет не только наиболее резко снизить длину транспортирования, но и свести до минимума горнокапитальные работы [1–4].

Крутонаклонными называются конвейеры, у которых грузонесущее полотно имеет угол подъема, больший критического (при котором груз на гладком грузонесущем полотне еще не имеет гравитационного перемещения).

Возможны следующие способы удержания груза на грузонесущем элементе: путем повышения коэффициента сцепления груза с поверхностью полотна, увеличения давления груза на полотно, создания подпора груза на полотне [5].

Конструктивная схема крутонаклонного конвейера с использованием принципа подпора груза, с расположением поддерживающих перегородок на отдельном тяговом органе имеет определенные преимущества: увеличение длины конвейера в одном ставе; возможность транспортирования крупнокускового груза; обеспечение надежной очистки несущего полотна и пр.

Для повышения эффективности использования конвейерных подъемников, необходимо на этапе проектирования конвейера использовать оптимальные соотношения геометрических параметров грузонесущего полотна конвейера, с целью уменьшения его материалоемкости.

Оптимизации параметров грузонесущего полотна крутонаклонных конвейеров уделено достаточное внимание. В работе [6] исследована оптимизация параметров линейной части трубчатых конвейеров; в работах [7–9] рассматриваются вопросы оптимизации геометрических параметров крутонаклонного конвейера с перегородками.

В приведенных исследованиях выявленные зависимости геометрических параметров от влияющих факторов определены в абсолютных значениях параметров.

Для повышения универсальности решения было бы более целесообразно получить зависимости оптимальных геометрических параметров грузонесущего полотна крутонаклонного конвейера в относительном выражении от основного эксплуатационного параметра конвейера – производительности.

Целью исследования является разработка методических основ определения оптимальных параметров грузонесущего полотна крутонаклонного пластинчатого конвейера. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– разработать математическую модель оптимизации геометрических параметров грузонесущего полотна крутонаклонного пластинчатого конвейера;

– определить зависимости оптимальных геометрических параметров грузонесущего полотна крутонаклонного пластинчатого конвейера от его эксплуатационных характеристик.

Материалы и методы

Форма груза в грузовой ячейке крутонаклонного конвейера (участок грузонесущего полотна между двумя поддерживающими перегородками грузонесущего полотна) представлена на Рисунке 1 а).

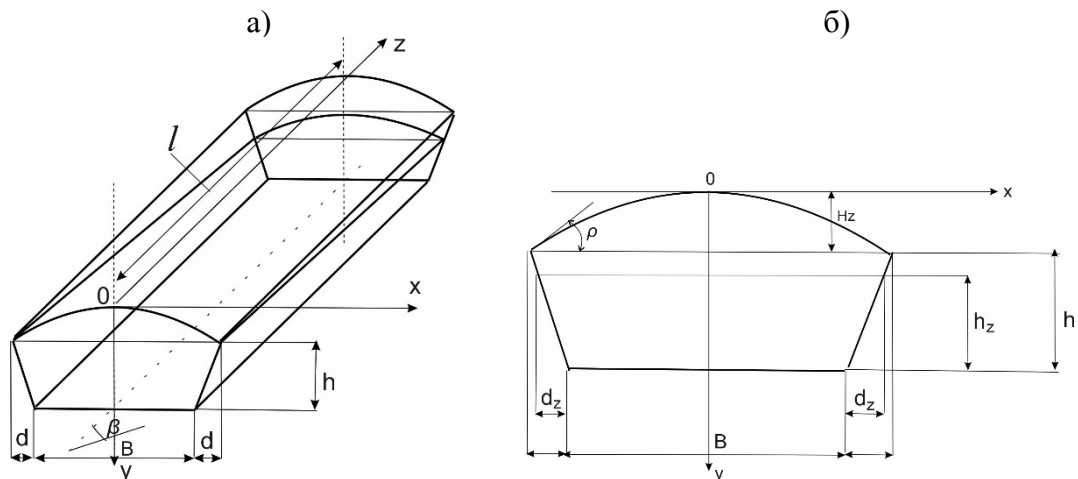


Рисунок 1 Грузовая ячейка крутонаклонного конвейера

А) – форма груза в грузовой ячейке; б) – поперечное сечение грузовой ячейки

Очевидно, что оптимальные соотношения геометрических параметров грузовой ячейки являются такими, которые обеспечивают максимальный объем груза в грузовой ячейке крутонаклонного конвейера, при заданной площади боковой поверхности грузовой ячейки, т.е.:

$$V=f(B,d,h,L)\rightarrow\max \quad (1)$$

при $S=const$.

Где: B,d,h,L – геометрические параметры грузовой ячейки крутонаклонного конвейера (Рисунок 1); S – площадь боковой поверхности грузовой ячейки крутонаклонного конвейера.

Объем груза в ячейке можно определить по формуле

$$V=\int_0^l S(z)dz \quad (2)$$

где: - функция площади поперечного сечения груза на конвейере в зависимости от расстояния от нижней перегородки до рассматриваемого сечения.

Результаты и обсуждение

Рассмотрим поперечное сечение груза крутонаклонного конвейера на расстоянии z от нижней перегородки (Рисунок 1 б)).

Разделим поперечное сечение на 2 части: верхнюю и нижнюю.

Исходя из того, что очертание верхней части описывается параболой, и угол наклона касательной и поверхности груза равен углу естественного откоса материала- ρ , то очертание верхней части описывается функцией [10]

$$y = \frac{tg\rho}{B+2dz} * x^2 \tag{3}$$

Высота «шапки» груза определится формулой (3) и при $x=B/2+dz$ будет равна:

$$H_z = (B+2dz)tg\rho/4 \tag{4}$$

Площадь верхней части груза определяется выражением:

$$S_z^B = 2 \int_0^{B/2+dz} (H_z - y) dx = \frac{(B+2dz)^2}{6} tg\rho \tag{5}$$

Площадь нижней части

$$S_z^H = (B+dz)h_z \tag{6}$$

Площадь поперечного сечения груза в сечении z :

$$S(z) = S_z^B + S_z^H = \frac{(B+2dz)^2}{6} tg\rho + (B+dz)h_z \tag{7}$$

Высота борта груза в сечении z , и развал бортов определяются следующими выражениями:

$$h_z = h - ztg(\beta - \rho) \tag{8}$$

$$d_z = \frac{d}{h} h_z = \frac{d}{h} [h - ztg(\beta - \rho)] \tag{9}$$

Подставив (8) и (9) в (7) получим функцию площади поперечного сечения груза на конвейере в зависимости от расстояния от нижней перегородки до сечения z :

$$S(z) = \left\{ B + 2 \frac{d}{h} [h - ztg(\beta - \rho)] \right\}^2 tg\rho / 6 + \left[B + 2 \frac{d}{h} [h - ztg(\beta - \rho)] \right] * [h - ztg(\beta - \rho)] \tag{10}$$

Подставив (10) в (2) получим выражение для объема груза в ячейке грузовой ветви крутонаклонного конвейера:

$$V = [tg\rho(B + 2d)^2/6 + (B+2d)h]l - tg(\beta - \rho) \left[4 \frac{d}{h} B + 8 \frac{d^2}{h} + 2d \right] l^2 / 2 + tg(\beta - \rho) \left[4 \frac{d^2}{6h^2} tg\rho + \frac{d}{h} \right] l^3 \tag{11}$$

Производительность крутонаклонного конвейера определится по формуле:

$$Q = 3,6 \frac{V}{l} v \gamma \tag{12}$$

При проектном расчете обычного конвейера, исходя из требуемой производительности определяют площадь поперечного сечения, а затем геометрические размеры желоба конвейера.

Для крутонаклонного конвейера удобно оперировать понятием средней площади сечения, определяемой соотношением:

$$F_{\text{ср}} = \frac{V}{l} \quad (13)$$

Или, учитывая формулу (11) получим

$$F_{\text{ср}} = [\text{tg}\rho(B + 2d)^2/6 + (B + 2d)h]l - \text{tg}(\beta - \rho)[4\frac{d}{h}B + 8\frac{d^2}{h} + 2d]l/2 + \text{tg}(\beta - \rho)[4\frac{d^2}{6h^2}\text{tg}\rho + \frac{d}{h}]l^2 \quad (14)$$

Очевидно, что имеются оптимальные соотношения между параметрами B , d , h и l с точки зрения обеспечения максимальной производительности при определенном расходе материала. несущего полотна, т.е. его материалоемкости.

Поскольку производительность крутонаклонного конвейера определяется объемом груза в ячейке крутонаклонного конвейера, то металлоемкость грузовой ветви будет определяться площадью поверхности несущего полотна одной ячейки и площадью поверхности одной перегородки, так как каждая перегородка принадлежит одновременно двум соседним ячейкам.

Таким образом, задачу нахождения рациональных геометрических размеров грузовой ветви крутонаклонного конвейера можно сформулировать следующим образом: при заданной площади поверхности ячейки найти такие ее размеры, при которых обеспечивается максимум объема груза в ячейке конвейера. При этом должен быть учтен тот фактор, что конвейер предназначен для транспортирования крупнокускового груза.

Площадь боковой поверхности ячейки (см. Рисунок 1 а)) определим по формуле

$$S = (B + 2\sqrt{d^2 + h^2}l + (B + 2d)^2\text{tg}\rho/6 + (B + d)h) \quad (15)$$

Из (15) найдем

$$l = [S - (B + d)h - (B + 2d)^2\text{tg}\rho/6] / (B + 2\sqrt{d^2 + h^2}) \quad (16)$$

Как видно из формулы (11), функция объема зависит от 4-х параметров B , d , h , l , причем три из них являются независимыми, а четвертый выражается через остальные три.

Наиболее удобно выразить параметр l через параметры B , d , h и заданную площадь боковой поверхности S . Данная зависимость выражается соотношением (16).

Для получения универсального решения, необходимо выразить геометрические параметры в относительных единицах. Удобнее всего, выразить их в виде отношения к корню квадратному из площади боковой поверхности ячейки, следующим образом:

$$B = \alpha\sqrt{S}; \quad d = \gamma\sqrt{S}; \quad h = \varepsilon\sqrt{S} \quad (17)$$

Подставим (17) в (16) получим:

$$l = \frac{1 - (\alpha + \gamma)\varepsilon - (\alpha + 2\gamma)\text{tg}\rho/6}{\alpha + 2\sqrt{\gamma^2 + \varepsilon^2}} \sqrt{S} \quad (18)$$

или

$$l = \psi \sqrt{S} \tag{19}$$

где

$$\psi = \frac{1 - (\alpha + \gamma)\varepsilon - (\alpha + 2\gamma)tg\rho/6}{\alpha + 2\sqrt{\gamma^2 + \varepsilon^2}} \sqrt{S} \tag{20}$$

Подставим (17) и (20) в (11) получим выражение целевой функции

$$V = \{ [tg\rho(\alpha + 2\gamma)^2 + (\alpha + \gamma)\varepsilon] \psi / 6 - tg(\beta - \rho) * [tg\rho(4\gamma\alpha/\varepsilon + 8\gamma^2/\varepsilon) + 2\gamma] \psi^2 / 2 + tg(\beta - \rho) [4\gamma^2tg\rho/(6\varepsilon^2) + \gamma/\varepsilon] \psi^3 / 3 \} \sqrt{S^3} \tag{21}$$

Где параметр ψ выражается через α , γ и ε соотношением (20).

Найдя максимум функции (21), получим значения B , d , h , l в относительных единицах от корня квадратного из площади боковой поверхности ячейки.

Удобнее выразить геометрические параметры грузовой ветви конвейера через корень квадратный из средней площади сечения грузовой ветви, так как средняя площадь может быть определена при проектировании конвейера по формуле:

$$F_{cp} = \frac{Q}{3,6v\gamma_{гр}} \tag{22}$$

Подставив формулы (16)-(18) в формулу (13), получим выражение для соотношения площадей:

$$\xi = \frac{F_{cp}}{S} = tg\rho(\alpha + 2\gamma)^2/6 + (\alpha + \gamma)\varepsilon - tg(\beta - \rho) [tg\rho(4\gamma\alpha/\varepsilon + 8\gamma^2/\varepsilon) + 2\gamma] \psi + tg(\beta - \rho) [4\gamma^2tg\rho/(6\varepsilon^2) + \gamma/\varepsilon] \psi^2/3 \tag{23}$$

Тогда пересчет на новые относительные единицы будет осуществляться по формулам:

$$\alpha' = \alpha/\sqrt{\xi}; \gamma' = \gamma/\sqrt{\xi}; \varepsilon' = \varepsilon/\sqrt{\xi}; \psi' = \psi/\sqrt{\xi} \tag{24}$$

Поскольку конвейер предназначен для транспортирования крупнокусковых грузов, то минимальные значения B и l будут ограничиваться максимальной величиной куска транспортируемого материала. Поэтому, для получения оптимального решения в относительных единицах следует задаться величиной α и определить оптимальные соотношения γ , ε и ψ , соблюдая при этом условие:

$$\psi \geq \alpha \tag{25}$$

Рассчитав оптимальные соотношения для различных B можно построить номограмму для определения оптимальных соотношений по известному соотношению определяемому исходя из требуемой производительности и крупности куска транспортируемого материала.

Так как целевая функция довольно сложна, то аналитическое решение получить не удастся, поэтому необходимо искать решение численным методом. В исследовании использован градиентный метод поиска многомерного оптимума – метод наискорейшего подъема [10].

Согласно этому методу, выбирают начальную точку, и затем смещают координаты на шаг в направлении градиента функции с последующим вычислением целевой функции. Если ее величина оказывается больше предыдущей, вычисляется

градиент в новой точке, и вся процедура повторяется до обеспечения заданной точности вычислений.

Градиент функции определяется выражением

$$\overrightarrow{\text{grad } F} = \frac{\partial F}{\partial x_1} \vec{e}_1 + \frac{\partial F}{\partial x_2} \vec{e}_2 + \dots + \frac{\partial F}{\partial x_n} \vec{e}_n \quad (26)$$

Шаг изменения каждого параметра при методе наискорейшего подъема определяется по формуле

$$x_{i+1} = x_i + \alpha v_i \quad (27)$$

где α -величина смещения, уменьшающаяся по мере приближения к оптимуму;

v_i -относительная величина i -й частной производной, определяемой по формуле

$$v_i = \frac{\partial F}{\partial x_i} / \sqrt{\sum_{j=1}^n \left(\frac{\partial F}{\partial x_j}\right)^2} \quad (28)$$

Найдем выражения для частных производных. Перепишем (28) в виде

$$v = A\psi + B\psi^2 + C\psi^3 \quad (29)$$

где:

$$A = \text{tg}(\alpha + 2\gamma)^2 / 6 + (\alpha + \gamma)\varepsilon \quad (30)$$

$$C = \text{tg}(\beta - \rho) [4\gamma^2 \text{tg}(\beta - \rho) / (6\varepsilon^2) + \gamma / \varepsilon] \quad (31)$$

$$B = \text{tg}(\beta - \rho) [\text{tg}(4\gamma\alpha / \varepsilon + 8\gamma^2 / \varepsilon) / 6 + 2\gamma] \psi^2 / 2 \quad (32)$$

Частные производные от (29)

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial \alpha} &= \frac{\partial A}{\partial \alpha} \psi + A \frac{\partial \psi}{\partial \alpha} + \frac{\partial B}{\partial \alpha} \psi^2 + 2\psi B \frac{\partial \psi}{\partial \alpha} + \frac{\partial C}{\partial \alpha} \psi^3 + 3\psi^3 C \frac{\partial \psi}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial v}{\partial \gamma} &= \frac{\partial A}{\partial \gamma} \psi + A \frac{\partial \psi}{\partial \gamma} + \frac{\partial B}{\partial \gamma} \psi^2 + 2\psi B \frac{\partial \psi}{\partial \gamma} + \frac{\partial C}{\partial \gamma} \psi^3 + 3\psi^3 C \frac{\partial \psi}{\partial \gamma} \end{aligned} \quad (33)$$

где:

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial \varepsilon} &= \frac{\partial A}{\partial \varepsilon} \psi + A \frac{\partial \psi}{\partial \varepsilon} + \frac{\partial B}{\partial \varepsilon} \psi^2 + 2\psi B \frac{\partial \psi}{\partial \varepsilon} + \frac{\partial C}{\partial \varepsilon} \psi^3 + 3\psi^3 C \frac{\partial \psi}{\partial \varepsilon} \\ \frac{\partial A}{\partial \alpha} &= \text{tg}(\alpha + 2\gamma) / 3 + \varepsilon \\ \frac{\partial B}{\partial \alpha} &= -\text{tg}(\beta - \rho) [\text{tg}(\beta - \rho) \psi^2] / (3\varepsilon) \\ \frac{\partial C}{\partial \alpha} &= 0 \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \psi}{\partial \alpha} &= \{ [-\varepsilon \text{tg}(\alpha + 2\gamma) / 3] (\alpha + 2\sqrt{\gamma^2 + \varepsilon^2}) - [1 - (\alpha + \gamma)\varepsilon - \text{tg}(\alpha + \\ &\quad + 2\gamma)^2 / 6] / [(\alpha + 2\sqrt{\gamma^2 + \varepsilon^2})^2] \\ \frac{\partial A}{\partial \gamma} &= 2\text{tg}(\alpha + 2\gamma) / 3 + \varepsilon \end{aligned} \quad (35)$$

$$\frac{\partial B}{\partial \gamma} = -\text{tg}(\beta - \rho) [\text{tg}(\beta - \rho) [\text{tg}(4\alpha / \varepsilon + 16\gamma / \varepsilon) / 6 + 2] / 2]$$

$$\frac{\partial C}{\partial \gamma} = \text{tg}^2(\beta - \rho) (4\gamma \text{tg}(\beta - \rho) / (3\varepsilon^2) + 1 / \varepsilon) / 3$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial \gamma} = \{[-\varepsilon - 2 \operatorname{tg} \rho (\alpha + 2\gamma) / 3] (\alpha + 2\sqrt{\gamma^2 + \varepsilon^2}) - (2\gamma / \sqrt{\gamma^2 + \varepsilon^2}) [1 - (\alpha + \gamma)\varepsilon - \operatorname{tg} \rho (\alpha + \gamma)^2 / 6] / [(\alpha + 2\sqrt{\gamma^2 + \varepsilon^2})^2]\} \frac{\partial A}{\partial \varepsilon} = \alpha + \gamma$$

$$\frac{\partial B}{\partial \varepsilon} = \operatorname{tg}(\beta - \rho) [\operatorname{tg} \rho (4\alpha\gamma + 8\gamma^2) / 6\varepsilon^2] / 2$$

$$\frac{\partial C}{\partial \varepsilon} = -\operatorname{tg}^2(\beta - \rho) [4\gamma^2 \operatorname{tg} \rho / (3\varepsilon^3) + \gamma / \varepsilon^2] / 3$$
(36)

$$\frac{\partial \psi}{\partial \varepsilon} = [-(\alpha + \gamma) (\alpha + 2\sqrt{\gamma^2 + \varepsilon^2}) - (2\varepsilon / \sqrt{\gamma^2 + \varepsilon^2}) [1 - (\alpha + \gamma)\varepsilon - (\alpha + 2\gamma)^2 \operatorname{tg} \rho / 6] / [(\alpha + 2\sqrt{\gamma^2 + \varepsilon^2})^2]$$

Согласно вышеприведенной методики рассчитаны относительные величины геометрических параметров несущего полотна.

Результаты расчета показаны на графике зависимостей относительных размеров грузовой ветви крутонаклонного конвейера от относительной ширины полотна (Рисунок 2), причем все величины отнесены к корню квадратному из средней площади сечения, что позволяет, исходя из требуемой производительности конвейера и крупности куска транспортируемого материала, определить оптимальные геометрические размеры грузовой ветви конвейера по приведенным зависимостям.

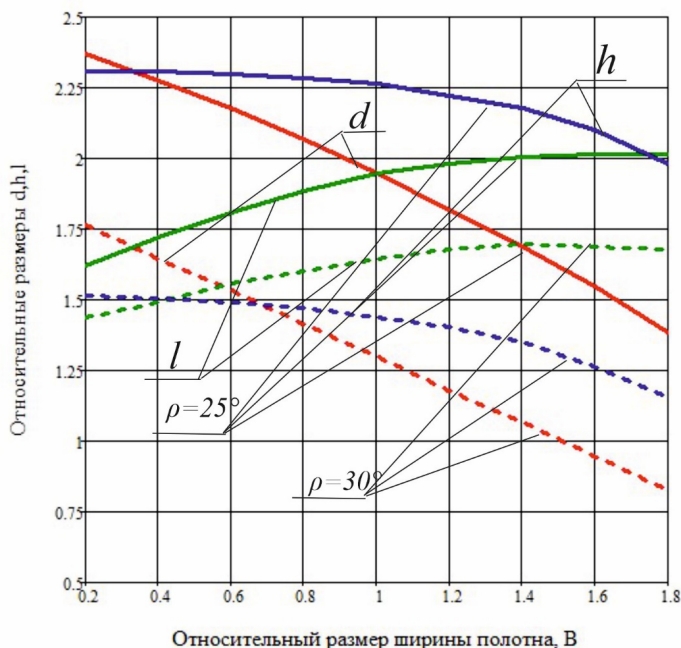


Рисунок 2 – Зависимости относительных размеров грузовой ветви крутонаклонного конвейера от относительной ширины полотна при угле установки конвейера $\beta = 35^\circ$

Выводы

В представленном исследовании изложены методические основы определения оптимальных параметров грузонесущего полотна крутонаклонного пластинчатого конвейера. В ходе проведенных теоретических исследований были решены следующие задачи:

– определена целевая функция, составляющая основу математической модели оптимизации геометрических параметров грузонесущего полотна крутонаклонного пластинчатого конвейера;

– определены зависимости относительных оптимальных геометрических параметров грузонесущего полотна крутонаклонного пластинчатого конвейера от относительной величины ширины полотна конвейера при различных углах естественного откоса транспортируемого материала и угла установки конвейера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Малыбаев, С. К., Рожков, А. В., Балабаев, О. Т.** Перспективы применения циклично-поточной и поточной технологий на открытых горных работах // Республиканский журнал «Труды университета». № 1. – Караганда : Изд-во КарГТУ, 2006. – С. 68.

2 **Кольга, А. Д., Московка, Е. В.** Повышение экологичности использования карьерных автосамосвалов в составе автопоездов на открытых горных работах // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. – Т.6. – № 1. С. 55–57.

3 **Бурмистров, К. В., Гавришев, С. Е.** Повышение эффективности разработки рудных месторождений на основе интенсификации горных работ на участках карьера. Магнитогорск : Из-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2005. – 10 с.

4 **Гавришев, С. Е., Калмыков, В. Н., Бурмистров, К. В., Томилина, Н. Г., Заляднов, В. Ю.** Оценка эффективности схем вскрытия законтурных запасов с применением карьерных подъемников // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2014. – № 1. – С. 8–12.

5 **Шешко, Е. Е.** Обоснование параметров мощных крутонаклонных конвейеров с прижимной лентой для подъема из глубоких карьеров М.: «Горная промышленность» № (136)-2017 С. – 80–83.

6 **Дмитриев, В. Г., Бажанов, П. А.** Оптимизация параметров линейной части ленточного трубчатого конвейера, Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2014. – вып.6, С. 36–50.

7 **Репин, С. В., Баженов, А. А.** Метод оптимизации геометрических параметров крутонаклонных конвейеров с перегородками, Научно-технический журнал «Вестник гражданских инженеров», 2018. – № 1(66), С. 141–145.

8 **Черненко, В. Д.** Расчет средств непрерывного транспорта : Учебное пособие. – СПб. Политехника, 2011. – 386 с.

9 **Баженов, А. А.** Разработка методики расчета крутонаклонных конвейеров с перегородками, Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, СПб, 2012. – 90 с.

10 **Калиткин, Н. Н., Корякин, П. В.** Численные методы : в 2 кн.: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования - М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 304 с.

REFERENCES

1 **Maly`baev, S. K., Rozhkov, A. V., Balabaev, O. T.** Perspektivy` primeneniya ciklichno-potochnoj i potochnoj tehnologij na otkry`ty`x gorny`x rabotax // Respublikanskij zhurnal «Trudy` universiteta». № 1. – Karaganda: Izd-vo KarGTU, 2006. – P. 68.

2 **Koľ`ga, A. D., Moskovka, E. V.** Povy`shenie e`kologichnosti ispol`zovaniya kar`erny`x avtosamosvalov v sostave avtopoezdov na otkry`ty`x gorny`x rabotax // Sovremennyy`e problemy` transportnogo kompleksa Rossii. – 2016. – Т.6. – № 1. – P. 55–57.

3 **Burmistrov, K. V., Gavrishev, S. E.** Povy`shenie e`ffektivnosti razrabotki rudny`x mestorozhdenij na osnove intensivizatsii gorny`x rabot na uchastkax kar`era. Magnitogorsk: Iz-vo Magnitogorsk. gos. texn. un-ta im. G. I. Nosova, 2005. – 10 p.

4 **Gavrishev, S. E., Kalmy`kov, V. N., Burmistrov, K. V., Tomilina, N. G., Zalyadnov, V. Yu.** Ocenka e`ffektivnosti sxem vskry`tiya zakonturny`x zapasov s primeneniem kar`erny`x pod``emnikov // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta im. G. I. Nosova. – 2014. – № 1. P. 8–12.

5 **Sheshko, E. E.** Obosnovanie parametrov moshhny`x krutonaklonny`x konvejerov s prizhimnoj lentoy dlya pod``ema iz glubokix kar`erov M. : «Gornaya promy`shlennost`» №(136)-2017 P. 80–83.

6 **Dmitriev, V. G., Bazhanov, P. A.** Optimizatsiya parametrov linejnoy chasti lentochnogo trubchatogo konvejera, Gornyy`j informacionno-analiticheskij byulleten` (nauchno-texnicheskij zhurnal), 2014. – vy`p.6, P. 36–50.

7 **Repin, S. V., Bazhenov, A. A.** Metod optimizatsii geometricheskix parametrov krutonaklonny`x konvejerov s peregorodkami, Nauchno-texnicheskij zhurnal «Vestnik grazhdanskix inzhenerov», 2018. – № 1(66), P. 141–145.

8 **Chernenko, V. D.** Raschet sredstv neprery`vnogo transporta : Uchebnoe posobie. – SPb. Politehnika, 2011. – 386 p.

9 **Bazhenov, A. A.** Razrabotka metodiki rascheta krutonaklonny`x konvejerov s peregorodkami, Dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk, SPb, 2012. – 90 p.

10 **Kalitkin, N. N., Koryakin, P. V.** Chislenny`e metody` : v 2 kn.: uchebnik dlya stud. uchrezhdenij vy`ssh. prof. obrazovaniya – M. : Izdatel`skij centr «Akademiya», 2013. – 304 p.

Материал поступил в редакцию 27.08.23.

*А. В. Рожков¹, Б. Ш. Аскарлов², Р. Р. Хайбуллин³,

А. Р. Кенжескеева⁴, Ф. Е. Канат⁵

^{1,2,3,4,5}Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

Материал 27.08.23 баспаға түсті.

ЖОҒАРЫ ЕҢКЕЙТІЛГЕН ТАСЫМАЛДЫ КОНВЕЙЕРДІҢ ЖҮК ТҮСІРУШІ МАТАСЫНЫҢ ОПТИМАЛДЫ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ.

Ашық әдіспен өндірудің қазіргі жағдайының басты ерекшелік белгілерінің бірі – карьерлердің тереңдігі мен өнімділігін арттырудың тұрақты үрдісі. Мұндай жағдайларда пайдалы қазбаларды игерудің циклдік ағынды технологиясы (СРТ) ең тиімді болады. Мұны еліміздің ашық кеніштерінде СЛТ қолданудың бар тәжірибесі растайды. Біздің уақытта СРТ пайдалану тәжірибесі 35 ... болатын карьер бөлігінің тірелу бұрышына тең орнату бұрыштарында үлкен өлімемді тау массасын тасымалдауға қабілетті конвейерлердің арнайы түрлерін жасау қажеттілігін анықтады. 45 градус. Мұндай конвейерлердің конструктивтік схемаларының бірі - тік көлбеу пластиналы конвейер, онда жүкті тасымалдаушы кенепте ұстау үшін жүкті тіреу принципі (тірек қалқалар) қолданылады. Тік көлбеу перронды конвейердің жүк көтергіш торының материал шығынын азайту үшін жүк ұяшығының геометриялық параметрлері (екі тіреуіш қалқа арасындағы жүк тармағының учаскесі) арасындағы оңтайлы арақатынастарды анықтау қажет. конвейер. Тік көлбеу пластиналы конвейердің жүк ұяшығының геометриялық параметрлерін оңтайландырудың математикалық моделі құрастырылды, ол жүк ұяшығындағы жүк көлемінің объективті функциясы болып табылады, жүк бетінің ауданы белгіленген мәні бар. ұяшық. Мақсаттық функция сандық әдіспен максималды түрде зерттелді, нәтижесінде жүк ұяшығының геометриялық параметрлерінің оңтайлы мәндерінің конвейер таспасының салыстырмалы еніне, конвейерді орнату бұрышына тәуелділігі анықталды. , және тасымалданатын материалдың отыру бұрышы алынды.

Кілтті сөздер: циклдік ағын технологиясы, тік көлбеу конвейер, геометриялық параметрлер, математикалық модель, мақсаттық функция, ұяшықтағы жүк көлемі, оңтайлы арақатынастар.

***A. V. Rozhkov¹, B. Sh. Askarov², R. R. Khaibullin³,**

0A. R. Kenzhekeeva⁴, F. E. Kanat⁵

^{1,2,3,4,5}Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov,

Republic of Kazakhstan, Karaganda.

Material received on 27.08.23.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL PARAMETERS OF THE LOAD-CARRYING FABRIC OF A HIGHLY TILT PLATED CONVEYOR

One of the main distinguishing features of the current state of open pit mining is a steady trend towards an increase in the depth and productivity of open pits. Under these conditions, the cyclic flow technology (CPT) for the development of minerals becomes the most effective. This is confirmed by the existing experience of using CLT in the country's open pit mines. In our time, the experience of operating the CPT has revealed the need to create special types of conveyors capable of transporting large-sized rock mass at installation angles equal to the angle of repose of the part of the quarry, which are 35 ... 45 degrees. One of the design schemes of such conveyors is a steeply inclined plate conveyor, in which, to hold the load on the carrier canvas, the principle of load support (supporting partitions) is used. To reduce the material consumption of the load-carrying web of a steeply inclined apron conveyor, it is necessary to determine the optimal ratios between the geometric parameters of the cargo cell (section of the cargo branch between two supporting partitions) of the steeply inclined conveyor. A mathematical model for optimizing the geometric parameters of the cargo cell of a steeply inclined plate conveyor has been compiled, which is an objective function of the volume of cargo in the cargo cell, with a fixed value of the surface area of the cargo cell. The objective function was studied to the maximum by a numerical method, as a result of which the dependences of the optimal values of the geometric parameters of the cargo cell on the relative width of the conveyor belt, the angle of installation of the conveyor, and the angle of repose of the transported material were obtained.

Keywords: cyclic flow technology, steeply inclined conveyor, geometric parameters, mathematical model, objective function, cargo volume in a cell, optimal ratios.

Теруге 08.09.23 ж. жіберілді. Басуға 29.09.23 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 17,61 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4133

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz