

Результати

Виконаємо графічний аналіз впливу проектних параметрів горизонтально-похилого стрічкового конвеєра (рис. 1) для транспортування землі на потужність необхідного приводу.

Вихідні дані для дослідження приймемо такі:

- транспортований матеріал – земля;
- щільність $\rho = 1,6 \text{ т/м}^3$;
- продуктивність конвеєра $\Pi = 40 \text{ м}^3/\text{год} = 64 \text{ т/год}$;
- висота підйому вантажу $H = 6,5 \text{ м}$;
- траса конвеєра: довжина $L_T = 37,1 \text{ м}$;
- відрізки траси $L_{34} = L_{56} = 15,02 \text{ м}$,
- $L_T = L_{78} = 21,02 \text{ м}$, $L_{T56} = 16,08 \text{ м}$, $L_{67} = 2,67 \text{ м}$,
- $R_1 = 6 \text{ м}$.

За умови, що $H = 6,5 \text{ м}$ та $L_{T56} = 16,08 \text{ м}$, визначаємо кут нахилу похилої частини конвеєра:

$$\beta = \arctg \frac{H}{L_{T56}} = \arctg \frac{6,5}{16,08} \approx 22^\circ.$$

За допомогою табл. 5 (с. 403, [9]) маємо: $k_\beta = 0,76$.

Визначаємо значення співвідношення Π/k_β за умови $\Pi = 64 \text{ т/год}$ та $\rho = 1,6 \text{ т/м}^3$:

$$\Pi/k_\beta = 64/0,76 = 84,2 < 96,4.$$

За табл. 2 приймаємо значення ширини стрічки для забезпечення необхідної проектної продуктивності конвеєра $B = 400 \text{ мм}$. За табл. 1 для вантажу (земля) обираємо швидкість руху стрічки $v = 1,3 \text{ м/с}$.

Графічна залежність ширини стрічки для забезпечення необхідної проектної продуктивності конвеєра від значення співвідношення Π/k_β при вантажу – земля зі щільністю $\rho = 1,6 \text{ т/м}^3$ зображена на рис. 2.

Графічна залежність ширини стрічки для забезпечення необхідної проектної продуктивності конвеєра від значення продуктивності Π при куті нахилу похилої ділянки конвеєра $\beta = 22^\circ$ та відповідному $k_\beta = 0,76$ при вантажу – земля зі щільністю $\rho = 1,6 \text{ т/м}^3$ зображена на рис. 3.

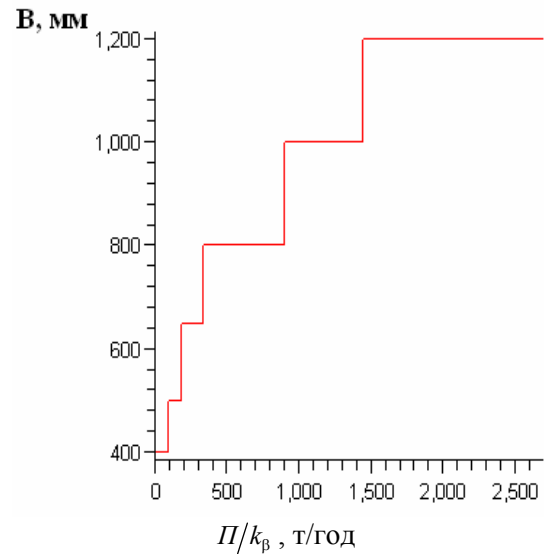


Рис. 2. Графічна залежність ширини стрічки для забезпечення необхідної проектної продуктивності конвеєра від значення співвідношення Π/k_β

Fig. 2. Graphical dependence of band width to provide the necessary project productivity on the value of the ratio Π/k_β

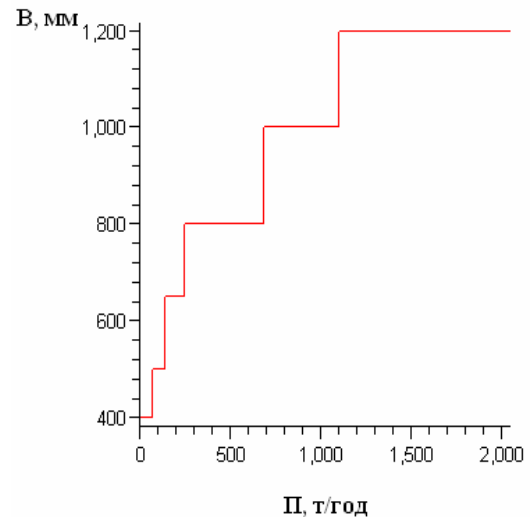


Рис. 3. Графічна залежність ширини стрічки для забезпечення необхідної проектної продуктивності конвеєра від значення продуктивності Π при $\beta = 22^\circ$ та $\rho = 1,6 \text{ т/м}^3$

Fig. 3. Graphical dependence of band width to provide the necessary project productivity of conveyor on the value of performance Π at $\beta = 22^\circ$ and $\rho = 1,6 \text{ т/м}^3$

НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ. МАШИНИ ТА МЕХАНІЗМИ

Відповідно до $B = 400$ мм з табл. 3 обираємо відповідну залежність питомої ваги матеріалу на стрічці від продуктивності конвеєра $q_m = 2,14\Pi$ Н/м.

Приймаємо кількість прокладок стрічки $i = 4$ та відповідну ширину $B = 400$ мм за табл. 4 її лінійну вагу $q_c = 57,6$ Н/м.

При $L_{67} = 2,67$ м, $R_1 = 6$ м визначаємо кут обхвату стрічкою батареї роликкоопор за формулою:

$$\alpha = \frac{L_{67}}{R_1} = \frac{2,67}{6} = 0,445 \text{ рад} \approx 25,5^\circ.$$

Для зазначених умов, тобто $B = 400$ мм, $\rho = 1,6$ т/м³ (земля), $q_m = 2,14\Pi$ Н/м, $\beta = 22^\circ$ та заданих геометричних розмірах ділянок конвеєра графічна залежність установлюваної потужності приводу конвеєра від величини проектної продуктивності зображена на рис. 4. Діапазон зміни продуктивності прийнятий $[0, 73,3]$, оскільки при іншому зміниться ширина стрічки та відповідно параметрична залежність потужності приводу від продуктивності.

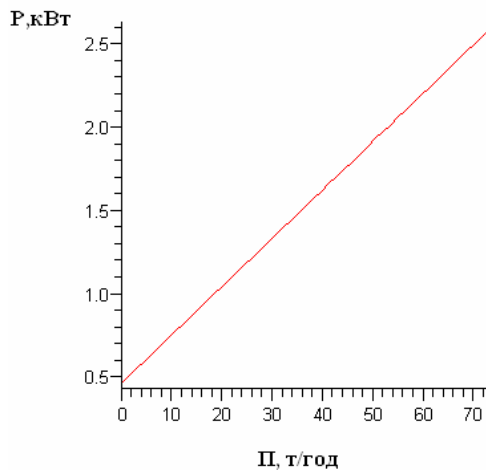


Рис. 4. Графічна залежність потужності приводу від проектної продуктивності конвеєра Π при $\beta = 22^\circ$ та $\rho = 1,6$ т/м³

Fig. 4. Graphic dependence of drive power on the project productivity of conveyor Π at $\beta = 22^\circ$ and $\rho = 1,6$ t/m³

Аналitична залежність установлюваної потужності приводу конвеєра від величини проектної продуктивності при вищезазначених умовах має вигляд:

$$P = 0,029\Pi + 0,47.$$

Для зазначених умов, тобто $B = 400$ мм, $\rho = 1,6$ т/м³ (земля), $q_m = 2,14\Pi$ Н/м, $\Pi = 64$ т/год та заданих геометричних розмірах ділянок конвеєра графічна залежність установлюваної потужності приводу конвеєра від величини кута нахилу похилої ділянки конвеєра β зображена на рис. 5. Діапазон зміни кута нахилу β прийнятий $[0, \pi/6]$, оскільки при іншому зміниться ширина стрічки та відповідно параметрична залежність потужності приводу від продуктивності та кута нахилу.

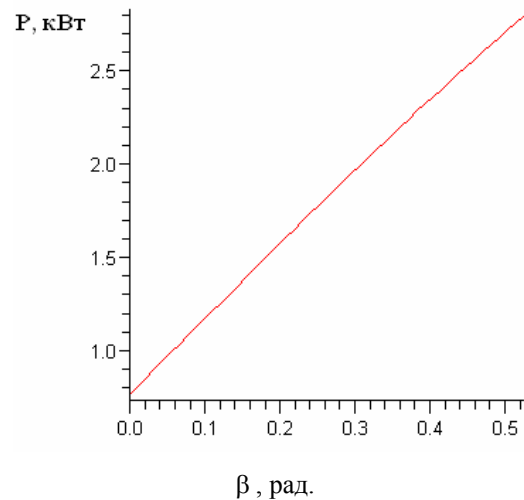


Рис. 5. Графічна залежність потужності приводу від кута нахилу похилої ділянки конвеєра β при $\Pi = 64$ т/год та $\rho = 1,6$ т/м³

Fig. 5. Graphical dependence of drive power on the angle of the inclined conveyor section β at $\Pi = 64$ t/h and $\rho = 1,6$ t/m³

Аналitична залежність установлюваної потужності приводу конвеєра від кута нахилу похилої ділянки конвеєра β при вищезазначених умовах має вигляд:

$$P = 0,238 \cos \beta + 4,11 \sin \beta + 0,534.$$

Для розуміння характеру зміни потужності від кута β наведемо цей же графік, але на більшому діапазоні зміни кута β , тобто $[0, 2\pi]$.

Бачимо, що така залежність являє собою синусоїду з амплітудою 4,11, яка зсунута по вертикалі на 0,872. Але наведена на рис. 6 залежність відповідає дійсності лише на відріжку змі-

НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ. МАШИНИ ТА МЕХАНІЗМИ

ни кута нахилу β $[0, \pi/6]$.

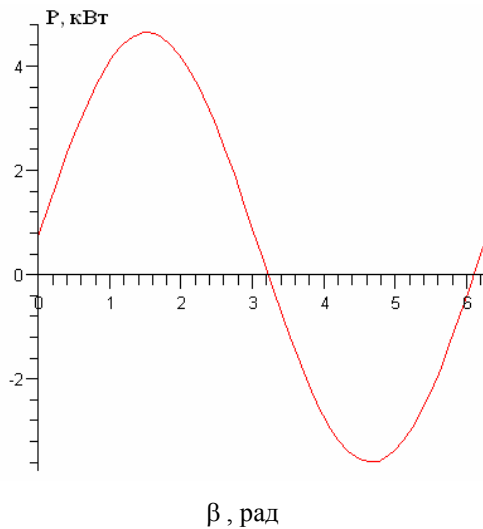


Рис. 6. Графічна залежність потужності приводу від кута нахилу похилої ділянки конвеєра β при $\Pi = 64$ т/год та $\rho = 1,6$ т/м³

Fig. 6. Graphical dependence of drive power on the angle of the inclined conveyor section β at $\Pi = 64$ t/h and $\rho = 1,6$ t/m³

Наведемо графічну залежність установлюваної потужності приводу конвеєра від значення проектної продуктивності конвеєра заданої конфігурації та геометричних розмірах його ділянок з урахуванням зміни ширини стрічки та відповідних їй швидкості руху стрічки, питомої ваги стрічки та питомої ваги вантажу на стрічці при досягненні значення продуктивності до граничного в табл. 2. Умови роботи – важкі.

Для зазначених умов, тобто $\rho = 1,6$ т/м³ (земля), $\beta = 22^\circ$ визначимо за табл. 2 та 5 аналітичні залежності установлюваної потужності приводу конвеєра від значення проектної продуктивності конвеєра та межі їх дій:

$$P = 0,029\Pi + 0,47 \text{ при } \Pi \in (0, 73.3];$$

$$P = 0,025\Pi + 0,571 \text{ при } \Pi \in (73.3, 140.6];$$

$$P = 0,025\Pi + 0,732 \text{ при } \Pi \in (140.6, 251.3];$$

$$P = 0,014\Pi + 1,061 \text{ при } \Pi \in (251.3, 683.1];$$

$$P = 0,014\Pi + 1,326 \text{ при } \Pi \in (683.1, 1099];$$

$$P = 0,011\Pi + 1,56 \text{ при } \Pi \in (1099, 2047.7].$$

Відповідно наведеним аналітичним залежностям графічна залежність установлюваної потужності приводу конвеєра від величини проектної продуктивності на діапазоні $[0, 2047,7]$ т/год зображена на рис. 7.

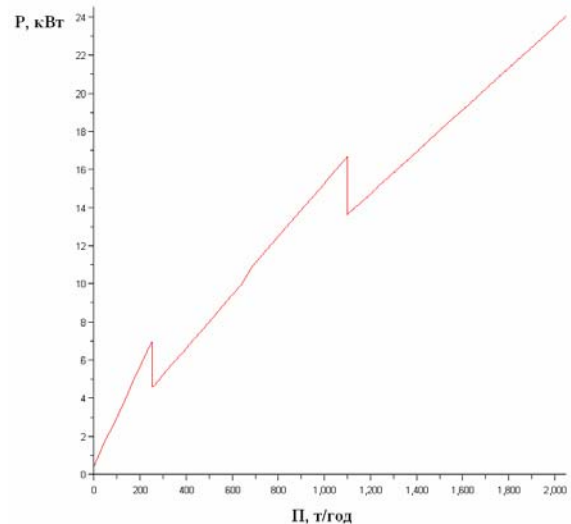


Рис. 7. Графічна залежність потужності приводу від проектної продуктивності конвеєра Π при $\beta = 22^\circ$ та $\rho = 1,6$ т/м³

Fig. 7. Graphic dependence of drive power on the project performance of conveyor Π at $\beta = 22^\circ$ and $\rho = 1,6$ t/m³

Наукова новизна та практична значимість

Виконано дослідження залежності ширини стрічки конвеєра від узагальненого параметру, який враховує проектну продуктивність конвеєра та кут нахилу його похилої ділянки. Для конкретного типу вантажу та кута нахилу ділянки конвеєра побудовано графічну залежність ширини стрічки від продуктивності при фіксованих інших проектних параметрів.

Виконано якісний аналіз залежності потужності приводу стрічкових транспортерів з похилою та горизонтальною ділянками (в тому числі і з урахуванням зміни ширини стрічки) від проектної продуктивності, кута нахилу похилої частини при фіксованих геометричних розмірах та конфігурації траси конвеєра, умов роботи, а також з урахуванням стандартних розмірів та параметрів стрічок, ролюкоопор. Побудовані відповідні графічні залежності.

НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ. МАШИНИ ТА МЕХАНІЗМИ

Використання побудованих залежностей дає можливість визначити загальний характер зміни потужності приводу при варіюванні таких параметрів, як продуктивність та кут нахилу ділянки конвеєра.

Запропоновані залежності можуть бути використані для визначення раціональної потужності приводу конвеєра при конкретних проектних даних.

Висновки

Для стрічкових транспортерів з похилою та горизонтальною ділянками побудовано графічну залежність необхідної ширини стрічки від проектних параметрів: типу вантажу, проектною продуктивності, геометричних розмірів та конфігурації траси конвеєра. Побудована залежність дає можливість швидко отримувати необхідну ширину стрічки при відомих проектних даних. За результатами досліджень побудовано

графічні залежності потужності приводу конвеєра від продуктивності з урахуванням зміни ширини стрічки при її зростанні, а також – від кута нахилу ділянки траси конвеєра. Встановлено, що функція зміни величини потужності конвеєра від проектною продуктивності (при фіксованих інших параметрах) є лінійною та монотонно зростаючою на ділянках постійної ширини стрічки, а залежність величини потужності конвеєра від його кута нахилу (при фіксованих інших параметрах) є нелінійною, синусоїдальною.

Такі залежності дають можливість встановити загальну закономірність відповідних залежностей та отримувати необхідне значення потужності приводу із врахуванням типу та фізико-механічних властивостей вантажів, величини висоти підйому, довжини транспортування та проектною продуктивності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Александров, М. П. Подъемно-транспортные машины : учебник / М. П. Александров. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Баумана : Высш. шк., 2000. – 522 с.
2. Аналіз впливу проектних характеристик похилого ковшового елеватору на потужність його приводу / В. М. Богомаз, М. В. Боренко, С. В. Пацановський, О. О. Ткачов // Наука та прогрес транспорту. – 2016. – № 6 (66). – С. 136–157. doi: 10.15802/stp2016/90497.
3. Богомаз, В. М. Аналіз впливу проектних характеристик елеватору на параметри його приводу / В. М. Богомаз // Наука та прогрес транспорту. – 2015. – № 3 (57). – С. 162–175. doi: 10.15802/stp2015/46076.
4. Богомаз, В. М. Дослідження залежності потужності приводу стрічкового конвеєра від його проектних параметрів / В. М. Богомаз // Наука та прогрес транспорту. – 2016. – № 1 (61). – С. 131–146. doi: 10.15802/stp2016/61024.
5. Зенков, Р. Л. Машины непрерывного транспорта : учебник / Р. Л. Зенков, И. И. Ивашков, Л. Н. Колобов. – Москва : Машиностроение, 1987. – 432 с.
6. Іванченко, Ф. К. Підйомно-транспортні машини : підручник / Ф. К. Іванченко. – Київ : Вища шк., 1993. – 413 с.
7. Катрюк, И. С. Машины непрерывного транспорта. Конструкции, проектирование и эксплуатация : учеб. пособие / И. С. Катрюк, Е. В. Мусияченко. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2006. – 266 с.
8. Кузьмин, А. В. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин : учеб. пособие / А. В. Кузьмин. – Минск : Вышэйш. шк., 1983. – 350 с.
9. Підйомно-транспортні машини: розрахунки підймальних і транспортувальних машин : підручник / В. С. Бондарев, О. І. Дубинець, М. П. Колісник [та ін.]. – Київ : Вища шк., 2009. – 734 с.
10. Ракша, С. В. Аналіз впливу пружних деформацій несучого каната на зусилля в тяговому канаті підвісній дороги / С. В. Ракша, Ю. К. Горячов, О. С. Куроп'ятник // Наука та прогрес транспорту. – 2013. – № 6 (48). – С. 110–119. doi: 10.15802/stp2013/19686.
11. Расчет и проектирование транспортных средств непрерывного действия : науч. пособие для вузов / А. И. Барышев, В. А. Будишевский, А. А. Сулима, А. М. Ткачук. – Донецк : Норд-Пресс, 2005. – 689 с.
12. Ромакин, Н. Е. Машины непрерывного транспорта : учеб. пособие / Н. Е. Ромакин. – Москва : Академия, 2008. – 432 с.

НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ. МАШИНИ ТА МЕХАНІЗМИ

13. Askari, H. Nonlinear Oscillations Analysis of the Elevator Cable in a Drum Drive Elevator System / H. Askari, D. Younesian, Z. Saadatnia // *Advances in Applied Mathematics and Mechanics*. – 2015. – Vol. 7. – Iss. 01. – P. 43–57. doi: 10.4208/aamm.2013.m225.
14. Failure Analysis on Conveyer Chain Links of a Central Bucket Elevator / J. Yin, O. Muvengei, J. Kihui, K. Njoroge / *J. of Mechanical and Civil Engineering*. – 2016. – Vol. 13. – Iss. 04. – P. 56–63. doi: 10.9790/1684-1304075663.
15. Li, S. C. Study on Elevator Drive System Dynamics Simulation of Rail Transport Conveyer / S. C. Li, X. J. Wang // *Applied Mechanics and Materials*. – 2014. – Vol. 511–512. – P. 619–622. doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.511-512.619.

В. Н. БОГОМАЗ^{1*}, Н. В. БОРЕНКО^{2*}, И. В. НЕЧАЙ^{3*}, А. П. СЕВЕРИН^{4*}

^{1*}Каф. «Военная подготовка специалистов Государственной специальной службы транспорта», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днипро, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 19 09, эл. почта wbogomas@i.ua, ORCID 0000-0001-5913-2671

^{2*}Каф. «Военная подготовка специалистов Государственной специальной службы транспорта», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днипро, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 19 09, эл. почта bmw1961@ukr.net, ORCID 0000-0001-9578-3906

^{3*}Каф. «Прикладная математика», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днипро, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 19 09, эл. почта i.v.nechay@gmail., ORCID 0000-0002-9250-7794

^{4*}Каф. «Военная подготовка специалистов Государственной специальной службы транспорта», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днипро, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 19 09, эл. почта severinlist@gmail.com, ORCID 0000-0001-9967-4731

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ МОЩНОСТИ ПРИВОДА ЛЕНТОЧНОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО-НАКЛОННОГО КОНВЕЙЕРА ОТ ЕГО ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Цель. Одним из основных элементов ленточных конвейеров является привод. Для анализа влияния проектных параметров на величину мощности привода необходимо провести расчеты по стандартным методикам, изложенным в современной технической литературе. Основными проектными параметрами ленточного конвейера являются: тип груза, проектная производительность, геометрические размеры участков и конфигурация трассы в целом. Особенностью расчетов ленточного конвейера, по сравнению с элеваторами, является зависимость ширины его ленты от производительности, угла наклона участка и типа груза. В статье для учета этого факта при расчетах необходимо построить зависимость ширины ленты от обобщенного параметра, который учитывает изменение проектных параметров. Для определения общей закономерности изменения величины мощности привода ленточного конвейера при варьировании его проектных параметров в статье необходимо построить соответствующие графические зависимости с учетом стандартных размеров и параметров лент. **Методика.** В работе рассматривается ленточный конвейер с двумя участками: наклонным и горизонтальным. Проводится детальный анализ зависимости ширины ленты конвейера и мощности его привода от типа груза, проектной производительности, геометрических размеров и конфигурации трассы конвейера, используя соответствующие параметрические зависимости, построенные авторами в предыдущих работах. **Результаты.** Для ленточных конвейеров рассматриваемого типа построены графические зависимости ширины ленты от параметра, характеризующего проектную производительность и угол наклона участка трассы, а также – от производительности при фиксированном угле наклона. С учетом изменения ширины ленты при росте величины проектной производительности построены графические зависимости мощности привода от производительности и угла наклона наклонного участка. **Научная новизна.** Авторами впервые построены общие зависимости ширины ленты и мощности привода конвейера с двумя участками (наклонной и горизонтальной) от проектных параметров и приведены соответствующие графики. **Практическая значимость.** Использование построенных графических зависимостей мощности привода ленточных конвейеров с наклонным и горизонтальным участками от проектных параметров дает возможность быстрого определения приблизительного значения мощности привода на стадии проектирования, а также определить общий характер изменения ее величины при варьировании проектных параметров.

Ключевые слова: конвейер; лента; привод; мощность; производительность; угол наклона

V. M. BOHOMAZ^{1*}, M. V. BORENKO^{2*}, I. V. NECHAY^{3*}, O. P. SEVERYN^{4*}

^{1*}Dep. «Military Training of Specialists of the State Special Service of Transport», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 19 09, e-mail wbogomas@i.ua, ORCID 0000-0001-5913-2671

^{2*}Dep. «Military Training of Specialists of the State Special Service of Transport», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 19 09, e-mail bmw1961@ukr.net, ORCID 0000-0001-9578-3906

^{3*}Dep. «Applied Mathematics», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 19 09, e-mail i.v.nechay@gmail, ORCID 0000-0002-9250-7794

^{4*}Dep. «Military Training of Specialists of the State Special Service of Transport», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 19 09, e-mail severinlist@gmail.com, ORCID 0000-0001-9967-4731

QUALITATIVE ANALYSIS OF DEPENDENCE OF DRIVE POWER HORIZONTAL-INCLINED BELT CONVEYOR ON ITS INITIAL PARAMETERS

Purpose. One of the main elements of band conveyors is a drive. To analyze the effect of design parameters on the drive power it is necessary to carry out the calculations according to standard procedures outlined in the current technical literature. The main design parameters of the band conveyor are: the type of cargo, project performance, the geometric dimensions of sections and track configuration as a whole. The feature of band conveyor calculation as compared to the elevators is the dependence of the band width on its performance, the inclination angle and the type of cargo. In the article for the account of this fact during calculations it is necessary to construct the dependence of the band width on the generalized parameter, which takes into account change in the design parameters. To determine the general pattern of changing the value of band conveyor drive power when varying its design parameters in the article it is necessary to construct the corresponding graphic dependences taking into account the standard sizes and bands parameters. **Methodology.** We consider the band conveyor with two sections: the inclined and horizontal one. It is conducted a detailed analysis of dependence of the conveyor band width and its drive power on the type of cargo, project performance, geometric dimensions and configuration of the conveyor track, using the appropriate parameter dependences constructed by the authors in previous papers. **Findings.** For band conveyors of this type there were constructed the graphics dependences of the band width on the parameter characterizing the project performance and the inclination angle of the track section, and on the performance at a fixed angle of inclination. Taking into account the changes in the band width with an increase in the value of project performance the graph dependences of drive power on the productivity and the inclination angle of the inclined section were built. **Originality.** For the first time there were built the general dependences of the conveyor band width and the drive power with two sections (inclined and horizontal) on the design parameters and there were presented the corresponding graphs. **Practical value.** Use of the built graphic dependences of drive power of band conveyors with the inclined and horizontal sections on the design parameters makes it possible to quickly determine the approximate value of drive power at the design stage, and to determine the general change nature of its value while varying the design parameters.

Keywords: conveyor; band; drive; power; productivity; inclination angle

REFERENCES

1. Aleksandrov, M. P. (2000). *Podyemno-transportnyye mashiny*. Moscow: MGTU.
2. Bohomaz, V. M., Borenko, M. V., Patsanovskiy, S. V., & Tkachov, O. O. (2016). Analysis of influence of design characteristics of inclined bucket elevator on the power of its drive. *Science and Transport Progress*, 6(66), 136-157. doi: 10.15802/stp2016/90497
3. Bohomaz, V. M. (2015). Influence analyses of designed characteristics of the elevator to the parameters of its drive. *Science and Transport Progress*, 3(57), 162-175. doi: 10.15802/stp2015/46076
4. Bohomaz, V. M. (2016). Research of dependence of belt conveyer drive power on its design parameters. *Science and Transport Progress*, 1(61), 131-146. doi: 10.15802/stp2016/61024
5. Zenkov, R. L., Ivashkov, I. I., & Kolobov, L. N. (1987). *Mashiny nepreryvnogo transporta*. Moscow: Mashinostroeniye.

НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ. МАШИНИ ТА МЕХАНІЗМИ

6. Ivanchenko, F. K. (1993). *Pidiomno-transportni mashyny*. Kyiv: Vyshcha shkola.
7. Katryuk, I. S., & Musiyachenko, Y. V. (2006). *Mashyny nepreryvnogo transporta. Konstruktsii, proyektirovaniye i ekspluatatsiya*. Krasnoyarsk: IPTs KGTU.
8. Kuzmin, A. V. (1983). *Spravochnik po raschetam mekhanizmov podemno-transportnykh mashin*. Minsk: Vysheyshaya shkola.
9. Bondariiev, V. S., Dubynets, O. I., Kolisnyk, M. P., Bondariiev, S. V., Horbatenko, Y. P., & Barabanov, V. Y. (2009). *Pidiomno-transportni mashyny: rozrakhunky pidiimalnykh i transportovalnykh mashyn*. Kyiv: Vyshcha shkola.
10. Raksha, S. V., Goryachev, Y. K., & Kuropyatnik, A. S. (2013). Influence analysis of elastic deformations of the track cable on efforts in the hauling rope of aerial ropeway. *Science and Transport Progress*, 6(48), 110-119. doi: 10.15802/stp2013/19686
11. Baryshev, A. I., Budishevskiy, V. A., Sulima, A. A., & Tkachuk, A. M. (2005). *Raschet i proyektirovaniye transportnykh sredstv nepreryvnogo deystviya*. Donetsk: Nord-Press.
12. Romakin, N. Y. (2008). *Mashyny nepreryvnogo transporta*. Moscow: Akademiya.
13. Askari, H., Younesian, D., & Saadatnia, Z. (2015). Nonlinear Oscillations Analysis of the Elevator Cable in a Drum Drive Elevator System. *Advances in Applied Mathematics and Mechanics*, 7(01), 43-57. doi: 10.4208/aamm.2013.m225
14. Yin, J., Muvengei, O., Kihui, J., & Njoroge, K. (2016). Failure Analysis on Conveyer Chain Links of a Central Bucket Elevator. *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 13(04), 56-63. doi: 10.9790/1684-1304075663
15. Li, S. C., & Wa, J. (2014). Study on Elevator Drive System Dynamics Simulation of Rail Transport Conveyer. *Applied Mechanics and Materials*, 511-512, 619-622. doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.511-512.619

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. С. В. Рахшою (Україна); д.т.н., проф. В. Г. Заренбіним (Україна)

Надійшла до редколегії: 10.10.2016

Прийнята до друку: 10.01.2017