

УДК 621.867.212.7

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.40.8>**Гаврюков О.В.**

д.т.н., завідувач кафедри машинобудування

Донбаська національна академія будівництва і архітектури,

м. Краматорськ, Донецька область

ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО СТВОРЕННЯ КІНЦЕВОЇ СТАНЦІЇ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА, ЩО ЗАПОБІГАЄ БОКОВОМУ СХОДУ СТРІЧКИ НА БАРАБАНИ

Анотація. Схід стрічки на барабані приймального пристрою може стати причиною великої аварії, ліквідація якої може зайняти близько місяця.

У статті наведено наслідки аварії на вскришному комплексі «Лауххаммер», коли схід стрічки на барабані приймального пристрою став причиною великої аварії. Все це зумовлює величезні збитки, яких могло б не бути, якби кінцева станція конвеєра була обладнана системою центрування стрічки.

Встановлено, що: у разі порушення перпендикулярності осі барабана щодо поздовжньої осі руху стрічки виникає боковий схід стрічки; дотичне напруження між стрічкою і повернутим барабаном не залежить від нормальних напружень у контакті, а залежить від ширини стрічки, модулів зсуву і товщини матеріалу обкладинки стрічки, і футерування барабана, пропорційне величині зміщення стрічки на барабані; перехідний процес сходження стрічки з барабана описується рівнянням, яке відповідає аперіодичній ланці першого порядку і залежить від кута перекошу барабана, швидкості ходу стрічки, натягу і маси стрічки, коефіцієнта криволінійності твірної барабана, коефіцієнта тертя – ковзання стрічки, що набігає на барабан по роликівих опорах.

У статті наведені результати досліджень зі створення кінцевої станції стрічкового конвеєра обладнаною системою центрування стрічки на барабані. Центрування виконує система автоматичного регулювання, що повертає вісь барабана в горизонтальній площині у разі виникнення сходу стрічки з барабана. Поворот виконує сервопривід, що має зовнішнє джерело енергії і датчики положення стрічки на барабані. Наведені результати досліджень і методика розрахунку, що дозволили спроектувати систему автоматичного центрування стрічки на барабані.

У результатах досліджень вказується, що структурна схема системи автоматичного центрування стрічки на барабані включає: аперіодичну ланку 1, відповідну об'єкту регулювання (стрічка); безінерційну ланку 2, відповідну важільній системі, що перетворює зміщення стрічки на зміщення золотника; інтегруючу ланку 3, відповідну сервомотору з регулювальником витрати і золотниковим розподільником; безінерційну ланку 4, відповідну шарнірному закріпленню барабана, перетворюючого переміщення штока поршня сервомотора в кут повороту барабана. Встановлені умови роботи елементів системи центрування стрічки на барабані, за яких забезпечується якісна і стійка робота системи автоматичного регулювання.

У роботі наведена конструктивна схема кінцевої станції і структурна схема системи автоматичного центрування стрічки на барабані.

Ключові слова: процес сходження стрічки на барабані, аперіодична ланка першого порядку, кінцева станція конвеєра, система автоматичного центрування, якісна і стійка робота системи автоматичного регулювання.

Постановка проблеми. Під час будівництва тунелів доволі часто застосовують стрічкові конвеєри для видачі гірничої маси із забою.

На основі аналізу роботи транспортної установки, що використовувалась під час

проведення найпротяжнішого у світі Готардського базисного тунелю, встановлено, що швидкість проведення тунелю можна було би збільшити, застосувавши стрічковий конвеєр, що працює за змінної довжини транспортування для видачі породи із забою [1].

Між тим під час зміни довжини транспортування стрічкового конвеєра можливе порушення перпендикулярності осі стрічки відносно осі кінцевого барабана, що провокує боковий схід стрічки на ньому.

Схід стрічки на барабані приймального пристрою вскришного комплексу «Лауххаммер» (рис. 1) [2] став причиною великої аварії, коли грунт, який почав просипатися з вантажної гілки на холосту, накопичився на кінцевому барабані.

У результаті деформувалась поверхня барабана, стрічка зійшла на 400 ... 500 мм, наповзла на виступ елемента конструкції конвеєра і стала розриватися цим елементом зі швидкістю 6,4 м/с. Поки зупинили комплекс було розрізано близько 1,5 км стрічки, близько 600 м³ ґрунту опинилися на пункті навантаження і на трасі конвеєра (рис. 1).

Ліквідація аварії зайняла близько місяця, стояв весь комплекс (екскаватор, перевантажувач, 12 конвеєрів транспортуючої лінії, відвалоутворювач). Слід додати, що стільки ж простояв видобувний комплекс кар'єру, що працював впритул за вскришним. Все це зумовило величезні збитки, яких могло б не бути, якби кінцева станція конвеєра була обладнана системою центрування стрічки.

Аналіз останніх досліджень.

Відомо, що у разі порушення перпендикулярності осі набігаючої стрічки стосовно осі барабана відбувається боковий схід стрічки [3], що призводить до серйозних аварій [2]. Також відомо, що боковий схід стрічки буде меншим, якщо барабан має криволінійну твірну [4; 5].

Мета роботи – виконати дослідження зі створення кінцевої станції стрічкового конвеєра,

що запобігає боковому сходу стрічки на барабані з криволінійною твірною.

Результати досліджень. Розробка математичної моделі перехідного процесу бокового сходу стрічки на барабані з незначною криволінійністю дозволяє спроектувати систему автоматичного центрування стрічки на барабані з криволінійною твірною з оптимальними параметрами.

Натягнення стрічки викликає нормальний тиск стрічки на обвідній барабан. Розглянувши напругу і деформації, що виникають у зоні контакту стрічки з барабаном, у припущенні, що навантаження нерівномірно розподілене по твірній барабана, встановлено, що нормальний тиск за відсутності прослизань не впливає на дотичне навантаження взаємодії стрічки з барабаном у разі його розвороту [6].

$$\tau_{бар.-с} = B_c / (\delta_{обкл.с} / G_{зсуву.с} + \delta_{футер.} / G_{зсуву.футер.}), Н/м^2,$$

де B_c – ширина стрічки, м; $G_{зсуву.с}$ – модуль зсуву матеріалу обкладки стрічки, $Н/м^2$; $G_{зсуву.футер}$ – модуль зсуву матеріалу футерування обвідного барабана, $Н/м^2$; $\delta_{обкл.с}$ – товщина матеріалу нижньої обкладинки стрічки, м; $\delta_{футер.}$ – товщина матеріалу футерування обвідного барабана, м.

Внаслідок низького модуля зсуву конвеєрних стрічок можна вважати, що викривлення осі стрічки відбувається за рахунок деформації зсуву перерізами стрічки паралельними твірними барабана. У зв'язку з цим дотичне навантаження взаємодії стрічки з барабаном у поперечному напрямі за відсутності прослизання $Q_{бар.-с}$ пропорційне зміщенню Δ_l [6]:

$$Q_{бар.-с} = -\tau_{бар.-с} \cdot \Delta_l, Н/м.$$

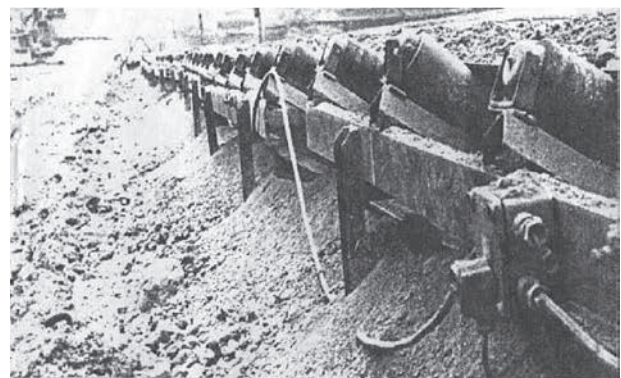


Рис. 1. Схід стрічки в пункті завантаження і на верхній гілці конвеєра (комплекс «Лауххаммер»)

Під час розробки математичної моделі перехідного процесу бокового сходу стрічки на барабані з незначною криволінійністю розглядався рух стрічки на барабані з поверхнею твірної у вигляді еліпса (рис. 2) обмеженою площиною zOy .

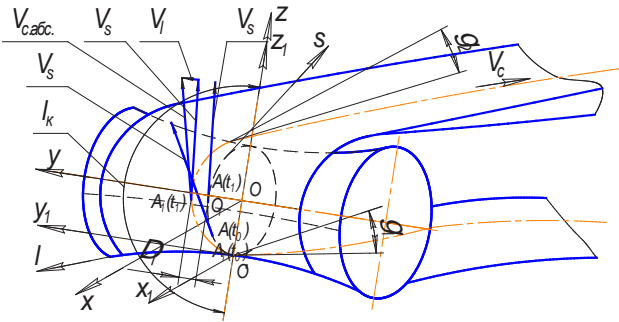


Рис. 2. Розрахункова схема до визначення швидкості ковзання по довжині контакту V_l стрічки з барабанами і швидкості сходу стрічки з барабана $V_{б.сх}$.

Розглядалися швидкості руху контактуючих точок A і A_1 . Точка A , що належить футеруванню барабана, точка A_1 нижній обкладці стрічки. У початковий момент часу t_0 точки A і A_1 суміщені.

У разі виникнення бокової сили або розвороту барабана відносно осі стрічки відбувалось поперечне зміщення стрічки уздовж твірної барабана.

Внаслідок поперечного ковзання точка A_1 зміщувалась відносно точки A на величину Δl_1 . Розглянувши швидкості руху у момент часу t_1 точки A_1 і точки A з урахуванням дотичного навантаження взаємодії стрічки з барабаном $Q_{бар.-с}$ і внутрішніх сил у перерізі стрічки, для практично важливого випадку, коли довжина контакту стрічки з барабаном уздовж осі $l_k > (20 \div 30)$ см, була отримана залежність швидкості бокового сходу стрічки з барабана [6] в криволінійній системі координат

$$V_{б.сх} = -V_c \gamma_1,$$

де V_c – швидкість ходу стрічки, м/с; γ_1 – кут набігання стрічки на криволінійний барабан.

Швидкість бокового сходу стрічки з барабана в параметричній системі координат визначається із залежності [6]:

$$V_{б.сх}'' = -V_c \cdot \gamma_1 / K_{кривол.}^{еліпса}, \text{ м/с},$$

де

$$K_{кривол.}^{еліпса} = \sqrt{1 - K_{еліпса}^{бар.} + (b_{еліпса}^{бар.})^2 / [(a_{еліпса}^{бар.})^2 - y^2]}$$

– коефіцієнт криволінійності барабана з твірною у вигляді еліпса (рис. 3).

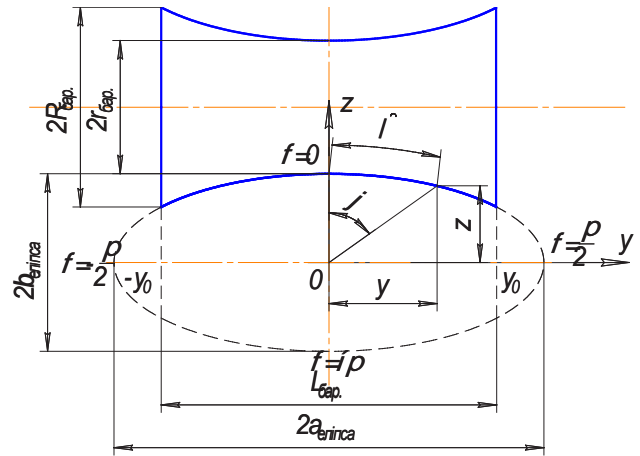


Рис. 3. Розрахункова схема до визначення швидкості бокового сходу стрічки і коефіцієнта криволінійності твірної барабана у вигляді обрізаного по краях еліпса

Встановлено, що перехідний процес сходу стрічки на барабані слід розглядати з урахуванням закономірностей її руху на барабані і закономірностей поперечної деформації стрічки, що набігає на барабан (рис. 4) [7].

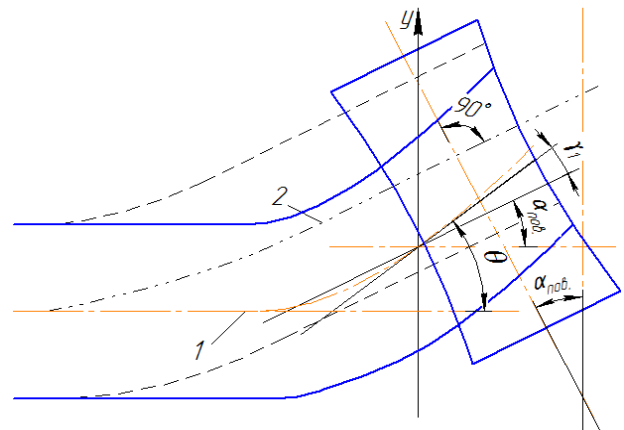


Рис. 4. Схема поперечного зміщення стрічки на барабані: 1 – положення стрічки в перехідному режимі; 2 – положення стрічки у стаціонарному режимі

Встановлено, що залежність, яка описує швидкість бокового сходу стрічки на барабані, з криволінійною твірною і яка враховує поперечну деформацію стрічки уздовж осі конвеєра у разі розвороту барабана, відповідає аперіодичній ланці першого порядку [7; 8]:

$$(T_0^{ел.} \lambda + 1) y = K_0 \alpha_{пов.},$$

де

$$T_0^{ел.} = \frac{S_c (K_{кривол.}^{еліпса} + 1)}{q_c \cdot g \cdot c_{т.к.} \cdot V_c}$$

– постійна часу об’єкта регулювання (стрічки), c ;

$$K_o = \frac{S_c}{q_c \cdot g \cdot c_{m.k.}}$$

– коефіцієнт передачі по куту повороту барабана, m ; q_c – погонна маса стрічки, kg/m ; $c_{m.k.}$ – тангенс кута нахилу лінійної частини графіка залежності коефіцієнта тертя від ковзання; $\alpha_{нов.}$ – кут між віссю стрічки, що набігає на барабан і подовжньою віссю стрічки уздовж конвеєра; g – прискорення вільного падіння m/c^2 ; S_c – натягнення стрічки в точці набігання на барабан, H .

Після виконання конструкторських досліджень була запатентована і спроектована кінцева станція із системою автоматичного регулювання стрічки на барабані (рис. 5) [9]. На рисунку 6 наведена принципова схема системи автоматичного центрування стрічки на барабані.

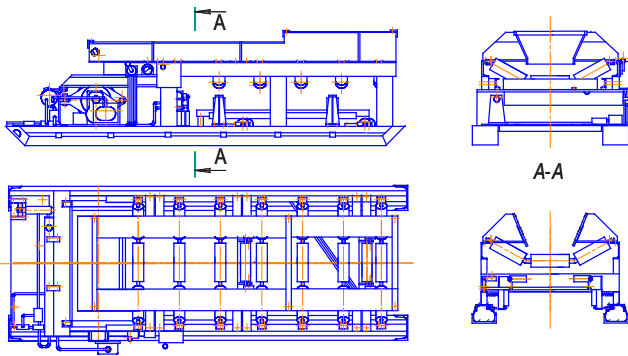


Рис. 5. Загальний вигляд кінцевої станції із системою оперативного і автоматичного регулювання стрічки на барабані

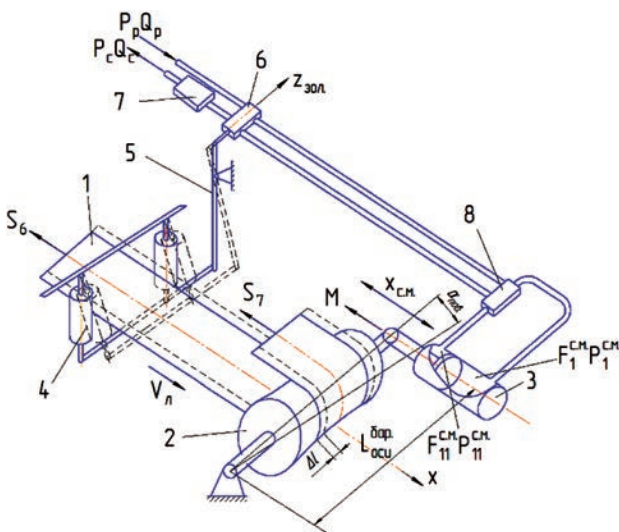


Рис. 6. Принципова схема системи автоматичного центрування стрічки на барабані

Система автоматичного центрування стрічки на барабані (рис. 7) здійснює регулювання положення стрічки 1 на барабані 2 за допомогою силового гідроциліндра 3. Гідроциліндр 3 виробляє силову дію за рахунок зовнішніх джерел енергії. Елементами управління є датчики положення стрічки 4 з важільною системою 5 і трипозиційним золотниковим розподільником 6. Для стійкої роботи системи в неї введений пристрій, що коригує, – регулювальник потоку 7.

Структурна схема системи автоматичного центрування стрічки на барабані (рис. 7) включає: $W(\lambda)_{б.с.}^{el.}$ аперіодичну ланку 1, $W(\lambda)_p$ відповідну об’єкту регулювання; безінерційну ланку 2, відповідну важільній системі, що перетворює зміщення стрічки на зміщення золотника; $W(\lambda)_{с.м.}$ інтегруючу ланку 3, відповідну сервомотору з регулювальником витрати і золотниковим розподільником; $W(\lambda)_{oci}^{бар.}$ безінерційну ланку 4, відповідну шарнірному закріпленню барабана, перетворюючого переміщення штока поршня сервомотора в кут повороту барабана [7].

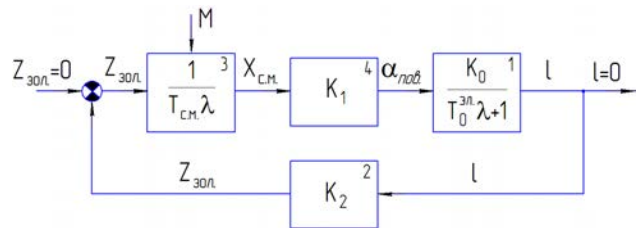


Рис. 7. Структурна схема системи автоматичного центрування стрічки на барабані

Передавальна функція розімкненої системи регулювання положення стрічки на барабані записується рівнянням [7]:

$$W(\lambda)_{сист.} = W(\lambda)_{б.с.}^{el.} \cdot W(\lambda)_p \cdot W(\lambda)_{с.м.} \cdot W(\lambda)_{oci}^{бар.},$$

$$W(\lambda)_{сист.} = \frac{K_{сист.}}{\lambda(T_0^{el.} \lambda + 1)},$$

де $K_{сист.} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 / T_{с.м.}$ – коефіцієнт посилення розімкненої системи регулювання, c^{-1} ; $K_1 = 1/L_{oci}^{бар.}$ – коефіцієнт передачі поступальної ходи штока сервомотору в кут повороту барабана; K_2 – коефіцієнт передачі важільної системи;

$$T'_{с.м.} = \sqrt{\frac{v \cdot (F_1^3 + F_{11}^3)}{2g \cdot (F_1 P_p - F_{11} P'_s + M) \cdot a^2 \mu_3^2}}$$

– постійна часу сервомотора у разі висування штока поршня, c ;

$$T_{c.m}'' = \sqrt{\frac{\nu(F_1^3 + F_{11}^3)}{2g(F_{11}P_p - F_1P_s'' - M) \cdot a^2\mu_3^2}}$$

– постійна часу сервомотора у разі втягування штока поршня, c ; P_1 і P_{11} – тиски в поршневій і штоковій порожнинах сервомотора, H/m^2 ; F_1 – площа поршня сервомотора, m^2 ; F_{11} – площа поршня без площі штока сервомотора, m^2 ; M – навантаження на штоку силового циліндра, що залежить від натягнення стрічки, H ; μ_3 – коефіцієнт витікання через золотникові вікна; g – прискорення сили тяжіння, m/c^2 ; ν – питома вага робочого тіла, H/m^3 ; P_p – робочий тиск, H/m^2 ; P_s , P_s'' – тиску на вході регулювальника потоку у разі висунення і втягування штока поршня сервомотора, H/m^2 ; a – сумарна ширина золотникових вікон, m , $\lambda = d/dt$ – оператор диференціювання, c^{-1} .

Для забезпечення задовільної якості регулювання (загасання перехідного процесу за 1 період ($= 90\%$) параметри системи повинні задовольняти умові [8; 10]:

$$K_{сист.} \leq 3,2 / T_0^{el}, c^{-1}.$$

Враховуючи параметри системи, необхідна витрата масла в гідросистемі (рис. 7), за якої забезпечується якісна і стійка робота системи стабілізації стрічки на барабані, визначається залежністю [8]:

$$Q_{c.m.} \leq \frac{1,6\Delta z_{зол.} L_{оси}^{бар.} V_c}{K_2} \left[\frac{q_c \cdot c_{т.к.}}{S_c (K_{кривол.} + 1)} \right]^2 \left[\frac{(F_1)^3 + (F_{11})^3}{F_1 + F_{11}} \right]^{1/2} (m^3/c)$$

Остання залежність дозволяє визначитись з гідромотором, встановленим на кінцевій станції конвеєра.

Висновки.

1. Схід стрічки на барабані приймального пристрою може стати причиною великої аварії, ліквідація якої може зайняти близько місяця.

2. Боковий схід стрічки на обвідних барабанах завжди має місце за відсутності перпендикулярності осі стрічки стосовно осі барабана; стаціонарний стан досягається, коли вісь стрічки стане перпендикулярна осі барабана.

3. У разі бокового сходу стрічки в зоні її контакту з твірною барабана мають місце дотичні і нормальні навантаження. Дотичне навантаження пропорційне боковому зміщенню стрічки і не залежить від нормальних. Воно викликане не перпендикулярним розташуванням осі стрічки стосовно осі барабана.

4. Перехідний процес сходу стрічки на барабані з незначною криволінійністю твірної описується рівнянням, відповідним аперіодичній ланці першого порядку, і залежить від таких параметрів: кута перекоосу барабана, швидкості ходу стрічки, натягнення і маси стрічки, коефіцієнта тертя ковзання стрічки по роликах. Зі збільшенням натягнення стрічки і кута розвороту барабана величина бічного сходу збільшується. Зі збільшенням погонної ваги стрічки, коефіцієнта тертя ковзання стрічки по роликівих опорах величина бокового сходу зменшується.

5. У разі збільшення криволінійності барабана є тенденція до зменшення величини сходу стрічки на барабані. Постійна часу об'єкта регулювання (стрічки) залежить від коефіцієнта криволінійності барабана.

6. Величина криволінійності барабана у разі використання плоскої стрічки обмежується виникаючою нерівномірністю натягнення стрічки по ширині, а також можливістю сходу стрічки, що провокує аварійну ситуацію і істотно залежить від жорсткості стрічки.

7. Система автоматичного центрування стрічки може запобігти сходу стрічки з барабана і повинна мати зовнішнє джерело енергії і датчики положення стрічки на барабані.

8. Для забезпечення задовільної якості регулювання параметри системи центрування стрічки на барабані повинні задовольняти умові $K_{сист.} \leq 3,2 / T_0^{el}$.

7. Приведена методика розрахунку системи автоматичного центрування стрічки може бути прийнятною для будь-якої форми твірної барабана: як для незначної опуклої, так і незначної увігнутої.

Література

- Gavryukov O.V. Use of tubular belt conveyor operating with changeable length of transportation for conduct of tunnels. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No. 4, pp. 151–155. e-ISSN 2663-1342, p-ISSN 2663-1334, DOI: 10.31548/machenergy.2019.04.151-155.
- Покушалов М.П. К вопросу об эффективности непрерывного транспорта. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. Москва : Горная книга, 2007. С. 379–382.
- Биличенко Н.Я. Эксплуатационные режимы ленточных конвейеров. / Н.Я. Биличенко, Е.М. Высочин, Е.Х. Завгородний. Киев : Госгортехиздат УССР, 1964. 263 с.
- Высочин Е.М. Центрирование ленты на барабанах. / Е.М. Высочин, А.Ф. Леоненко. В кн.: Угольное и горнорудное машиностроение. Изд. НИИинформтяжмаш, Москва, 1965. Вып. № 6. С. 63–67.

5. Шеглов О.М. О некоторых проблемах центрирования ленты ленточного конвейера / О.М. Шеглов, В.В. Суглобов. *Захист металургійних машин від поломок* : зб. наукових праць ПДТУ. Маріуполь, 2011. Вип. 13. С. 50–58.
6. Гаврюков А.В. Исследование процесса схода ленты на барабане с незначительной выпуклостью при его разворотах. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія гірничо-електромеханічна*. 2011. Вип. 22(190). С. 33–50.
7. Гаврюков А.В. Теория и практика использования ленточных конвейеров, работающих при изменяющейся длине : монография. Макеевка : ДонНАСА, 2007. 119 с.
8. Гаврюков О.В. Развитие теории трубчатых стрічкових конвеєрів : монография. Краматорськ : ДонНАБА, 2017. 279 с.
9. Патент України на винахід № 98378 МПК (2012) E21F 13/08 B65G 41/00. Кінцева станція стрічкового конвеєра. / Гаврюков О.В., Семенченко А.К., Кононихін Г.А., Трет'як А.В. № а 2010 10979; заявл. 13.09.10., опубл. 10.05.12. Бюл. № 9. (Україна). 9 с.
10. Бесекерский В.А. Сборник задач по теории автоматического регулирования. Москва : Наука, 1969. 588 с.

References

1. Gavryukov O.V. Use of tubular belt conveyor operating with changeable length of transportation for conduct of tunnels. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No. 4, pp. 151–155. e-ISSN 2663-1342, p-ISSN 2663-1334, DOI: 10.31548/machenergy.2019.04.151-155.
2. Pokushalov M.P. On the question of the efficiency of continuous transport. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. Moskva: Gornaya kniga, 2007. S. 379–382.
3. Bilichenko N.Ya. Operating modes of belt conveyors. / N.Ya. Bilichenko, E.M. Vysochin, E.Kh. Zavgorodniy. Kiev: Gosgortekhzidat of the Ukrainian SSR, 1964. 263 p.
4. Vysochin E.M. Centering the tape on the drums. / E.M. Vysochin, A.F. Leonenko. In the book: *Coal and mining engineering*. Ed. NIInformtyazhmash, Moskva, 1965. Issue. No. 6. S. 63–67.
5. Shcheglov O.M. On some problems of centering the belt of the conveyor belt / O.M. Shcheglov, V.V. Suglobov. *Zachist metallurgiyh machines from breakdowns: zb. Naukovikh prats PDTU. Mariupol, 2011. VIP. 13. S. 50–58.*
6. Gavryukov A.V. Investigation of the process of slipping off the tape on a drum with a slight bulge during its turns. *Naukovi pratsi of Donetsk National Technical University. Seriya gornicho-electromechanical*. 2011. Issue. 22 (190). S. 33–50.
7. Gavryukov A.V. Theory and practice of using belt conveyors operating at varying length: monograph. Makeevka: DonNASA, 2007. 119 p.
8. Gavryukov O.V. Development of the theory of tubular conveyor belts: monograph. Kramatorsk: DonNABA, 2017. 279 p.
9. Patent of Ukraine for the invention No. 98378 IPC (2012) E21F 13/08 B65G 41/00. The final station of the belt conveyor. / Gavryukov O.V., Semenchenko A.K., Kononikhin G.A., Tretyak A.V. 2010 a 2010 10979; declared 13.09.10., Publ. 10.05.12. Bull. No. 9. (Ukraine). 9 s.
10. Besekersky V.A. Collection of problems on the theory of automatic control. Moscow: Nauka, 1969. 588 p.

RESEARCH ON ESTABLISHMENT OF THE END STATION OF THE BELT CONVEYOR THAT PREVENTS THE SIDE ASSEMBLY OF THE BELT ON THE DRUM

Abstract. *The rise of the tape on the drum of the receiving device can cause a major accident, the elimination of which can take about a month.*

The article presents the consequences of the accident at the Lauchhammer roof complex, when the rise of the tape on the drum of the receiving device caused a major accident. All this causes huge losses, which could not have happened if the end station of the conveyor was equipped with a belt centering system.

It is established that: at violation of perpendicularity of an axis of a drum concerning a longitudinal axis of movement of a tape there is a lateral rise of a tape; the tangential stress between the tape and the rotated drum does not depend on the normal stresses in contact, but depends on the width of the tape, shear modules and thickness of the tape cover material, and the lining of the drum, proportional to the displacement of the tape on the drum. The transient process of ascent of the tape from the drum is described by an equation that corresponds to the aperiodic link of the first order and depends on the skew angle of the drum, the speed of the tape, tension and weight of the tape, the coefficient of curvature of the drum, the coefficient of friction.

The article presents the results of research on the creation of the final station of the belt conveyor equipped with a system of centering the belt on the drum. Centering is performed by an automatic adjustment system that rotates the axis of the drum in the horizontal plane when the tape rises from

the drum. The rotation is performed by a servo drive having an external power source and tape position sensors on the drum. The results of researches and a calculation technique which have allowed to design system of automatic centering of a tape on a drum are resulted.

The research results indicate that the block diagram of the system of automatic centering of the tape on the drum includes: aperiodic link 1, corresponding to the object of regulation (tape); an inertial link 2 corresponding to a lever system that converts the displacement of the belt into the displacement of the spool; an integrating link 3 corresponding to a servomotor with a flow regulator and a spool distributor; inertial link 4 corresponding to the hinge of the drum, converting the movement of the piston rod of the servomotor in the angle of rotation of the drum. The operating conditions of the elements of the system of centering the tape on the drum at which high-quality and stable operation of the automatic control system.

The constructive scheme of the end station and the structural scheme of the system of automatic centering of the tape on the drum are given in the work.

Key words: process of belt ascent on the drum, aperiodic link of the first order, end station of the conveyor, system of automatic centering, qualitative and steady work of the system of automatic regulation.

Gavryukov O.V.

Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Mechanical Engineering,
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Kramatorsk, Donetsk region