

УДК 621.867.2 – 52

**АВТОМАТИЗОВАНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛІННЯ  
СТРІЧКОВИМИ КОНВЕЄРАМИ**

Т.О. Ткаченко, студент, керівник Чермалих О.В., к.т.н., доцент  
Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”  
Кафедра АУЕК, НТУУ „КПІ”, вул. Борщагівська, 115, м. Київ, 03056, Україна  
Тел.: (044) 245-61-60, E-mail: [tkachenko\\_tany@ukr.net](mailto:tkachenko_tany@ukr.net)

*У статті розглянуто автоматизований технологічний комплекс управління стрічковими конвеєрами, який підвищує якість виробничого і технологічного процесу. Представлені результати експлуатації й економічні показники використання сучасних стрічкових конвеєрів, які працюють з використанням частотно – регульованого електроприводу. Такий варіант рекомендовано на прикладі результатів вимірів, зроблених у польських і німецьких шахтах.*

*В статье рассмотрен автоматизированный технологический комплекс управления ленточными конвейерами, который повышает качество производственного и технологического процесса. Представлены результаты эксплуатации и экономические показатели использования современных ленточных конвейеров, которые работают с использованием частотно – регулируемого электропривода. Такой вариант рекомендуется на примере результатов измерений, сделанных в польских и немецких шахтах.*

*In the article the automated technological complex of management is considered band conveyers, that promotes quality of productive and technological process. The results of exploitation and economic indicators of the use of modern band conveyers that work with the use frequency - managed electromechanic are presented. Such variant is recommended on the example of results of measuring done in the Polish and German mines.*

**Вступ.** Стрічкові конвеєри є найпоширенішим засобом безперервного транспортування різних насипних і штучних вантажів у промисловості, будівництві, сільському господарстві й інших галузях народного господарства.

Основою конвеєра є нескінченна вертикальнозамкнена гнучка стрічка. Залежно від типу вальцеопори стрічка може мати плоску або жолобчасту форму. Верхня робоча й нижня холоста вітки стрічки підтримуються вальцеопорами. Поступальний рух стрічки конвеєра повідомляє приводний барабан, що приводиться в обертання електродвигуном через редуктор. Постійний натяг стрічки забезпечується натяжним пристроєм. Вантаж надходить на стрічку через завантажувальний пристрій, а розвантажується через вирву приводного барабана або в будь-якому пункті уздовж конвеєра, за допомогою спеціальних розвантажувальних пристроїв.[1]

**Система АСКК - ДЕП.** Система АСКК – ДЕП призначена для автоматизованого керування розгалуженими й нерозгалуженими конвеєрними лініями, а також одиночними конвеєрами, що входять і не входять до складу конвеєрної лінії, у підземних виробках шахт і рудників, а також у поточно-транспортних системах поверхневого комплексу (на збагачувальних фабриках, у допоміжних цехах та ін.). [2]

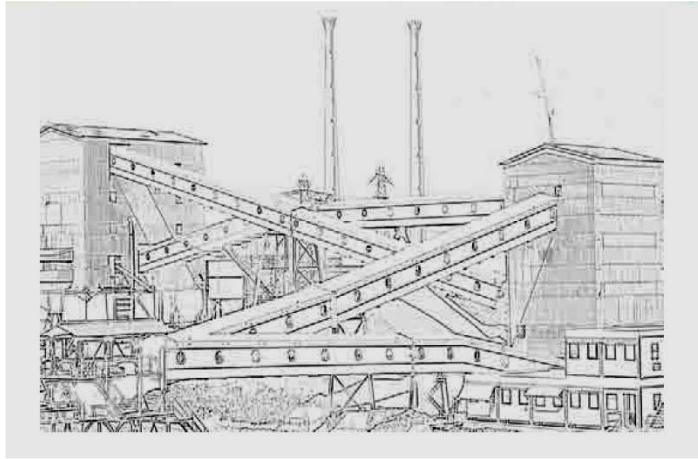


Рисунок 1. Схема конвеєрної лінії АСКК – ДЕП

Основні функціональні характеристики:

- Запуск конвеєрних ліній, їхніх частин, а також дозапуск без зупинки працюючих конвеєрів у послідовності, що виключає завал місць перевантажень, контроль швидкості стрічки й пробуксовки;
  - Оперативна зупинка конвеєрної лінії, частини лінії, окремого конвеєра (з автоматичним відключенням всіх конвеєрів надаючих вантаж на зупинений) згідно командам з АРМ диспетчера або за командами із блоку керування конвеєром (із забезпеченням необхідної послідовності включення й відключення механізмів конвеєра);
  - Керування звуковою сигналізацією конвеєра, конвеєрної лінії (попереджувальна, аварійна, виклична, ін.);
  - Місцеве автоматизоване керування конвеєром, здійснюване із блоку керування конвеєром;
  - Забезпечення різних видів захистів (аварійна і екстрена зупинка): екстрена зупинка з будь – якого місця конвеєра, при сході стрічки, при зниженні швидкості й пробуксовці, при спрацьовуванні датчика заштибовки, при зніманні огороження, при спрацьовуванні датчика температури приводного барабана, ін.;
  - Зупинка за взаємним блокуванням конвеєрної лінії, частини лінії або окремого конвеєра;
  - Відключення фідерного автоматичного вимикача при залипанні блок-контактів електродвигунів або при залипанні блок – контактів гальм;
  - Відображення інформації на БКК і на АРМ диспетчера:
    - оперативна індикація про режим роботи, швидкість стрічки й ін.;
    - аварійна індикація всіх видів захисних відключень і блокувань;
    - перші причини останньої зупинки конвеєрної лінії, частини лінії, окремого конвеєра;
    - оперативне відображення на АРМ диспетчера станів керованих об'єктів.
    - Визначення адреси при спрацьовуванні датчиків у шлейфах КТВ і КСС;
    - Архівація технологічних параметрів, протоколювання дій диспетчера;
- Додатково, система дозволяє:
- працювати в шахтах і рудниках, у тому числі небезпечних за воднем;
  - керувати супровідним обладнанням і контролювати його стан (датчики пожежної сигналізації, контролю загазованості, провітрювання й ін.);
  - передавати на верхній рівень у транзитному режимі інформацію від інших систем.
- Склад системи АСКК – ДЕП у цілому:
- Обладнання для розміщення в диспетчерському пункті:

- а). Центральний пост керування (ЦПК);
    - Спеціалізоване програмне забезпечення (СПЗ):
      - а). СПЗ контролера Деконт – 182, встановленого в БКК або БКК – ЕХ – «АЛГ – БКК»;
      - б). СПЗ для ПЕВМ, встановленої в ЦПК – «АРМ – ЦПК»
    - Обладнання, розташоване в безпосередній близькості від конвеєра:
      - а). на поверхні – Блок керування конвеєром (БКК);
      - б). у руднику (у вибухонебезпечній зоні) – Блок керування конвеєром (Бкк – Ех).
- Склад ЦПК:

- Автоматизоване робоче місце диспетчера (АРМ – Д). АРМ – Д являє собою персональний комп'ютер зі спеціалізованим програмним забезпеченням «АРМ диспетчера АСКК». Програма «АРМ диспетчера АСКК» реалізована на платформі Windows – 2000 і забезпечує сучасний графічний інтерфейс налаштування, супроводу й експлуатації системи.

- Блок сполучення (БС). БС забезпечує об'єднання всіх окремих сегментів технологічних мереж, що приходять у ЦПК від вилучених об'єктів (конвеєрів і конвеєрних ліній), у єдину технологічну мережу з підключенням у цю мережу АРМ – Д.

БКК є проектно – компонуємим виробом, тобто кількість оброблюваних сигналів може вибиратися користувачем, виходячи з конкретних технічних характеристик кожного конвеєра. Компонування БКК під необхідний набір сигналів виробляється шляхом вибору кількості відповідних модулів вводу-виводу. Залежно від місця розташування конвеєра вибирається відповідне виконання БКК. Для рудника - блок керування конвеєром у виконанні (Бкк – Ех), для поточно-транспортних систем поверхневого комплексу - блок керування конвеєром у загальнопромисловому виконанні (БКК). Невід'ємною частиною кожного БКК є спеціалізоване програмне забезпечення, у якому реалізований необхідний набір функцій, що дозволяє управляти різними типами конвеєрів.

БКК виконаний на основі програмно-технічного комплексу (ПТК) загальнопромислового виконання – ДЕКОНТ. Бук-ех виконаний на основі ПТК Деконт – Ех і є вибухобезпечним електрообладнанням. Приклад зовнішнього вигляду Бкк – Ех представлений на рисунках 2 і 3.



Рисунок 2. Зовнішній вид БКК – Ех (приклад)



Рисунок 3. БКК – Ех з відчищеною дверцею

На рисунках 4, 5, 6 зображено типові приклади побудови автоматизованих систем керування конвеєрами. [3]

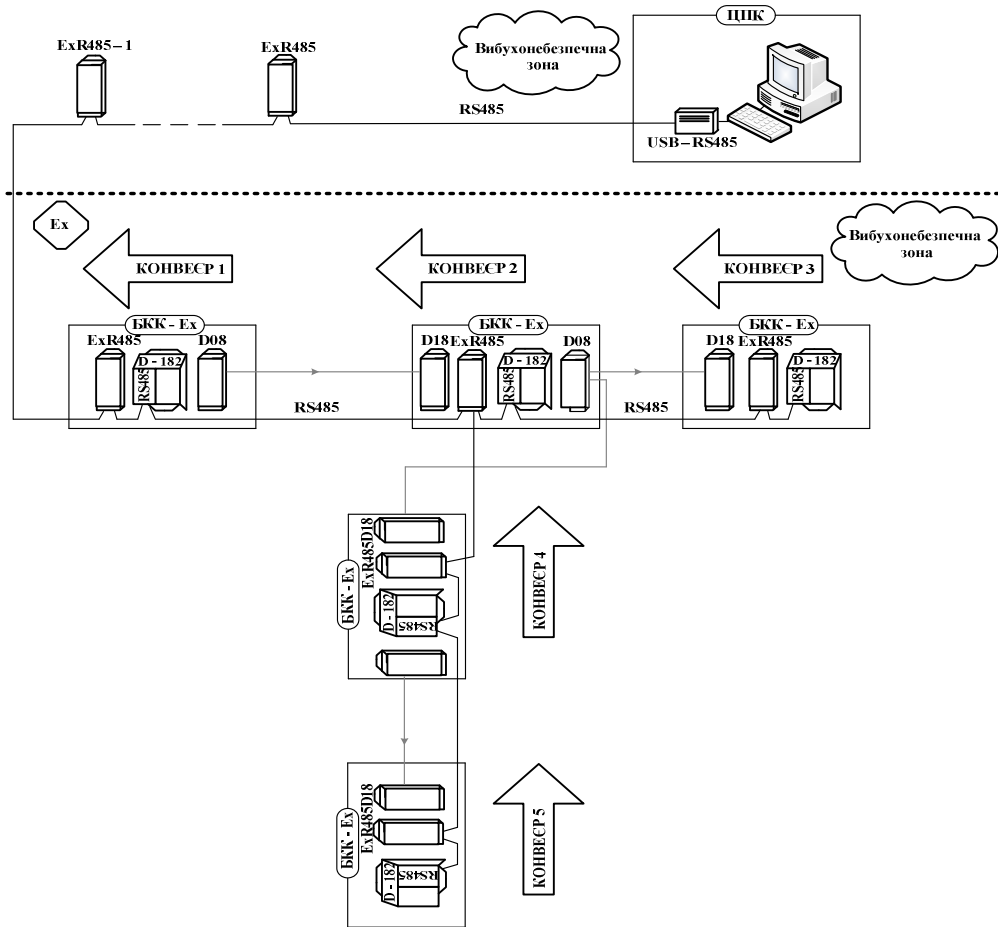


Рисунок 4. Автоматизована система керування розгалуженою конвеєрною лінією

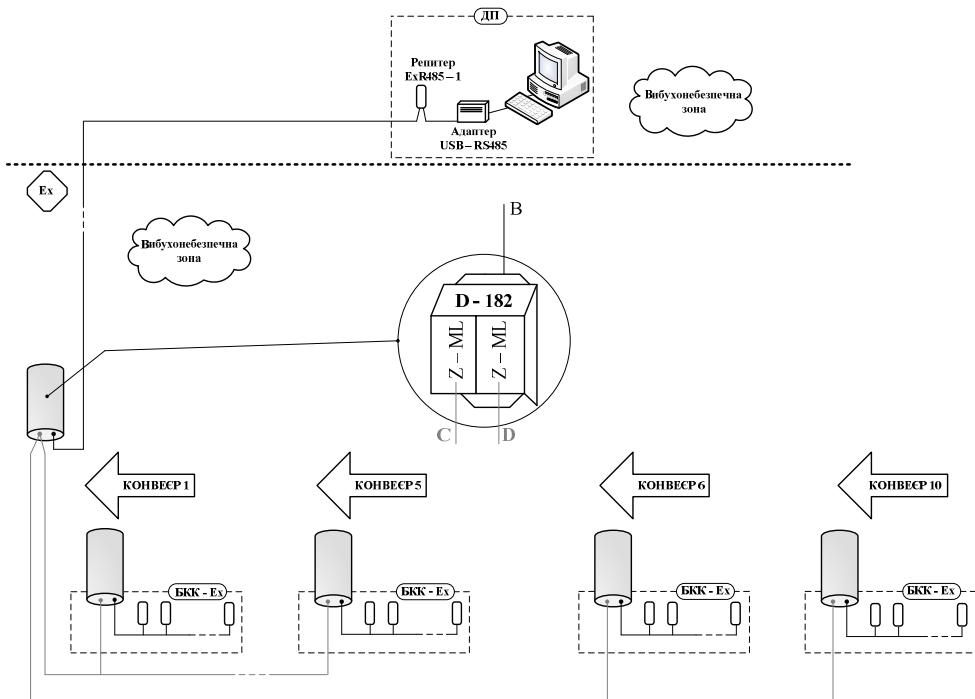


Рисунок 5. Автоматизована система керування нерозгалуженою конвеєрною лінією

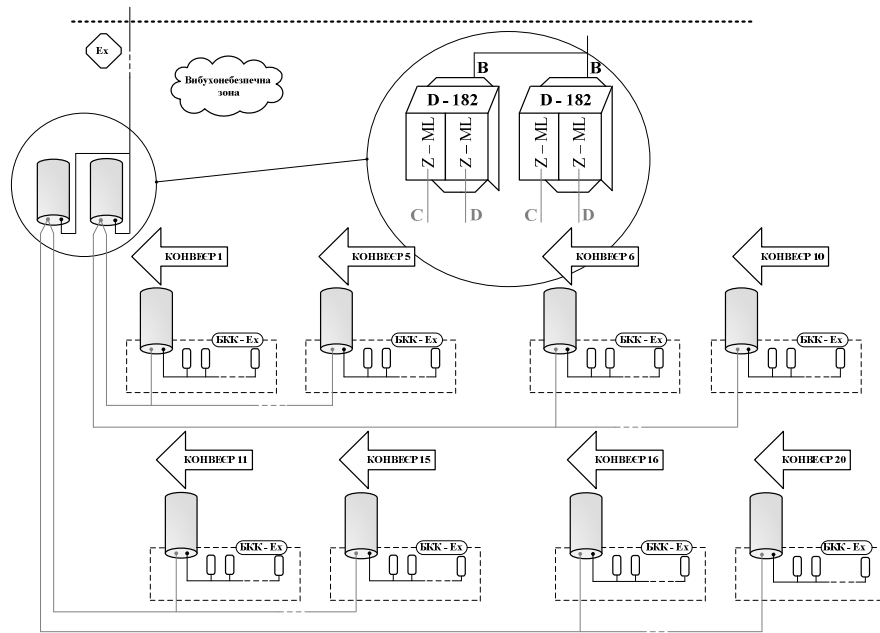


Рисунок 6. Автоматизована система керування паралельною конвеєрною лінією

**Стрічкові конвеєри з регульованою швидкістю.** Динамічний розвиток частотних перетворювачів і їхнє використання в роботі приводних двигунів стрічкових конвеєрів підтвердили їхню повну придатність до регулювання швидкості стрічкового конвеєра. Переваги даного типу живлення особливо очевидні на головних транспортних шляхах шахти, коли від лав відбивається порода великої концентрації й змінної концентрації. Можливість регулювання швидкості стрічки (конвеєра) залежно від ваги, що перебуває на ній, дозволяє значно заощаджувати енергію, понизити зношування механічних частин конвеєра й, таким чином, збільшити термін їхньої дії й знизити експлуатаційні й інвестиційні витрати. [4]

**Результати експлуатаційних досліджень, проведені в шахтах WESTFALEN (Німеччина) і KWK ANNA (Польща).** Результати експлуатаційних досліджень, проведені в шахті WESTFALEN у Німеччині підтвердили те, що в натуральних умовах експлуатації швидкість стрічки конвеєра із чотирма приводними двигунами потужністю 80кВт кожний, з живленням від частотних перетворювачів була значно нижче швидкості, позначеної  $V_n$ . Зі швидкістю у відрізок до 1 м/сек (до 0,25  $V_n$ ) конвеєр працював 47,6% усього часу роботи, зі швидкістю 1-2,5м/сек (0, 25-0,65  $V_n$ ) – 42,3% усього часу роботи, а зі швидкістю 2, 5-3,8 м/сек (0, 65-1  $V_n$ ),- 10,1% усього часу роботи.

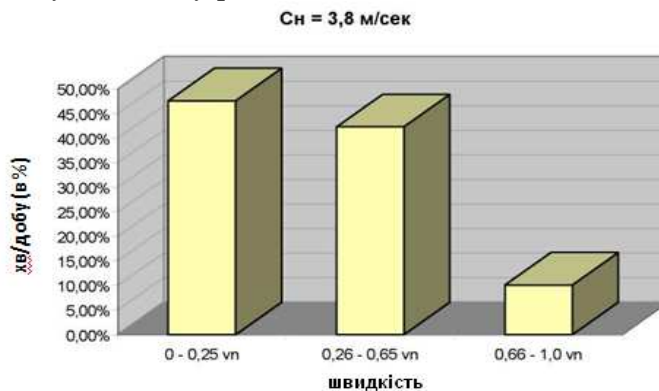


Рисунок 7. Графік швидкості стрічкового конвеєра протягом доби в шахті WESTFALEN

На підприємстві KWK ANNA в умовах живлення стрічкового конвеєра GWAREK 1400 на рівні 1000м із двома приводними двигунами потужністю 132кВт кожний, живлення із частотного перетворювача PPC-2 отримані наступні результати:

- У період швидкості до  $0,4 V_n$  конвеєр працював 53,3% усього часу роботи,
- У період швидкості  $0,4-0,6 V_n$  - 38,3% усього часу роботи,
- У період швидкості  $0,6-0,8 V_n$  - 7,1% усього часу роботи,
- У період швидкості  $0,8-1 V_n$  - 1,3% усього часу роботи.

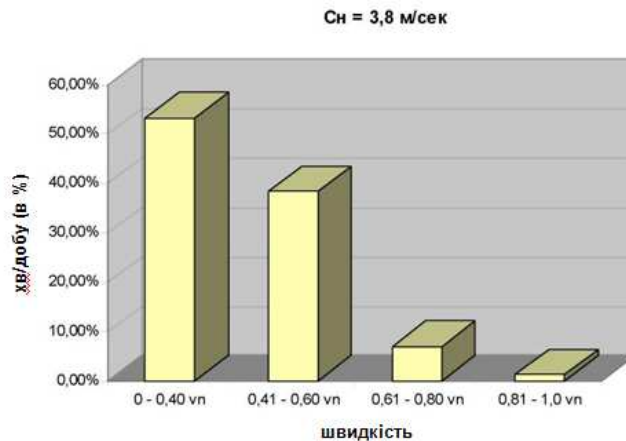


Рисунок 8. Графік швидкості стрічкового конвеєра протягом доби на шахті KWK ANNA

**Економічний ефект, отримуваний при використанні частотних перетворювачів у приводах стрічкових конвеєрів.** Через три роки експлуатації стрічки були проведені виміри її товщини. З'ясувалося, що товщина верхньої обклашки становить 3мм і нижньої - 2мм. При цьому слід зазначити, що товщина даних обклашок по каталогу й даних погрішності становить відповідно 3 (+1; -0,5)мм і 2 (1;-0,5). У даний момент на стрічці немає розривів, розламів, внаслідок чого потрібно було б міняти стрічку. Через зменшення кількості обертів стрічки в 2 рази випадки перелому стрічки на приводних і зворотних барабанах зменшилися також в 2 рази, тому можна припустити, що стрічка буде працювати ще кілька років. Виробник дає термін гарантії на безаварійну роботу стрічки протягом 36 місяців. Навіть якщо припустити 50% збільшення терміну використання стрічки конвеєра, то можна одержати економічний ефект у розмірі близько 479.000 злотих.

**Технічний ефект при використанні частотних перетворювачів у приводах стрічкових конвеєрів.** При використанні частотного перетворювача в приводі стрічкового конвеєра досягається наступний технічний ефект:

- висока працездатність конвеєра із частотним перетворювачем (97,5%),
- вирівнювання моментів приводних двигунів конвеєра з живленням від частотних перетворювачів,
- менше роздроблення породи на місцях пересипання,
- простота автоматизації й робота без залучення персоналу,
- мінімізація динамічних навантажень у всій приводній будові машини, а також під час початку руху й самого руху,
- зменшення кількості виділюваного приводом тепла,

- спрощення систем керування,
- повна інформація про проходження технологічного процесу й роботи всіх машин окремо при використанні режиму трансмісії даних,
- простота локалізації місця й причин аварії приводу,
- гарне забезпечення електричних двигунів приводів від можливих перевантажень і ушкоджень,
- повернення енергії гальмування в мережу під час зупинки конвеєра або у випадку конвеєра, що транспортує породу після зупинки, при збереженні високого показника потужності й дії,
- зменшення зношування обкладинок гальм конвеєра, особливо при транспортуванні породи після зупинки,
- ріст продуктивності конвеєра на 20% (без інвестицій) завдяки можливості живлення двигунів конвеєра напругою із частотою до 60Гц із частотного перетворювача. Це особливо істотно при досягненні стінними системами високої хвилинної продуктивності, тому що дозволяє брати породу зі стін без необхідності заміни конвеєра.

**Критерії вибору частотного перетворювача.** Факти й докази, зібрані під час останнього періоду використання частотних перетворювачів у приводі стрічкових конвеєрів, підтверджують думка про те, що при виборі перетворювача для приводних двигунів стрічкового конвеєра до уваги повинні прийматися наступні аспекти:

- одинична й сумарна потужність приводних двигунів конвеєра й напруга живлення. У випадку приводних двигунів з одиничною потужністю вище 250кВт рекомендується використання перетворювачів струму, що забезпечують живлення двигунів напругою 1000В. Перетворювачі напруги в шахтному варіанті виготовляються на напругу в 500В. При напрузі живлення 500В будуть проблеми з підводкою енергії до двигуна потужністю вище 250кВт, не вистачає польських трансформаторних станцій необхідної потужності, утворюються сильні перепади напруги й втрати потужності в проводах, що живлять двигуни.
- Спосіб транспортування породи: вверх або вниз. У випадку транспортування породи вниз рекомендується використання перетворювачів струму, що забезпечують постійну роботу з електричним гальмуванням з поверненням енергії гальмування в живильну мережу у всьому періоді швидкості стрічкового конвеєра. Наявні на даний момент перетворювачі напруги в шахтному варіанті такої можливості не мають.
- Класифікація приміщень, у яких працює перетворювач із погляду ступеня ймовірності вибуху метану. У приміщеннях класу небезпеки вибуху метану «а» (max. 0,5% CH<sub>4</sub>) можна використовувати перетворювачі в корпусі типу IP54. У приміщеннях класу небезпеки «b» (max.1,0% CH<sub>4</sub>) або «с» (max.1,5% CH<sub>4</sub>) можна використовувати перетворювачі у вибухобезпечних корпусах.
- Період повернення інвестиційних вкладень, пов'язаних з використанням обраного частотного перетворювача для живлення приводних двигунів стрічкового конвеєра.

**Період повернення інвестиційних засобів.** Для визначення періоду повернення вкладених інвестицій у зв'язку з використанням частотного перетворювача для живлення приводних двигунів стрічкового конвеєра прийняті за основу економічні показники, отримані в ході досліджень на підприємстві KWK ANNA, пов'язані з економією енергії, зменшенням зношування обертальних елементів, стрічки конвеєра й відсутністю

необхідності використання класичної апаратури включення (шахтні контактні вимикачі або компактні станції). Нижче в таблиці 1 представлені періоди повернення інвестиційних засобів для трьох конвеєрів різної довжини при заданій продуктивності 10.000 т/добу.

Таблиця 1. Період повернення інвестиційних засобів, витрачених на придбання перетворювачів для стрічкового конвеєра

	Час повернення вкладених засобів				
	Сумарна потужність приводних двигунів конвеєра	Перетворювач частоти IP54, 1000В	Перетворювач струму вогнетривкий, 1000В	Перетворювач напруги IP54 500В	Довжина конвеєра
	кВт	місяць	місяць	місяць	м
<b>1</b>	250	26	30	9	1000
<b>2</b>	500	31	40	18	
<b>3</b>	750	57	65	28	
<b>4</b>	1000	61	79	35	
<b>5</b>	500	21,3	27,3	12	1500
<b>6</b>	750	39,5	30	18,2	
<b>7</b>	1000	42,5	55	24,3	
<b>8</b>	1200	61	75	30,3	
<b>9</b>	750	31,2	23,4	14,4	2000
<b>10</b>	1000	33,7	43,3	19,2	
<b>11</b>	1200	48	59,5	24	
<b>12</b>	1500	50	64,9	28,9	

**Висновок.** Отже стрічкові конвеєри є найпоширенішим засобом безперервного транспортування різних насипних і штучних вантажів у промисловості, будівництві, сільському господарстві й інших областях народного господарства. Вони значною мірою впливають на технологічний процес виробництва та продуктивності праці.

За допомогою сучасної автоматизованої системи керування конвеєрним транспортом АСКК – ДЕП ми можемо підвищити якість виробничого і технологічного процесу.

У результаті проведених на підприємстві KWK ANNA досліджень експлуатації й споживання електричної енергії, зношування стрічки й обертальних елементів у конвеєрі із установленим частотним перетворювачем було встановлено, що ступінь їхнього зношування значно менше, ніж у звичайному випадку. Це, у свою чергу, означає значне зменшення експлуатаційних витрат конвеєра. На основі результатів досліджень була складена таблиця 2, повернення інвестиційних засобів, витрачених на придбання перетворювачів для стрічкових конвеєрів. Головний пристрій експлуатується в шахтах протягом 10-20 років, тому ставиться завдання використання сучасних пристроїв живлення двигунів стрічкових конвеєрів з



врахуванням економічних і технологічних переваг. Таблиця 2 дозволяє визначити все потрібне з погляду інвестицій і пристрою приводного конвеєра: тобто визначити кількість двигунів, а також кількість і тип перетворювачів. Використання частотних перетворювачів у приводах стрічкових конвеєрів збільшує обсяг інвестиційних засобів, однак малий час повернення вкладень підтверджує економічну доцільність використання даного рішення.

[1] А. О. Спиваковский, В. К. Дьячков Транспортирующие машины, М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.

[2] Автоматизированная система управления конвейерами и конвейерными линиями АСУК – ДЭП, <http://www.dep.ru/page/gora1/>

[3] Презентация АСУК – ДЭП, <http://www.dep.ru/downloads/dec9.pdf>

[4] Диплом инженер Михэль Заклика БСС БАРТЕК Завод Менден/Германия, Магистр инженер Мечислав Колек CARBO – BARTEC S.z o.o./ Польша, Магистр инженер Станислав Тытко KWK «ANNA»/Польша – Ленточные конвейеры с регулируемой скоростью.