

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет машинобудування, електроінженерії та хімічних технологій
Кафедра електромеханіки та машинобудування

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ **В.КАЛИНИЧЕНКО**
(підпис) (ініціали, прізвище)

«___» _____ 2022 р.

Кваліфікаційна робота
бакалавра

на тему Підвищення енергоефективності функціонування конвеєрної лінії
для умов публічного акціонерного товариства «Шахтоуправління «Покровське»

Виконав студент 4 курсу, групи ЕЛКз-18
(шифр групи)

спеціальності підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та
(шифр і назва спеціальності підготовки)

та електромеханіка»

_____ **Ігор ЛІЩИНА**

(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Керівник _____ **к. т. н., доц., О. ПОВЗУН**

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ініціали, прізвище)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ініціали, прізвище)

_____ (підпис)

Нормоконтроль:

Засвідчую, що у цій випускній
кваліфікаційній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

_____ (підпис)

_____ (підпис)

_____ (дата)

_____ (дата)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
 Факультет машинобудування, електроінженерії та хімічних технологій
Кафедра електромеханіки та машинобудування
 Освітній ступінь: бакалавр
 Спеціальність: електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ (В.КАЛИНИЧЕНКО)

«____» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ігорю ЛІЩИНІ

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи: Підвищення енергоефективності функціонування конвеєрної лінії для умов публічного акціонерного товариства «Шахтоуправління «Покровське»

керівник роботи Олексій ПОВЗУН, канд. техн. наук, доцент

(ім'я та прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ № _____

2. Строк подання студентом роботи 02 червня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи: Максимальна змінна продуктивність шахти, яка припадає на конвеєрний уклон № 2 блоку № 5 – 3500 т/зміна; довжина конвеєрного уклону – 1800 м; кут транспортування – 0...5°

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Загальні відомості про технологію вуглевидобутку і транспорт на ПАТ «Шахтоуправління «Покровське»

2. Технологічний розрахунок стрічкових конвеєрів лінії конвеєрного уклону № 2 блоку № 5

3. Оцінка енергетичної ефективності експлуатації конвеєрної лінії уклону № 2 блоку № 5

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, якщо передбачається)

Вісім слайдів презентаційного матеріалу.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ініціали, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділи 1 – 3	О. ПОВЗУН, доц. каф.		
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання 05 травня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розділ 1	03.05.21 – 12.05.21	
2.	Розділ 2	13.05.21 – 23.05.21	
3.	Розділ 3	24.05.21 – 27.05.21	
4.	Презентаційний матеріал	28.05.21 – 02.06.21	
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			

Студент _____
(підпис)

Ігор ЛІЩИНА
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Олексій ПОВЗУН
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Розрахунково-пояснювальна записка до дипломної роботи на тему «Підвищення енергоефективності функціонування конвеєрної лінії для умов публічного акціонерного товариства «Шахтоуправління «Покровське», містить 53 стор., 4 таблиці, 5 рисунків, 18 посилань, 6 додатків.

Мета роботи – зниження енерговитрат на транспортування вугілля магістральною конвеєрною лінією шахти.

Об'єкт дослідження: конвеєрна лінія уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське».

Предмет дослідження: енерговитрати на транспортування вугілля конвеєрною лінією уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське».

Досягнуто суттєве зниження питомих енерговитрат на транспортування вугілля магістральними стрічковими конвеєрами за рахунок раціональної завантаженості приводних двигунів конвеєра.

ВАНТАЖОПОТІК, КОНВЕЄРНА ЛІНІЯ, ВСТАНОВЛЕНА
ПОТУЖНІСТЬ ПРИВОДУ, ПИТОМІ ЕНЕРГОВИТРАТИ НА
ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖУ, КОЕФІЦІЄНТ КОРИСНОЇ ДІЇ
КОНВЕЄРА В РОБОЧОМУ РЕЖИМІ

ANNOTATION

Calculation and explanatory note to the thesis on «Improving the energy efficiency of the conveyor line for the for the conditions of public joint-stock company «Colliery Group «Pokrovske», contains 53 pages, 4 tables, 5 figures, 18 references, 6 appendices.

The purpose of the work is decreasing energy consumption for coal transportation by the main conveyor line of the mine.

Object of research: conveyor line of slope № 2 block № 5 public joint-stock company «Colliery Group «Pokrovske».

Subject of research: energy consumption for coal transportation by conveyor line of slope № 2 block № 5 of public joint-stock company «Colliery Group «Pokrovske».

The specific energy consumption for coal transportation by main belt conveyors are significant reduction because one has been achieved due to the rational loading of the conveyor drive motors.

TRAFFIC, CONVEYOR LINE, DRIVE POWER POWER SET, SPECIFIC
ENERGY COSTS FOR LOAD TRANSPORTATION, USEFUL EFFICIENCY
EFFICIENCY

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Загальні відомості про технологію вуглевидобутку і транспорт на ПАТ «Шахтоуправління «Покровське»	9
1.1. Географічне розташування, виробнича потужність і термін служби шахти	9
1.2. Система розкриття, підготовки і розробки шахтного поля	9
1.3. Система внутрішньошахтного транспорту	10
1.4. Розрахунковий вантажопотік по конвеєрному уклоні № 2 блоку № 5	11
1.5. Висновки до розділу 1	12
2. Технологічний розрахунок стрічкових конвеєрів лінії конвеєрного уклону № 2 блоку № 5	13
2.1. Вибір ширини стрічки і типу конвеєра	13
2.2. Тяговий розрахунок конвеєрної лінії	16
2.3. Перевірка стрічки на міцність	20
2.4. Остаточне встановлення кількості конвеєрів у лінії	24
2.5. Висновки до розділу 2	25
3. Оцінка енергетичної ефективності експлуатації конвеєрної лінії уклону № 2 блоку № 5	29
3.1. Методика оцінки енергетичної ефективності експлуатації конвеєрної лінії уклону № 2 блоку № 5	29
3.2. Оцінка енергетичної ефективності експлуатації конвеєрної лінії в базовому варіанті	35
3.3. Оцінка енергетичної ефективності експлуатації конвеєрної лінії в запропонованому варіанті	38
3.4. Оцінка економічного ефекту від впроваджень	41
3.5. Висновки до розділу 3	42
Висновки	44

Перелік посилань	45
Додаток А. Схема внутрішньошахтного конвеєрного транспорту ПАТ «Шахтоуправління «Покровське»	48
Додаток Б. Порівняльна характеристика системи транспортування вугілля в конвеєрному уклоні № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське»	49
Додаток В. Діаграма натягу стрічки конвеєрів системи транспортування вугілля в конвеєрному уклоні № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське»	50
Додаток Г. Питомі енерговитрати на транспортування сипкого вантажу стрічковим конвеєром	51
Додаток Д. Порівняння питомого енергоспоживання на конвеєрній лінії уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» в базовому і запропонованому варіантах	52
Додаток Е. Аркуш зауважень нормоконтролера	53

ВСТУП

Стрічкові конвеєри є найбільш розповсюдженим типом конвеєрів з гнучким тяговим органом на промислових підприємствах, і, серед усього іншого, використовуватися для транспортування вантажів на великі відстані. В такому випадку може використовуватися не одиночний конвеєр, а конвеєрна лінія – декілька послідовно встановлених конвеєрів, де кожен наступний від останнього місця розвантаження конвеєр завантажує попередній. Лінії можуть бути розгалужені (декілька місць завантаження і одне місце розвантаження, і навпаки), а також нерозгалужені (по одному місцю завантаження і розвантаження). Протяжність таких ліній практично нічим не обмежена, хоча за вимогами із забезпечення надійності лінії, що мають протяжність десятки кілометрів мають стовідсотково резервуватися (конвеєрна лінія протяжністю порядку 100 км має складатися із двох паралельних конвеєрних гілок, кожна із яких має кілька конвеєрів, встановлених послідовно, розрахована на максимальний вантажопотік, і функціонувати обидві паралельні гілки мають одночасно, - т.зв. «гарячий резерв»).

Недоліком стрічкових конвеєрів є підвищені питомі енерговитрати на транспортування вантажу, що в кінцевому підсумку призводить до підвищення витрат енергії на підтримання технологічного процесу та зростання експлуатаційних витрат. Причинами високого енергоспоживання на конвеєрному транспорті є високі вантажопотоки на конвеєрних магістралях (на вугільних шахтах – тисячі тон на годину) і висока нерівномірність вантажопотоків (із коефіцієнтом варіації 0,5 і вище). Примітно, що на транспортування вугілля конвеєрами може витрачатися до 20 % електроенергії із загальних обсягів її споживання на підприємстві, тоді як на очисні та підготовчі роботи в сумі ця частка становить 5-7 %. Таким чином, зниження енергоспоживання на транспортування вантажів на шахті є актуальним практичним і науковим завданням.

Пропонується зниження витрат на електроенергію при транспортуванні вугілля конвеєрною лінією уклону № 2 блоку № 5 в умовах родовища ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» за рахунок зменшення сумарної потужності приводів стрічкових конвеєрів шляхом раціонального підбору транспортних машин та зменшення їх кількості в означеній виробці. Крім того, передбачається супутній прибуток підприємства від реалізації електродвигунів та редукторів конвеєрів, який можна переспрямувати на розв'язання інших проблем виробничого характеру. Результати роботи можуть бути використані на інших енергоємних виробництвах, де присутні протяжні стрічкові конвеєри.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕХНОЛОГІЮ ВУГЛЕВИДОБУТКУ І ТРАНСПОРТ НА ПАТ «ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ПОКРОВСЬКЕ»

1.1. Географічне розташування, виробнича потужність і термін служби шахти

Шахту «Красноармійська-Західна» № 1 (з 2010 року – шахтоуправління «Покровське») почали будувати в 1974 році, здали в експлуатацію у 1990 році.

Проектна потужність – 2,1 млн. т/рік. Однак у зв'язку із відкриттям нових потужностей обсяги видобутку вугілля перевищують проекту потужність підприємства. У 2003 році було видобуто 4,9 млн т. вугілля, у 2006 році – 7 млн. т, у 2012 році – 8 млн. т.

Адреса шахти: місто Покровськ Донецької області. Виробничі потужності шахти знаходяться в 5-15 км на захід від міста Покровськ. Найближча залізнична станція – Удачна Донецької залізниці, до якої примикають промислові колії підприємства (власник – «Вуглепромтранс»).

Строк служби шахти — 65 років, а з урахуванням розвитку і затухання гірничих робіт – до 70 років.

Промислові запаси – 90 млн. т.

Вугілля, що видобувається на підприємстві, - марки К (коксове).

1.2. Система розкриття, підготовки і розробки шахтного поля

Шахтне поле шахтоуправління «Покровське» розташоване в західній частині Донецького басейну. Розкрите двома вертикальними стволами (головний і допоміжний) та двома горизонтальними квершлагами на горизонтах 593 і 708 м, розділене на 9 блоків. Поле у плані представляє собою неправильну геометричну фігуру із максимальними розмірами 11×7,5 км. Для покращення умов вентиляції на підприємстві, поле шахтоуправління «Покровське» також додатково розкривається вертикальними стволами ВПС-2, ВПС-3, по яких свіже повітря подається в

шахту, і вентиляційним стволом ВС-3, яким відпрацьоване повітря видається з шахти. Схема вентиляції – центрально-флангова.

Система підготовки – панельна.

Система розробки – стовпова зворотнім ходом.

Відпрацьовується пласт d_4 потужністю до 2,15 м, кут падіння – $2...8^0$. В очисних вибоях працюють механізовані комплекси ЗКД90Т та інші, комбайни – РКУ-13, 1К-101УД, МВ-12.

Проведення гірничих виробок здійснюється в комбайновий спосіб, комбайни КСП-32, КСП-42, П-110/01.

Шахта небезпечна за викидами вугілля, породи і газу.

1.3. Система внутрішньошахтного транспорту

Промисловий транспорт ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» представлений конвеєрним, монорейковим і рейковим транспортом. Останній вид транспорту має обмежене застосування та експлуатується на поверхні шахти. Транспортування вугілля від очисних і підготовчих вибоїв, а також породи від підготовчих вибоїв до ствола здійснюється конвеєрним транспортом. Транспортування допоміжних матеріалів і людей у підземних гірничих виробках здійснюється монорейковим транспортом з локомотивною тягою.

Внутрішньошахтний конвеєрний транспорт ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» представлений 95 стрічковими конвеєрами різної протяжності із шириною стрічки 1,0 м і 1,2 м, а також 12 скребковими конвеєрами і перевантажувачами для очисних і підготовчих вибоїв, а також збірних вантажопотоків крила шахти.

Схема внутрішньошахтного конвеєрного транспорту ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» представлена в додатку А.

Конвеєрний уклон № 2 блоку № 5 як ланка системи конвеєрного транспорту ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» виконує наступну функцію: передача з горизонту 707 м на горизонт 593 м на рівні

приствольного двору збірного вантажопотоку вугілля очисних вибоїв 3-ї та 10-ї ділянок, а також 10-ти підготовчих вибоїв. Конвеєрна лінія уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» представлена в базовому варіанті трьома послідовно встановленими стрічковими конвеєрами 1Л120 довжиною 730м, 450м і 520 м, які мають кут нахилу від 0 до 5°. Спосіб завантаження конвеєрної лінії – бункерний (ємність – 160 м³), що дозволяє працювати даній конвеєрній лінії автономно, із мінімальною нерівномірністю вантажопотоку. Конвеєрна лінія вивантажує сипкий матеріал у бункер (ємність – 160 м³) на рівні приствольного двору, що виключає необхідність узгодження роботи транспортного обладнання уклону № 2 блоку № 5 із транспортно-технологічним обладнанням приствольного двору і підйому на ПАТ «Шахтоуправління «Покровське».

1.4. Розрахунковий вантажопотік по конвеєрному уклоні № 2 блоку № 5

Визначається максимальний розрахунковий вантажопотік за змінним завданням, яке на ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» для крила, де знаходиться конвеєрний уклон № 2 блоку № 5 складає $A_{зм}=3500$ т/зміна.

Розрахунковий вантажопотік на конвеєрній лінії уклону № 2 блоку № 5 визначиться по формулі:

$$Q_p = \frac{A_{зм} k_H}{t_{зм} k_{\epsilon}}, \text{ т/Год.}, \quad (1.1)$$

де k_H – коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку на уклоні; при бункерному завантаженні конвеєрних ліній приймаємо $k_H=1,5$;

$t_{зм}$ – тривалість робочої зміни; для підземних умов приймаємо $t_{зм}=6$ год.;

k_{ϵ} – коефіцієнт машинного часу роботи транспортного обладнання уклону; приймаємо $k_{\epsilon}=0,8$,

$$Q_p = \frac{3500 \cdot 1,5}{6 \cdot 0,8} = 1094 \text{ т/Год.}$$

Середній кут транспортування, необхідний для подальшого тягового розрахунку конвеєрної лінії, визначиться по формулі:

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i L_i}{L}, \quad (1.2)$$

де β_i – середній кут транспортування для i -го конвеєра;

L_i – довжина i -го конвеєра, м;

L – сумарна довжина конвеєрної лінії, м.

На конвеєрному уклоні № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» знаходиться три конвеєра довжиною 730 м, 450 м і 620 м та середніми кутами транспортування 1^0 , $4,5^0$ і $4,5^0$, відповідно. Отже, $\beta_1=1^0$, $\beta_2=4,5^0$, $\beta_3=4,5^0$, $L_1=730$ м, $L_2=450$ м, $L_3=620$ м, $L=730+450+620=1800$ м, а середній кут транспортування для конвеєрної лінії уклону становитиме

$$\beta = \frac{1 \cdot 730 + 4,5 \cdot 450 + 4,5 \cdot 620}{1800} = 3,0^0.$$

В розділі № 2 представлено технологічний розрахунок конвеєрної лінії уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» в базовому і запропонованому варіантах.

В розділі № 3 представлено оцінку енергоспоживання на транспортування вугілля конвеєрною лінією в базовому в запропонованому варіантах, а також економічного ефекту від впроваджень.

1.5. Висновки до розділу 1

1. Найбільш енергоємною частиною транспортної системи ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» є конвеєри, які представлені 95 стрічковими і 12 скребковими конвеєрами і перевантажувачами. Застосовується ширина стрічки на стрічкових конвеєрах 1,0 м і 1,2 м.

2. Розрахунковий максимальний вантажопотік на лінії конвеєрного уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» становить 1094 т/год. Середній кут транспортування на даній конвеєрній лінії становить 3^0 .

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ ЛІНІЇ КОНВЕЄРНОГО УКЛОНУ № 2 БЛОКУ № 5

2.1. Вибір ширини стрічки і типу конвеєра

Розглянемо порядок і особливості технологічного розрахунку одиночних конвеєрів зі стрічковим ГТО, а також конвеєрних ліній, що ґрунтуються на класичній теорії стрічкових конвеєрів для сипких вантажів.

Після визначення розрахункового вантажопотоку Q_p , знаходиться потрібна ширина стрічки за продуктивністю B' :

$$B'_p = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q_p}{c' v \rho \psi k_\beta}} + 0,05 \right), \text{ м}, \quad (2.1)$$

де c' – коефіцієнт продуктивності, який залежить від форми поперечного перерізу стрічки і вантажу, що транспортується; приймаємо $c'=550$;

v – швидкість стрічки, м/с; обирається з ряду стандартних значень: $v=1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4$ м/с;

ρ – насипна щільність вантажу, т/м³; для гірничої маси, що транспортується, приймаємо $\rho=1,0$ т/м³;

ψ – коефіцієнт заповнення теоретичного перерізу стрічки вантажем в реальних умовах; приймаємо $\psi=0,8$;

k_β – коефіцієнт впливу кута установки конвеєра на продуктивність; приймаємо для $-3^\circ \leq \beta \leq 6^\circ$, $k_\beta=1$.

Потрібна ширина стрічки за продуктивністю для умов конвеєрного уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» при швидкості стрічки $v=1,6$ м/с становить

$$B'_p = 1,1 \left(\sqrt{\frac{1094}{550 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0}} + 0,05 \right) = 1,43 \text{ м},$$

при швидкості стрічки $v=2,0$ м/с

$$B'_p = 1,1 \left(\sqrt{\frac{1094}{550 \cdot 2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0}} + 0,05 \right) = 1,28 \text{ м;}$$

при швидкості стрічки $v=2,5$ м/с

$$B'_p = 1,1 \left(\sqrt{\frac{1094}{550 \cdot 2,5 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0}} + 0,05 \right) = 1,15 \text{ м;}$$

при швидкості стрічки $v=3,15$ м/с

$$B'_p = 1,1 \left(\sqrt{\frac{1094}{550 \cdot 3,15 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0}} + 0,05 \right) = 1,03 \text{ м.}$$

Ширина стрічки конвеєра також приймається з ряду стандартних: $B_p=0,3; 0,4; 0,5; 0,65; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,5; 3,15 \text{ м} \geq B'_p$. Потрібна ширина стрічки із продуктивності знаходиться у зворотній залежності від швидкості стрічки, і тому підставляючи декілька значень швидкості за інших рівних умов, треба обрати швидкість стрічки за ступенем наповненості останньої, тобто таку швидкість v , для якої відносне відхилення потрібної ширини стрічки $B'_p|_v$ від стандартної $B|_v$ є мінімальним, а саме: $\frac{B'|_v - B_p|_v}{B'|_v} \rightarrow \min$.

Таким чином, для швидкості $v=1,6$ м/с слід прийняти ширину стрічки $B'|_{1,6}=1,6 \text{ м} > B_p'|_{1,6}=1,43 \text{ м}$; для швидкості $v=2,0$ м/с слід прийняти ширину стрічки $B'|_{2,0}=1,4 \text{ м} > B_p'|_{2,0}=1,28 \text{ м}$; для швидкості $v=2,5$ м/с слід прийняти ширину стрічки $B'|_{2,5}=1,2 \text{ м} > B_p'|_{2,5}=1,15 \text{ м}$; для швидкості $v=3,15$ м/с слід прийняти ширину стрічки $B'|_{3,15}=1,2 \text{ м} > B_p'|_{3,15}=1,03 \text{ м}$.

Характеристика відносної наповненості стрічки при швидкості $v=1,6$ м/с, $\frac{B'|_{1,6} - B_p'|_{1,6}}{B'|_{1,6}} = \frac{1,6 - 1,43}{1,6} = 0,11$;

при швидкості $v=2,0$ м/с, $\frac{B'|_{2,0} - B_p'|_{2,0}}{B'|_{2,0}} = \frac{1,4 - 1,28}{1,4} = 0,09$;

при швидкості $v=2,5$ м/с, $\frac{B'|_{2,5} - B'_p|_{2,5}}{B'|_{2,5}} = \frac{1,2 - 1,15}{1,2} = 0,04$;

при швидкості $v=3,15$ м/с, $\frac{B'|_{3,15} - B'_p|_{3,15}}{B'|_{3,15}} = \frac{1,2 - 1,03}{1,2} = 0,14$.

Мінімальна характеристика відносної наповненості стрічки $\frac{B'|_{2,5} - B'_p|_{2,5}}{B'|_{2,5}} = 0,04$ відповідає її швидкості $v=2,5$ м/с та ширині стрічки $B'=1,2$ м, то ж слід попередньо приймати ширину стрічки $B'=1,2$ м при швидкості $v=2,5$ м/с.

Обрана ширина стрічки перевіряється по кусковатості рядового вантажу по формулі:

$$B'' = 2a'_{\max} + 0,2, \text{ м}; \quad (2.2)$$

де $a'_{\max}$ – максимальний розмір куска вантажу, м; приймаємо $a'_{\max}=0,3$ м,

$$B'' = 2 \cdot 0,3 + 0,2 = 0,8 \text{ м},$$

з ряду стандартних значень ширини стрічки приймаємо $B''=0,8$ м $< B'=1,2$ м.

Остаточно обирається ширина стрічки за умовою:

$$B \geq \max\{B'; B''\}, \quad (2.3)$$

$$B \geq \max\{1,2; 0,8\} = 1,2 \text{ м}.$$

Після остаточного вибору ширини стрічки попередньо обирається тип або типорозмір стрічкового конвеєра. Визначальними характеристиками для вибору типу конвеєра є середній кут транспортування (вихідні дані), а також визначена ширина стрічки і відповідна їй швидкість транспортування. Фіксуються наступні параметри стрічкового конвеєра: погонна маса стрічки, рекомендованої для обраного конвеєра, q_0 ; питоме розривне зусилля шару каркасу стрічки, k_z , Н/мм; маса обертових частин верхніх m_p' та нижніх m_p'' роликкоопор, кг; крок верхніх l_p' і нижніх l_p''

роликоопор, м; сумарний кут охоплення приводних барабанів конвеєра стрічкою, α , рад., та інші параметри, які цікавлять проектувальника.

Приймаємо стрічкові конвеєри 1Л120 з наступною характеристикою:

- ширина стрічки, $B=1,2$ м;
- швидкість стрічки, $v=2,5$ м/с;
- стрічка 1200-EP1000/4 погонною масою $q_0=21,0$ кг/м;
- питоме розривне зусилля стрічки, $k_z=250$ Н/мм прокладки, кількість прокладок $i=4$;
- погонна маса обертових частин верхньої роликоопори, $m_p^I=20,3$ кг/м;
- погонна маса обертових частин нижньої роликоопори, $m_p^{II}=11,8$ кг/м;
- крок верхніх роликоопор, $l_p^I=1,2$ м;
- крок нижніх роликоопор, $l_p^{II}=2,4$ м;
- потужність приводних двигунів, $N_{np}=630$ кВт;
- кут обхвату приводних барабанів стрічкою, $\alpha=8,38$ рад.;
- максимальна продуктивність, $Q_{\max}=1200$ т/год. $>Q_p=1094$ т/год.

2.2. Тяговий розрахунок конвеєрної лінії

Основою технологічного розрахунку стрічкового конвеєра є його тяговий розрахунок, тобто визначення опорів руху і натягів ГТО, потрібної потужності приводу для виконання транспортної роботи. Одним із аспектів тягового розрахунку стрічкового конвеєра є визначення кількості послідовно встановлених машин на довжині транспортування L , кількість яких $n_k \in [1; \infty)$ визначаються потужністю, потрібною на транспортування вантажу, а також міцністю ГТО, - тобто, факторами, які непрямим чином обмежують технічну продуктивність конвеєра. На початковому етапі припускається $n_k=1$, а довжина конвеєра дорівнює довжині транспортування L , після чого кількість конвеєрів і довжина конвеєра коригуються тяговим розрахунком.

Наводиться тяговий розрахунок конвеєрної лінії у пропонованому варіанті.

Знаходяться опори руху на протяжних ділянках контуру стрічки – на вантажній W_{ϵ} і порожній W_n гілках ГТО, а також місцеві опори (аналогічно розрахунку скребкового конвеєра).

Опір руху стрічки на ділянці вантажної гілки:

$$W_{\epsilon} = gL[(q + q_0 + q'_p)\omega' \cos \beta \pm (q + q_0)\sin \beta], \text{ Н}, \quad (2.4)$$

де g – прискорення від сили тяжіння, $g=9,8 \text{ м/с}^2$;

L – довжина транспортування, м;

q – розрахункова погонна маса вантажу на стрічці, яка відповідає розрахунковому вантажопотоку Q_p на конвеєрі:

$$q = \frac{Q_p}{3,6v}, \text{ кг/м}, \quad (2.5)$$

v – швидкість стрічки, яка прийнята зі значень стандартного ряду при попередньому виборі ширини стрічки, м/с,

$$q = \frac{1094}{3,6 \cdot 2,5} = 122 \text{ кг/м};$$

ω' – коефіцієнт опору руху стрічки, сумірний із коефіцієнтом тертя ковзання в підшипниках роликів і барабанів конвеєра; приймаємо при $B=[1;1,2] \text{ м}$, $\omega'=0,035$.

Примітка. Знак «+» у формулі (2.4) підставляється, якщо вантажна гілка рухається вгору,

$$W_{\epsilon} = 9,8 \cdot 1800[(122 + 21 + 20,3)0,035 \cdot 0,999 + (122 + 21)0,052] = 216370 \text{ Н}.$$

Опір руху стрічки на ділянці порожньої гілки:

$$W_n = gL[(q_0 + q''_p)\omega' \cos \beta \pm q_0 \sin \beta], \text{ Н}. \quad (2.6)$$

Примітка. Знак «+» у формулі (2.6) підставляється, якщо порожня гілка рухається вгору,

$$W_n = 9,8 \cdot 1800[(21 + 11,8)0,035 \cdot 0,999 - 21 \cdot 0,052] = 3970 \text{ Н}.$$

Знаходиться окружне тягове зусилля на приводі конвеєра в номінальному режимі (із максимальним завантаженням):

$$W_o = k(W_\epsilon + W_n), \text{ Н}, \quad (2.7)$$

де k – коефіцієнт, що ураховує місцеві опори руху; приймаємо $k=1,2$,

$$W_o = 1,2(216390 + 3970) = 264330 \text{ Н}.$$

Потрібна потужність на валу машини в номінальному режимі N'_0 визначиться по формулі:

$$N'_0 = \frac{W_o v}{1000 \eta_p}, \text{ кВт}; \quad (2.8)$$

де η_p – коефіцієнт корисної дії передачі (редуктора) машини; попередньо приймається рівним $\eta_p=0,9$,

$$N'_0 = \frac{264330 \cdot 2,5}{1000 \cdot 0,9} = 734 \text{ кВт}.$$

Потужність холостого ходу N_x визначиться наступним чином:

$$N_x = \frac{W_x v}{1000 \eta_p}, \text{ кВт}, \quad (2.9)$$

де W_x – окружне тягове зусилля холостого ходу, Н,

$$W_x = kgL(2q_0 + q'_p + q''_p)\omega' \cos \beta, \text{ Н}, \quad (2.10)$$

$$W_x = 1,2 \cdot 9,8 \cdot 1800(2 \cdot 21 + 20,3 + 11,8)0,035 \cdot 0,999 = 39970 \text{ Н},$$

$$N_x = \frac{39970 \cdot 2,5}{1000 \cdot 0,9} = 111 \text{ кВт}.$$

То ж, остаточне значення потрібної потужності конвеєрної установки, що працює в генераторному режимі, N_0 , визначиться по формулі:

$$N_0 = \max\{N'_0; N_x\}, \text{ кВт}, \quad (2.11)$$

$$N_0 = \max\{734; 111\} = 734 \text{ кВт}.$$

Вибір двигуна приводу конвеєра здійснюється по розрахунковій встановленій потужності, яка визначається наступним чином:

$$N_y = k_M N_0, \text{ кВт}, \quad (2.12)$$

де k_M – коефіцієнт запасу потужності; приймаємо $k_M = 1,15$,

$$N_y = 1,15 \cdot 734 = 844 \text{ кВт.}$$

Умова вибору двигуна приводу конвеєра виглядає наступним чином:

$$N_{np} \geq N_y, \text{ кВт,} \quad (2.13)$$

де N_{np} – сумарна паспортна потужність двигунів приводу; $N_{np} = 630$ кВт,

$$N_{np} = 630 \text{ кВт} < N_y = 844 \text{ кВт.}$$

Потрібна кількість послідовно встановлених конвеєрів у лінії за фактором потужності приводу n'_k визначиться по формулі:

$$n'_k = \frac{N_y}{N_{np}}, \quad (2.14)$$

$$n'_k = \frac{844}{630} = 1,36$$

За фактором потужності приводу приймаємо $n'_k = 2$ конвеєри.

Остаточні результати тягового розрахунку конвеєрів лінії уклону № 2 блоку № 5 у пропонуваному варіанті системи внутрішньошахтного транспорту ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» буде надано в п. 2.4.

Тяговий розрахунок стрічкових конвеєрів лінії уклону № 2 блоку № 5 у базовому варіанті системи внутрішньошахтного транспорту ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» здійснюється аналогічно, а результати заносяться до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати тягового розрахунку стрічкових конвеєрів лінії уклону № 2 блоку № 5 у базовому варіанті системи внутрішньошахтного транспорту ПАТ «Шахтоуправління «Покровське»

Параметр	Конвеєр 1Л120 № 1	Конвеєр 1Л120 № 2	Конвеєр 1Л120 № 3
1	2	3	4
Довжина, м	730	450	620
Середній кут транспортування, град.	1	4,5	4,5

Продовження таблиці 2.1

1	1	1	1
Опір руху на вантажній гілці, Н	55160	69720	96060
Опір руху на порожній гілці, Н	4440	–300	–410
Окружне тягове зусилля номінального режиму, Н	71520	83400	114780
Потрібна потужність номінального режиму, кВт	199	232	319
Окружне тягове зусилля холостого ходу, Н	16230	9980	13740
Встановлена потужність двигунів, кВт	239	279	383

З таблиці 2.1 випливає, що електричні двигуни приводу конвеєрів №№ 1-3 уклону № 2 блоку № 5 в базовому варіанті схеми внутрішньошахтного транспорту ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» працюють з недовантаженням. Так, на конвеєрі № 1 не використовується $(2 \times 315 - 239) \times 100\% / (2 \times 315) = 62\%$ від сумарної потужності двигунів, на конвеєрі № 2 – $(2 \times 315 - 279) \times 100\% / (2 \times 315) = 56\%$ від сумарної потужності двигунів, на конвеєрі № 3 – $(2 \times 315 - 383) \times 100\% / (2 \times 315) = 39\%$ від сумарної потужності двигунів. Це призводить до перевантаження електричної мережі реактивними струмами і зниження коефіцієнту корисної дії електричних двигунів приводу конвеєра.

2.3. Перевірка стрічки на міцність

Для визначення розрахункових значень натягу стрічки в сталих режимах роботи слід визначити її первинний (мінімальний) натяг. Для цього доцільно за даними тягового розрахунку конвеєра будувати діаграму натягу його стрічки. З даною метою знаходять мінімальні допустимі натяги стрічки в точці збігання з приводу і на вантажній гілці контуру

стрічки; за даними допустимими натягами і розрахунковими опорами руху будують діаграму натягу стрічки конвеєра, на якій виявляють вісь відліку, помічають від знайденої осі натяги стрічки в характерних точках, в тому числі – максимальний розрахунковий натяг, за яким буде перевірятися виконання умови міцності стрічки.

Отже, характерними значеннями натягів ГТО для побудови діаграми натягу стрічки і перевірки останньої на міцність є:

- мінімальний допустимий натяг стрічки в точці збігання з останнього приводного барабана за умови відсутності пробуксовки між барабаном і стрічкою (визначення осі відліку на діаграмі натягу стрічки);
- мінімальний допустимий натяг стрічки на вантажній (а в окремих випадках – і на порожній) гілці за умови відсутності надмірного провисання стрічки на лінійній частині конвеєра (визначення осі відліку на діаграмі натягу);
- максимальний допустимий натяг стрічки за умови міцності останньої (перевірка умови міцності стрічки шляхом порівняння максимальних розрахункових і допустимих навантажень на каркас стрічки).

Пропонується перевірка стрічки на міцність для конвеєрної лінії уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське».

Мінімальний допустимий натяг стрічки в точці збігання з приводу для рухового режиму при номінальному завантаженні конвеєра:

$$S_{зб.н}^{\min} = \frac{kW_g + W_n}{\frac{e^{\mu\alpha}}{k_T} - k}, \text{ Н}, \quad (2.15)$$

де μ – коефіцієнт зчеплення стрічки з приводним барабаном; для барабану, футерованого гумою, в умовах вологої атмосфери приймаємо $\mu=0,25$;

α – кут обхвату приводу стрічкою; для обраного конвеєра $\alpha=8,38$ рад. (440°);

k_T – коефіцієнт запасу сил тертя; для двохбарабанного приводу конвеєра приймаємо $k_T=1,4$,

$$S_{зб.н}^{\min} = \frac{1,2 \cdot 216390 + 3970}{\frac{2,72^{0,25 \cdot 8,38}}{1,4} - 1,2} = 57170 \text{ Н.}$$

Характерне значення мінімального допустимого натягу стрічки в точці збігання з останнього приводного барабана конвеєра $S_{зб}^{\min}$, який працює в руховому режимі із горизонтальною трасою або транспортуванням сипкого матеріалу вверх дорівнює мінімальному допустимому натягу стрічки в точці збігання з приводу при номінальному завантаженні конвеєра.

Мінімальний допустимий натяг стрічки на вантажній гілці:

$$S_{\epsilon}^{\min} = 5gl'_p(q + q_0), \text{ Н,} \quad (2.16)$$

$$S_{\epsilon}^{\min} = 5 \cdot 9,8 \cdot 1,2(122 + 21) = 7820 \text{ Н;}$$

мінімальний допустимий натяг стрічки на порожній гілці:

$$S_n^{\min} = 5gl''_p q_0, \text{ Н,} \quad (2.17)$$

$$S_n^{\min} = 5 \cdot 9,8 \cdot 2,4 \cdot 11 = 1300 \text{ Н.}$$

Очевидно, що вісь відліку на діаграмі натягу стрічкового конвеєра обиратиметься із таким розрахунком, щоби первинний (мінімальний розрахунковий) натяг ГТО S_0 був би не меншим за значення $S_{зб}^{\min}$, $S_{\epsilon}^{\min}$, $S_n^{\min}$.

Максимальний допустимий натяг стрічки:

$$S_{\text{ПР}} = \frac{1000k_z i B}{m}, \text{ Н,} \quad (2.18)$$

де k_z - питоме розривне зусилля шару каркасу стрічки, Н/мм; $k_z = 250$ Н/мм;

i – кількість шарів каркасу стрічки; $i = 4$;

m – запас міцності стрічки; приймаємо $m = 8,5$,

$$S_{\text{ПР}} = \frac{1000 \cdot 250 \cdot 4 \cdot 1,2}{m} = 117650 \text{ Н.}$$

Очевидно, що перевірка на міцність стрічкового ГТО конвеєра здійснюється наступним чином:

$$S_{\text{ПР}} \geq S_{\text{max}}, \text{ Н}, \quad (2.19)$$

де S_{max} – максимальне розрахункове значення натягу стрічки (з технологічного розрахунку або діаграми натягу ГТО).

Обираємо схему стрічкових конвеєрів із розташуванням приводу в голові конвеєра, яка сприятиме зменшенню максимального і сумарного натягу стрічки, а також перерозподілятиме максимальний натяг на приводний барабан, а мінімальний – на натяжний барабан. При визначенні натягів стрічки в характерних точках вважатимемо, що $S_1 = S_{\text{зб}}^{\text{min}} = 57170 \text{ Н}$; $S_2 = S_1 + W_n = 57170 + 3970 = 61140 \text{ Н}$; $S_3 \approx 1,03 S_2 = 62980 \text{ Н}$; $S_4 = S_3 + W_g = 62980 + 216390 = 279270 \text{ Н}$. Максимальний натяг: $S_{\text{max}} = S_4 = 279270 \text{ Н} > S_{\text{ПР}} = 117650 \text{ Н}$.

Кількість конвеєрів у лінії за фактором міцності стрічки:

$$n_k^{\text{II}} = S_{\text{max}} / S_{\text{ПР}}, \quad (2.20)$$

$$n_k^{\text{II}} = 279270 / 117650 = 2,37,$$

для уклону портівна кількість послідовно встановлених конвеєрів – 3, що і має місце в базовому варіанті конвеєрної лінії уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське».

Для запропонованого варіанту схеми транспорту № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» приймаємо стрічку 1200-EP1500/4, яка за рахунок прокладок із синтетичної поліестр-поліамідної тканини має погонну вагу, що несуттєво відрізняється від такої в базовому варіанті. Питоме розривне зусилля прокладки $k_z = 300 \text{ Н/мм}$, а максимальний допустимий напруг стрічки визначиться як

$$S_{\text{ПР}} = \frac{1000 \cdot 300 \cdot 4 \cdot 1,2}{8,5} = 169410 \text{ Н}.$$

Кількість конвеєрів у лінії за фактором міцності стрічки в запропонованому варіанті:

$$n_k^{\text{II}} = 279270 / 169410 = 1,75,$$

для уклону портівна кількість послідовно встановлених конвеєрів – 2, що відображується в запропонованому варіанті конвеєрної лінії уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське».

2.4. Остаточне встановлення кількості конвеєрів у лінії

Кількість послідовно встановлених конвеєрів у лінії коректується, в залежності від отриманої кількості конвеєрів у лінії за фактором потужності приводу n_k' , і остаточне значення кількості конвеєрів у лінії n_k приймається як

$$n_k = \max\{n_k'; n_k''\}, \quad (2.21)$$

для запропонованого варіанту конвеєрної лінії уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське»

$$n_k = \max\{2; 2\} = 2 \text{ конвеєри,}$$

що менше від базового варіанту на 1 конвеєр.

Пропонується наступна схема транспортування вугілля конвеєрною лінією уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське»: на уклон вугілля потрапляє одразу на конвеєр 1Л120 № 1 протяжністю $L_1=940$ м із середнім кутом транспортування $\beta_1=[730 \cdot 1 + (450+620-860)4,5]/(730+450+620-860)=2^0$, потім перевантажується на конвеєр 1Л120 № 2 протяжністю $L_2=860$ м із середнім кутом транспортування $\beta_2=4,5^0$. Тяговий розрахунок і перевірка стрічки на міцність для конвеєрів запропонованого варіанту схеми транспортування вугілля конвеєрною лінією уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» здійснюється по формулах (2.4) – (2.20), а результати розрахунку заносяться в таблицю 2.2. Примітно, що максимальний натяг стрічки в обох випадках менший за максимальний допустимий натяг стрічки 1200-EP1500, $S_{HP}=169410$ Н. Таким чином, схема транспортування вугілля конвеєрною лінією уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» із залученням двох конвеєрів 1Л120 довжиною 940 м і 860 м, відповідно, задовольняє гірничо-технічним умовам функціонування підприємства за факторами

використання потужності приводних двигунів та забезпечення міцності стрічки конвеєра. На рисунку 2.1 представляється діаграма натягу стрічки конвеєра 1Л120 № 1 запропонованого варіанту схеми транспортування вугілля конвеєрною лінією уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське». На рисунку 2.2 представляється діаграма натягу стрічки конвеєра 1Л120 № 2 запропонованого варіанту схеми транспортування вугілля конвеєрною лінією уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське».

Таблиця 2.1 – Результати тягового розрахунку стрічкових конвеєрів лінії уклону № 2 блоку № 5 у запропонованому варіанті системи внутрішньошахтного транспорту ПАТ «Шахтоуправління «Покровське»

Параметр	Конвеєр 1Л120 № 1	Конвеєр 1Л120 № 2
Довжина, м	940	860
Середній кут транспортування, град.	2	4,5
Опір руху на вантажній гілці, Н	92380	133240
Опір руху на порожній гілці, Н	3550	–810
Окружне тягове зусилля номінального режиму, Н	115120	158920
Потрібна потужність номінального режиму, кВт	320	442
Окружне тягове зусилля холостого ходу, Н	20530	31180
Встановлена потужність двигунів, кВт	384	531
Потужність приводних двигунів, кВт	630	
Мінімальний допустимий натяг стрічки в точці збігання з приводу, Н	22590	26140
Мінімальний допустимий натяг стрічки на вантажній гілці, Н	7820	
Максимальний допустимий натяг стрічки, Н	169410	
Максимальний натяг стрічки, Н	119310	164520

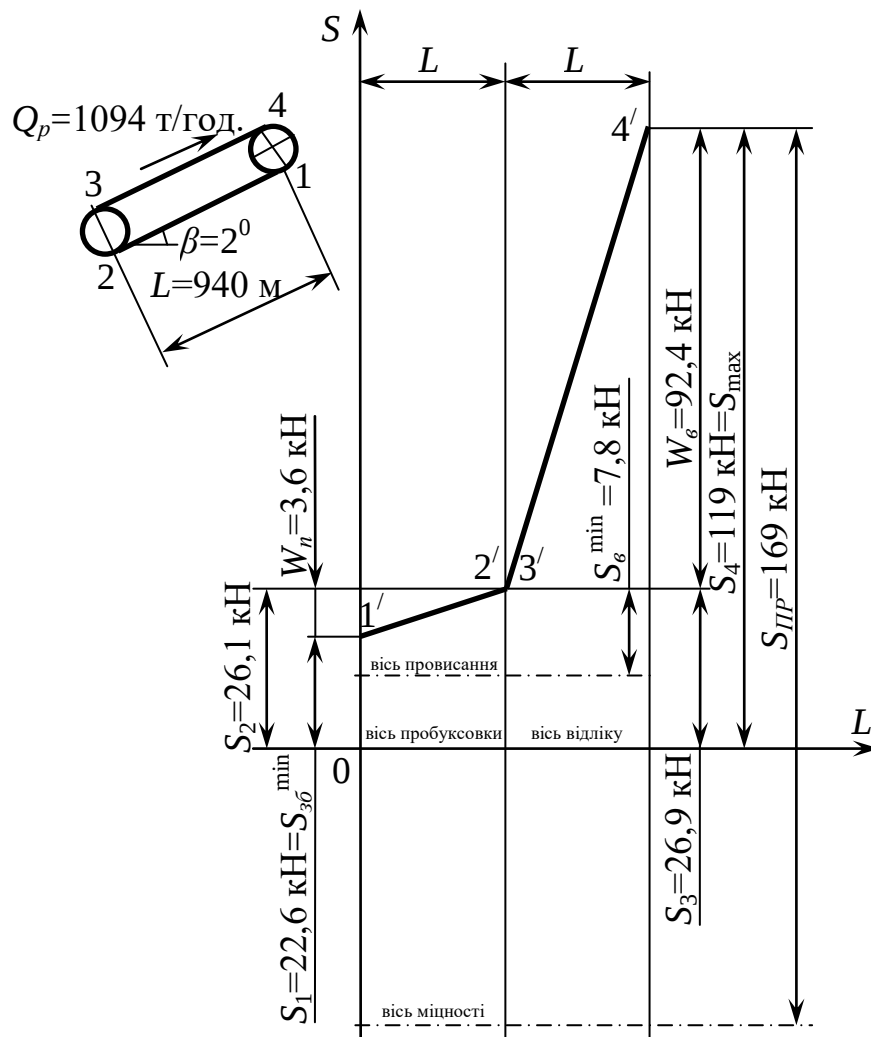


Рисунок 2.1 – Діаграма натягу стрічки конвеєра 1Л120
 № 1 у запропонованому варіанті схеми
 транспортування вугілля конвеєрною лінією уклону
 № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське»

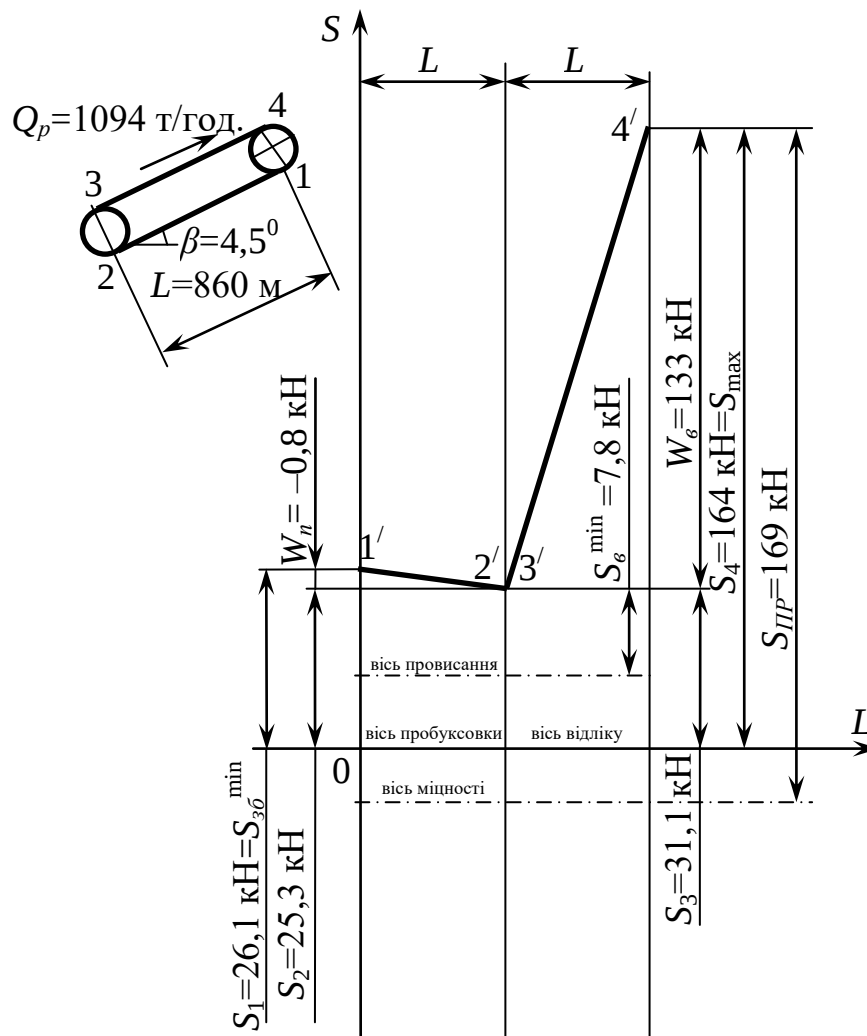


Рисунок 2.1 – Діаграма натягу стрічки конвеєра 1Л120
 № 2 у запропонованому варіанті схеми
 транспортування вугілля конвеєрною лінією уклону
 № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське»

2.5. ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Для транспортування вугілля в конвеєрному уклоні № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» слід застосовувати стрічкові конвеєри із шириною стрічки 1,2 м.

2. Встановлена потужність конвеєрної лінії на уклоні № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» становить 844 кВт; за фактором потужності приводу у виробці слід встановити 3 конвеєри.

3. При використанні стрічки 1200-EP1500/4 за фактором міцності стрічки у виробці достатньо встановити 2 конвеєри.

4. Остаточного приймається в пропонованому варіанті конвеєрної лінії на уклоні № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» – 2 послідовно встановлених конвеєра 1Л120 зі стрічкою 1200-EP1500/4, що на 1 конвеєр менше, ніж у базовому варіанті.

3. ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ УКЛОНУ № 2 БЛОКУ № 5

3.1. Методика оцінки енергетичної ефективності експлуатації конвеєрної лінії уклону № 2 блоку № 5

Енергетична ефективність процесу транспортування сипкого вантажу засобами внутрішньошахтного транспорту оцінюється питомими енерговитратами на транспортування вантажу в розрахунковому режимі завантаженості транспортних установок. Для шахтних стрічкових конвеєрів розрахунковим режимом завантаженості є такий, що відповідає повному використанню місткості стрічки по її завантаженню при встановленому значенні шахтного вантажопотоку. У такому випадку питомі енерговитрати на транспортування вантажу конвеєром є мінімально можливими для даної транспортної установки, лінії, системи транспорту.

Отже ефективність тієї чи іншої транспортної ланки слід оцінювати шляхом порівняння визначених розрахунковим або емпіричним шляхом питомих енерговитрат на транспортування вантажу у відповідному режимі для конкуруючих варіантів.

У даному розділі пропонується порівняння розрахункових питомих енерговитрат на транспортування гірничої маси конвеєрною лінією уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» для режиму розрахункової завантаженості конвеєрів у базовому та запропонованому варіантах схеми транспортування гірничої маси.

Значення питомих енерговитрат на транспортування сипкого вантажу стрічковими конвеєрами пропонується оцінювати з урахуванням коефіцієнту корисної дії стрічкового конвеєра, який працює в режимі розрахункової завантаженості стрічки. Останній у свою чергу залежить від коефіцієнтів корисної дії електричної мережі, двигунів, механічної частини конвеєрів, використання місткості стрічки в розрахунковому режимі транспортування та значення тягового зусилля на холостому ході конвеєра.

Питомі енерговитрати на транспортування сипкого вантажу стрічковим конвеєром у розрахунковому режимі роботи визначатимуться по формулі:

$$E = \frac{1000 N_y}{Q_p L \eta_k}, \text{ кВт} \cdot \text{год.} / (\text{т} \cdot \text{км}), \quad (3.1)$$

де N_y – встановлена потужність конвеєрної лінії, кВт (див. п. 2.2);

Q_p – розрахунковий вантажопотік на конвеєрі, т/год. (див. п. 1.4);

L – довжина транспортування, м (див. п. 1.3);

η_k – коефіцієнт корисної дії стрічкового конвеєра, який працює в режимі розрахункової завантаженості стрічки.

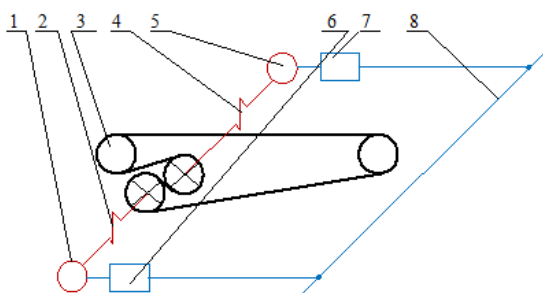


Рисунок 3.1 – Структура приводу стрічкового конвеєра: 1, 5 – приводні двигуни, 2, 4 – редуктори, 3 – конвеєр, 6, 7 – регулятори швидкості, 8 – електрична мережа

Розрахункова схема структури приводу конвеєра для визначення коефіцієнту корисної дії двохприводного стрічкового конвеєра наведена на рисунку 3.1. На схемі видно, що дана технічна система є послідовним з'єднанням електричної мережі, приводу конвеєра та його механічної частини. В свою чергу, привод конвеєра складається із двох паралельно з'єднаних приводних блоків, кожен із яких може містити в собі регулятор швидкості стрічки, електричний двигун і редуктор. З вищесказаного випливає, що стрічковий конвеєр із двохбарабанным приводом являє собою технічну систему зі змішаним з'єднанням елементів.

Таким чином, розрахункова формула для визначення коефіцієнту корисної дії конвеєрної лінії, яка працює в режимі розрахункової завантаженості стрічки, має ураховувати коефіцієнти корисної дії електричної мережі $\eta_{ел.м}$, регуляторів швидкості $\eta_{ш}$, електродвигунів $\eta_{ед}$, редукторів $\eta_{р}$, механічної частини конвеєра $\eta_{мех}$. Оскільки в базовому і

запропонованому варіантам розглядаються стрічкові конвеєри з нерегульованим приводом, вважатимемо коефіцієнт корисної дії регуляторів швидкості кожного приводного блоку конвеєра $\eta_{ni}=1$. Крім того, у розрахунковій формулі не будемо урахувувати коефіцієнти корисної дії редукторів у приводних блоках конвеєра, оскільки вони вже ураховані у формулах, що визначають встановлену потужність приводу конвеєра (2.9) – (2.13).

Коефіцієнт корисної дії конвеєрної лінії, яка працює в режимі розрахункової завантаженості стрічки, визначається по формулі:

$$\eta_K = \eta_{ел.м.} \cdot (k_1 \cdot \eta_{ед1} + k_2 \cdot \eta_{ед2}) \cdot \eta_{мех} \cdot \frac{W_0 - W_x}{W_0}, \quad (3.2)$$

де k_i – енергетичні коефіцієнти, що вказують на ступінь розподілу окружного тягового зусилля конвеєра між приводними барабанами, визначаються із задачі Ейлера. Для двохбарабанного приводу конвеєра $k_1+k_2=1$;

W_0 – розрахункове окружне тягове зусилля на приводі конвеєрів у розрахунковому режимі, Н (див. п. 2.2);

W_x – розрахункове окружне тягове зусилля на приводі конвеєрів у режимі холостого ходу, Н (див. п. 2.2).

Роботу з перенесення електричних зарядів в електричних провідниках під дією електричного поля визначає електрична напруга. Нехай U_H – номінальна напруга, ΔU – падіння напруги на затискачах електродвигунів, тоді приймаючи відносне значення номінальної напруги $U_H=1$, коефіцієнт корисної дії електричної мережі в номінальному режимі роботи встаткування можна визначити як

$$\eta_{ел.м} = \frac{U_H - \Delta U}{U_H}, \quad (3.3)$$

Оскільки, згідно із ДСТУ і Правилами улаштування електричних установок, максимальне допустиме зниження напруги на затискачах електричного двигуна в номінальному режимі його роботи відносно

номінального значення напруги становить $\Delta U = 5\% = 0,05$, приймаємо коефіцієнт корисної дії електричної мережі

$$\eta_{ел.м} = \frac{1 - 0,05}{1} = 0,95.$$

Для визначення енергетичних коефіцієнтів k_1 і k_2 розглянемо співвідношення окружних тягових зусиль на стрічковому конвеєрі з двобарабанным

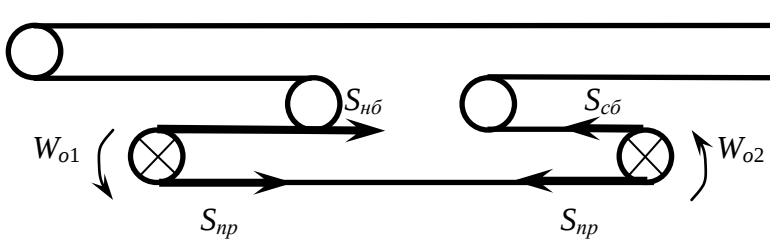


Рисунок 3.2 – Розподілення тягових зусиль багатобарабанного приводу між барабанами

приводом без урахування пружних властивостей стрічки та опору руху стрічки між барабанами у приводі конвеєра (див. рис. 3.2).

На рознесеному

приводі стрічкового конвеєра барабани рознесені на відстань 10-20 м один від одного. В точці набігання стрічки на перший приводний барабан виникає натяг $S_{нб}$, в точці збігання – $S_{пр1}$. В точці набігання стрічки на другий приводний барабан виникає натяг $S_{пр2}$, в точці збігання – $S_{сб}$. Таким чином, на дузі обхвату α_1 на ободі першого приводного барабану виникає окружне тягове зусилля $W_{о1} = S_{нб} - S_{пр1}$, на дузі обхвату α_2 на ободі другого приводного барабану – $W_{о2} = S_{пр2} - S_{сб}$. Приймаємо $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha' = 0,5 \cdot \alpha = 0,5 \cdot 8,38 = 4,19$ рад. (220°), де α – сумарний кут обхвату приводу стрічкою (див. п. 2.3), $W_{о1} + W_{о2} = W_0$. Нехтуючи опором руху стрічки $W_{пр} = S_{пр1} - S_{пр2}$ між барабанами зосередженого приводу, вважаємо $S_{пр1} = S_{пр2} = S_{пр}$.

Загальне окружне тягове зусилля приводу W_0 :

$$W_0 = W_{о1} + W_{о2} = S_{сб} (e^{\mu(\alpha_1 + \alpha_2)} - 1). \quad (3.4)$$

При $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha'$,

$$W_{о1} = S_{пр} (e^{\mu\alpha'} - 1), \quad (3.5)$$

$$W_{o2} = S_{зб}(e^{\mu\alpha'} - 1). \quad (3.6)$$

Оскільки максимальне тягове зусилля на другому приводному барабані конвеєра передається за умови, згідно із задачею Ейлера,

$$\frac{S_{np}}{S_{зб}} = e^{\mu\alpha'}, \quad (3.7)$$

то

$$W_{o1} = W_{o2}e^{\mu\alpha'}. \quad (3.8)$$

Отже, на першому приводному барабані двобарабанного приводу стрічкового конвеєра в розрахунковому режимі роботи передаватиметься більше тягове зусилля, аніж на другому.

Таким чином, енергетичні коефіцієнти k_1 і k_2 будуть пов'язані між собою співвідношеннями

$$k_1 = k_2 e^{\mu\alpha'}, \quad (3.9)$$

$$k_1 + k_2 = 1. \quad (3.10)$$

Отже,

$$\begin{aligned} k_2(e^{\mu\alpha'} + 1) &= 1 \\ k_2 &= (e^{\mu\alpha'} + 1)^{-1} = (2,72^{0,25 \cdot 4,19} + 1)^{-1} = 0,26; \\ k_1 &= 1 - k_2 = 1 - 0,26 = 0,74. \end{aligned}$$

Коефіцієнт корисної дії електричного двигуна без зовнішнього регулювання швидкості обертання ротора останнього в номінальному режимі роботи без урахування механічних втрат потужності визначиться по формулі:

$$\eta_{eoi} = \frac{M_{ci}\omega_i}{0,95\eta_p \cdot \int_0^{1/f} U_m \cos(2\pi f_i t) \cdot I_{mi} \cos(2\pi f_i t + \varphi_i) dt}, \quad (3.11)$$

де M_{ci} – момент опору на роторі приводного двигуна, Н·м,

$$M_{ci} = 0,5DW_0 k_i u^{-1}, \quad (3.12)$$

D – діаметр початкової окружності приводного барабану конвеєра,
 $D=0,842$ м;

u – передавальне число редуктора,

$$u = \frac{\pi D n_{\partial\partial}}{60 v}, \quad (3.13)$$

$n_{\partial\partial}$ – частота обертання ротора конвеєрного двигуна; $n_{\partial\partial}=1500$ хв.⁻¹,

$$u = \frac{3,14 \cdot 0,842 \cdot 1500}{60 \cdot 2,5} = 26,4,$$

приймаємо $u=25$;

U_m – амплітуда номінальної напруги мережі, В,

$$U_m = \sqrt{2} U_n, \quad (3.14)$$

U_n – діюче значення номінальної напруги, $U_n=1140$ В,

$$U_m = \sqrt{2} U_n = \sqrt{2} \cdot 1140 = 1610 \text{ В};$$

I_{mi} – амплітуда струму в обмотці статора двигуна, А,

$$I_{mi} = \sqrt{\frac{P_x^2}{3U_n^2} + \left(\frac{M_{ci} \omega_i s}{m_1 p r_2} \right)^2 + 2 \frac{P_x}{\sqrt{3} U_n} \frac{M_{ci} \omega_i s}{m_1 p r_2} \cos \varphi_i}, \text{ А}, \quad (3.15)$$

P_x – потужність холостого ходу двигуна, Вт;

s – номінальне ковзання електродвигуна;

$m_1=3$ – електрична постійна;

p – кількість пар полюсів обмотки статора;

r_2 – опір фази ланцюга ротора, Ом;

φ_i – кут зсуву фази струму щодо напруги,

$$\varphi_i = \arccos \frac{r}{\sqrt{r^2 + x_i^2}}, \quad (3.16)$$

r – еквівалентний активний опір схеми заміщення фази обмотки електродвигуна, Ом;

x_i – еквівалентний реактивний опір схеми заміщення фази обмотки електродвигуна, Ом.

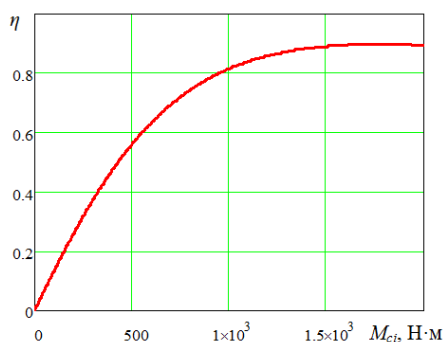


Рисунок 3.3 – Залежність коефіцієнту корисної дії електродвигуна стрічкового конвеєра потужністю 315 кВт

Графік залежності коефіцієнту корисної дії електродвигуна потужністю 315 кВт, розрахованого по формулах (3.11) – (3.16), від моменту опору на роторі даного електродвигуна представлена на рис. 3.3.

З рисунку 3.3 випливає: від навантаження на роторі двигуна нерегульованого приводу стрічкового конвеєра, яке нерівномірно розподілене між двигунами, суттєво залежить коефіцієнт корисної дії останнього.

Коефіцієнт корисної дії механічної частини конвеєра приймаємо постійним, за рахунок кочення в підшипниках барабанів та роликів, тертя стрічки по бортах завантажувального пристрою, під час очищення тощо вважаємо $\eta_{\text{мех}}=0,95$.

Якщо в конвеєрній лінії гірничу масу транспортують n конвеєрів, то питомі енерговитрати на транспортування вугілля конвеєрною лінією визначаються як математичне очікування питомих енерговитрат на транспортування вугілля кожним конвеєром, а саме

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n E_i L_i}{L}, \text{ кВт} \cdot \text{год.} / (\text{т} \cdot \text{км}). \quad (3.17)$$

Запропонована методика визначення питомих енерговитрат на транспортування сипкого вантажу стрічковими конвеєрами у розрахунковому режимі їх роботи, представлена у формулах (3.1) – (3.17), дозволяє урахувати при визначенні енергетичних показників транспортування вугілля конвеєрами втрати енергії в окремих ланках технічної системи «стрічковий конвеєр» к режимі, який відповідає максимальній можливій завантаженості конвеєра при його роботі у відповідних гірничо-геологічних і технічних умовах.

3.2. Оцінка енергетичної ефективності експлуатації конвеєрної лінії в базовому варіанті

Оцінка енергетичної ефективності експлуатації конвеєрної лінії в умовах конвеєрного уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» у базовому варіанті здійснюється за методикою, викладеною в п. 3.1, а результати оцінки заносяться до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати оцінки енергетичної ефективності експлуатації конвеєрної лінії в умовах конвеєрного уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» в базовому варіанті

Конвеєр Параметр	1Л120 № 1	1Л120 № 2	1Л120 № 3
1	2	3	4
Довжина, м	730	450	620
Встановлена потужність, кВт	239	279	383
Момент опору на валу ротора двигуна № 1	202	1039	1430
Момент опору на валу ротора двигуна № 2	71,1	365	503
Коефіцієнт корисної дії електродвигуна № 1	0,260	0,825	0,886
Коефіцієнт корисної дії електродвигуна № 2	0,095	0,439	0,562
Коефіцієнт корисної дії електричної частини приводного блоку	0,221	0,724	0,802
Окружне тягове зусилля розрахункового режиму, кН	71520	83400	114780
Тягове зусилля холостого ходу, кН	16230	9980	13740

Коефіцієнт корисної дії конвеєра	0,153	0,576	0,637
Питомі енерговитрати на транспортування сипкого вантажу, кВт·год./ (т·км)	1,99	0,98	0,89
	1,31		

Наприклад, момент опору на приводі конвеєра № 1 в базовому варіанті комплектації схеми транспортування вугілля по конвеєрному уклону № 2 блоку № 5 в умовах ПАТ «Шахтоуправління Покровське» становитиме:

- на роторі двигуна № 1

$$M_{c1}=0,5DW_0k_1u^{-1}=0,5\cdot0,842\cdot16230\cdot0,74\cdot25^{-1}=202 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

- на роторі двигуна № 2

$$M_{c2}=0,5DW_0k_2u^{-1}=0,5\cdot0,842\cdot16230\cdot0,26\cdot25^{-1}=71,1 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

За рахунок недовантаження приводних двигунів, останні мають низький коефіцієнт корисної дії, який за формулами (3.11) – (3.16) визначиться:

- на роторі двигуна № 1: $\eta_{e\partial 1}=0,26$;

- на роторі двигуна № 2: $\eta_{e\partial 2}=0,095$.

Загальний коефіцієнт корисної дії електричної частини приводу стрічкового конвеєра визначиться як

$$\eta_{e\partial}=k_1\eta_{e\partial 1}+k_2\eta_{e\partial 2}=0,74\cdot0,26+0,26\cdot0,095=0,221.$$

Коефіцієнт корисної дії стрічкового конвеєра 1Л120 № 1 в базовому варіанті схеми транспортування вугілля на конвеєрному уклоні № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» становитиме

$$\eta_K=\eta_{ел.м}\eta_{e\partial}\eta_{мех}(W_0-W_x)/W_0=0,95\cdot0,22\cdot0,95(71520-16230)/71520=0,153.$$

Питомі енерговитрати на транспортування вугілля конвеєром № 1 в режимі максимального вантажопотоку:

$$E = \frac{1000 N_y}{Q_p L \eta_K} = \frac{1000 \cdot 239}{1094 \cdot 730 \cdot 0,153} = 1,99 \text{ кВт}\cdot\text{год.}/(\text{т}\cdot\text{км}).$$

Показники енергоспоживання для конвеєрів №№ 2 і 3 в базовому варіанті схеми транспортування вугілля на конвеєрному уклоні № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» визначаються аналогічно.

З таблиці випливає, що загальні питомі енерговитрати на транспортування вугілля конвеєрами лінії конвеєрного уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське», згідно із формулою (3.17), становлять $E=1,31$ кВт·год./($t \cdot \text{км}$), що при розрахунковому вантажопотоці $Q_p=1094$ т/год. і вартості електроенергії $c=1,282628$ грн./(кВт·год.) становитиме

$$C_B = 10^{-3} c E Q_p L t_{zm} k_g n_{zm} n_{дн}, \text{ грн./міс.}, \quad (3.18)$$

де t_{zm} – тривалість робочої зміни в шахті; $t_{zm}=6$ год.;

k_g – коефіцієнт машинного часу роботи транспортного обладнання; приймаємо $k_g=0,8$;

n_{zm} – кількість змін з транспортування вугілля; приймаємо $n_{zm}=3$;

$n_{дн}$ – середня кількість робочих днів на місяць; приймаємо $n_{дн}=25$ (відповідає режиму роботи шахти з 300 робочими днями на рік),

$$C_B = 10^{-3} \cdot 1,282628 \cdot 1,31 \cdot 1094 \cdot 1800 \cdot 6 \cdot 0,8 \cdot 3 \cdot 25 = 1191144 \text{ грн.} = 1191 \text{ тис. грн.}$$

Останнє значення визначатиме експлуатаційні витрати на утримання та роботу конвеєрної лінії в базовому варіанті. Витрати на електроенергію оцінюються для періоду $T=70$ міс., що відповідає періодичності капітального ремонту даної транспортної машини.

3.3. Оцінка енергетичної ефективності експлуатації конвеєрної лінії в запропонованому варіанті

Оцінка енергетичної ефективності експлуатації конвеєрної лінії в умовах конвеєрного уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» у запропонованому варіанті здійснюється за методикою, викладеною в п. 3.1, а результати оцінки заносяться до таблиці 3.2.

Наприклад, момент опору на приводі конвеєра № 1 в запропонованому варіанті комплектації схеми транспортування вугілля по

конвеєрному уклону № 2 блоку № 5 в умовах ПАТ «Шахтоуправління Покровське» становитиме:

- на роторі двигуна № 1

$$M_{c1}=0,5DW_0k_1u^{-1}=0,5\cdot0,842\cdot115120\cdot0,74\cdot25^{-1}=1435 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Таблиця 3.2 – Результати оцінки енергетичної ефективності експлуатації конвеєрної лінії в умовах конвеєрного уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» в запропонованому варіанті

Параметр	Конвеєр	
	2Л1200 № 1	2Л1200 № 2
Довжина, м	940	860
Встановлена потужність, кВт	384	531
Момент опору на валу ротора двигуна № 1	1435	1980
Момент опору на валу ротора двигуна № 2	504	696
Коефіцієнт корисної дії електродвигуна № 1	0,886	0,894
Коефіцієнт корисної дії електродвигуна № 2	0,563	0,691
Коефіцієнт корисної дії електричної частини приводного блоку	0,802	0,841
Окружне тягове зусилля розрахункового режиму, кН	115120	158920
Тягове зусилля холостого ходу, кН	20530	31180
Коефіцієнт корисної дії конвеєра	0,595	0,610
Питомі енерговитрати на транспортування сипкого вантажу, кВт·год./((т·км)	0,63	0,93
	0,77	

- на роторі двигуна № 2

$$M_{c2}=0,5DW_0k_2u^{-1}=0,5\cdot0,842\cdot115120\cdot0,26\cdot25^{-1}=504 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

За рахунок недовантаження приводних двигунів, останні мають низький коефіцієнт корисної дії, який за формулами (3.11) – (3.16) визначиться:

- на роторі двигуна № 1: $\eta_{e\partial 1}=0,886$;

- на роторі двигуна № 2: $\eta_{e\partial 1}=0,563$.

Загальний коефіцієнт корисної дії електричної частини приводу стрічкового конвеєра визначиться як

$$\eta_{e\partial}=k_1\eta_{e\partial 1}+k_2\eta_{e\partial 2}=0,74\cdot 0,886+0,26\cdot 0,563=0,595.$$

Коефіцієнт корисної дії стрічкового конвеєра 1Л120 № 1 в запропонованому варіанті схеми транспортування вугілля на конвеєрному уклоні № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» становитиме

$$\eta_K=\eta_{ел.м}\eta_{e\partial}\eta_{мех}(W_0-W_x)/W_0=0,95\cdot 0,802\cdot 0,95(115120-20530)/115120=0,595.$$

Питомі енерговитрати на транспортування вугілля конвеєром № 1 в режимі максимального вантажопотоку:

$$E = \frac{1000 N_y}{Q_p L \eta_K} = \frac{1000 \cdot 384}{1094 \cdot 940 \cdot 0,595} = 0,63 \text{ кВт}\cdot\text{год.}/(\text{т}\cdot\text{км}).$$

Показники енергоспоживання для конвеєра № 2 в запропонованому варіанті схеми транспортування вугілля на конвеєрному уклоні № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» визначаються аналогічно.

З таблиці випливає, що загальні питомі енерговитрати на транспортування вугілля конвеєрами лінії конвеєрного уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» становлять $E=0,77$ кВт·год./ (т·км), що при розрахунковому вантажопотоці $Q_p=1094$ т/год. і вартості електроенергії $c=1,282628$ грн./ (кВт·год.) становитиме, згідно із формулою (3.18),

$$C=10^{-3}\cdot 1,282628\cdot 0,77\cdot 1094\cdot 1800\cdot 6\cdot 0,8\cdot 3\cdot 25=700138 \text{ грн.}=700 \text{ тис. грн.}$$

Останнє значення визначатиме експлуатаційні витрати на утримання та роботу конвеєрної лінії в запропонованому варіанті. Витрати на електроенергію оцінюються для періоду $T=70$ міс.

Слід зазначити, що визначені питомі енерговитрати на транспортування вугілля конвеєрною лінією уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» в базовому і запропонованому варіантах комплектування схеми транспортування у даній виробці відповідають мінімальному можливому значенню, оскільки знайдені при тривалому максимальному вантажопотоку на конвеєрі. В умовах нерівномірного вантажопотоку на підприємстві питомі енерговитрати на транспортування вугілля конвеєрною лінією будуть зростати, а їх відносне зростання – предмет подальших досліджень в рамках магістерської роботи.

3.4. Оцінка економічного ефекту від впроваджень

Здійснюється очікувана оцінка економічної ефективності та інвестиційної привабливості впроваджень, передбачених у даній роботі, в динамічний спосіб методом ануїтетів. Основою для отримання економічного ефекту є різниця між питомими енерговитратами на транспортування гірничої маси стрічковими конвеєрами в базовому і запропонованому варіанті, до якої додається виручка від реалізації двигунів одного приводу конвеєра 1Л1200 (в порівнянні із базовим варіантом схеми транспортування вугілля конвеєрами лінії конвеєрного уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське», у запропонованому варіанті кількість послідовно встановлених конвеєрів у виробці зменшується на 1 одиницю), розподілена на $T=70$ міс.

Разовий місячний платіж, який відповідає вартості приводу стрічкового конвеєра 1Л120, розподілений на $T=70$ міс., визначається по формулі:

$$X_p = \frac{(P_{ел} + P_{мех})(1+r)^m r}{(1+r)^m - 1}, \quad (3.19)$$

де $P_{ел}$ – вартість електричної частини приводу стрічкового конвеєра 1Л120;
 $P=456000$ грн.;

$P_{\text{мех}}$ – вартість механічної частини приводу стрічкового конвеєра 1Л120;
 $P=272000$ грн.;

r – місячна ставка прибутку на капітал,

$$r = \sqrt[12]{i}, \quad (3.20)$$

i – річна ставка прибутку на капітал; при здійсненні платежів у гривнях приймаємо $i=0,3$;

$$r = \sqrt[12]{0,3} = 0,013;$$

m – кількість платіжних періодів, $m=T=70$,

$$X_P = \frac{(456000 + 272000)(1 + 0,013)^{70} \cdot 0,013}{(1 + 0,013)^{70} - 1} = 15904 \text{ грн.}$$

Оцінка очікуваної економічної ефективності та інвестиційної привабливості впроваджень, передбачених у даній роботі, складатиме

$$I_M = C_B - C + X_P, \quad (3.21)$$

$$I_M = 1191144 - 700138 + 15904 = 506910 \text{ грн.} = 507 \text{ тис. грн.}$$

Очікуваний річний економічний ефект від впроваджень визначається по формулі:

$$I_P = 12 I_M, \quad (3.22)$$

$$I_P = 12 \cdot 506910 = 6082920 \text{ грн.} = 6083 \text{ тис. грн.}$$

Таким чином, очікуваний річний ефект від впроваджень становитиме 6083 тис. грн.

3.5. Висновки до розділу 3

1. Розроблено методику оцінки питомих енерговитрат на транспортування сипкого вантажу стрічковим конвеєром (конвеєрною лінією), що ураховує коефіцієнт корисної дії технічної системи «стрічковий конвеєр», вплив на останній навантаженості приводних двигунів і параметрів холостого ходу конвеєра.

2. Суттєве недовантаження приводних двигунів стрічкових конвеєрів у базовому варіанті комплектування конвеєрної лінії уклону № 2 блоку №

5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» (встановлена потужність – 901 кВт, сумарна потужність приводних двигунів – 1890 кВт) призводить до зниження коефіцієнту корисної дії електричної частини приводів конвеєрів до 0,22 – 0,81 при коефіцієнті корисної дії електродвигуна в номінальному режимі 0,94.

3. Питомі енерговитрати на транспортування вугілля конвеєрами лінії конвеєрного уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» при максимальному вантажопотоці 1094 т/год. в базовому варіанті становлять 1,31 кВт·год./(т·км), що відповідає вартості енергоспоживання на конвеєрній лінії 1191 тис. грн.

4. Питомі енерговитрати на транспортування вугілля конвеєрами лінії конвеєрного уклону № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» при максимальному вантажопотоці 1094 т/год. в запропонованому варіанті становлять 0,77 кВт·год./(т·км), що відповідає вартості енергоспоживання на конвеєрній лінії 700 тис. грн.

5. Оцінка економічної ефективності та інвестиційної привабливості впроваджень, передбачених у даній роботі, в динамічний спосіб методом ануїтетів із урахуванням можливості реалізації двох приводних блоків конвеєра вказує на очікуване зниження витрат на 507 тис. грн./міс., що дає річний економічний ефект у розмірі 6,1 млн. грн.

ВИСНОВКИ

1. ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» розробляє вугільні пласти блочно в панельний спосіб. Очікуваний вантажопотік вугілля по конвеєрному уклоні № 2 блоку № 5, з урахуванням перспектив розвитку гірничих робіт, становить 1094 т/год.;
2. Здійснено технологічний розрахунок конвеєрної лінії уклону № 2 блоку № 5 в умовах ПАТ «Шахтоуправління «Покровське». Для транспортування вугілля в конвеєрному уклоні № 2 блоку № 5 обрано стрічковий конвеєр 1Л120 у кількості 2 одиниць, сумарна встановлена потужність приводів – 905 кВт, сумарна потужність приводних блоків конвеєрів – 1260 кВт, максимальний натяг стрічки на конвеєрі № 1 – 119 кН, на конвеєрі № 2 – 165 кН, максимальний допустимий натяг стрічки – 169 кН. Запропонованою конвеєрною лінією передбачається замінити таку в базовому варіанті, яка містить 3 конвеєра 1Л1200;
3. Розроблено методику визначення очікуваного економічного ефекту та інвестиційної привабливості від передбачених впроваджень, згідно із якою питомі енерговитрати на транспортування вугілля стрічковими конвеєрами у конвеєрному уклоні № 2 блоку № 5 в базовому варіанті становлять 1,31 кВт·год./(т·км), в запропонованому – 0,77 кВт·год./(т·км), а очікуваний річний економічний ефект становитиме 6,08 млн. грн.

Напрями подальших досліджень за тематикою даної роботи в магістратурі пов'язані із визначенням техніко-економічних показників транспортування вугілля в уклоні № 2 блоку № 5 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» конвеєрами із регульованим приводом та встановленням впливу способів регулювання швидкості стрічки на техніко-економічні показники транспортування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

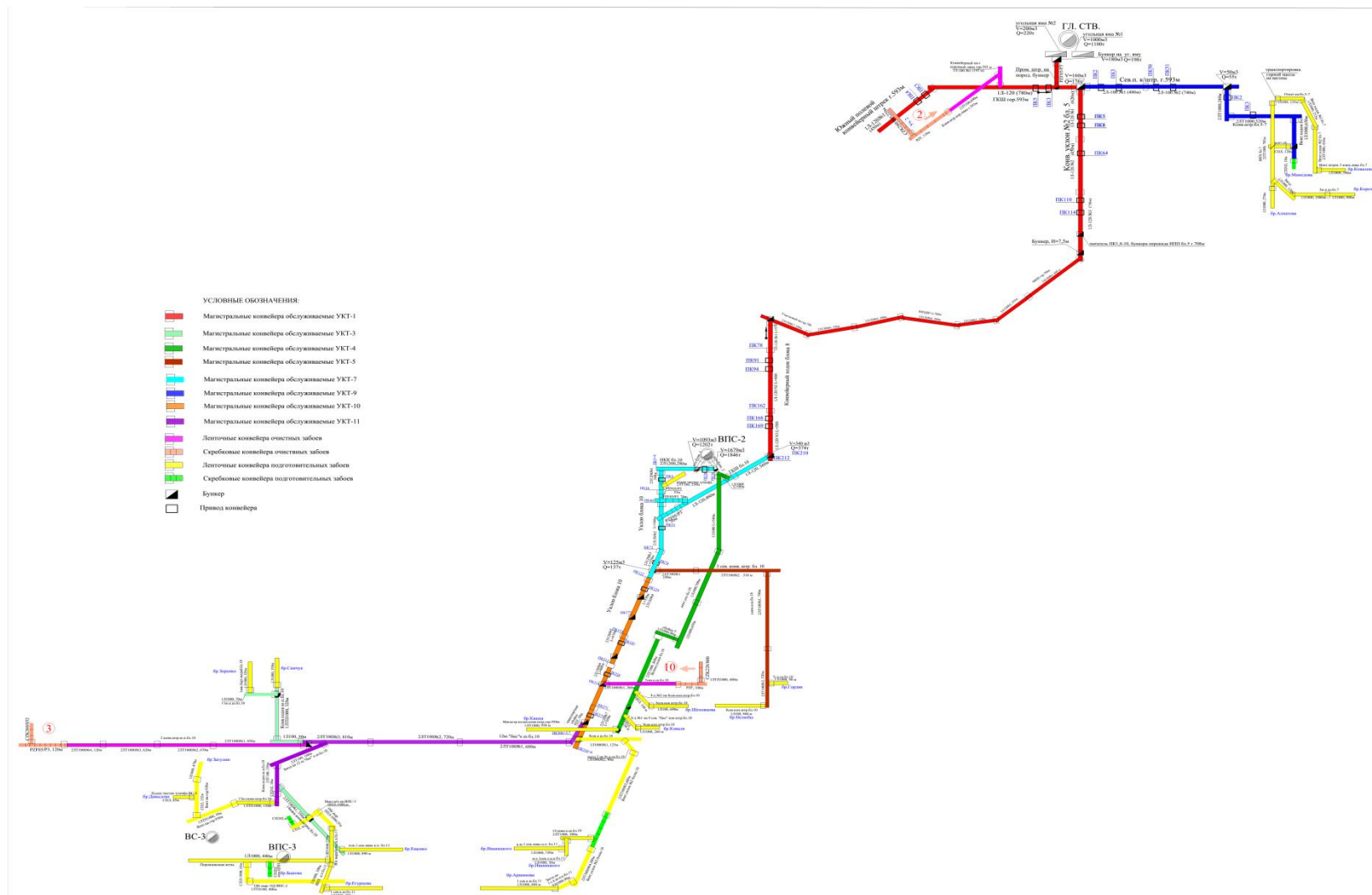
1. A.Semenchenko, M.Stadnik, P.Belitsky, D.Semenchenko, O.Stepanenko. The impact of an uneven loading of a belt conveyor on the loading of drive motors and energy consumption in transportation / Восточно-Европейский журнал передовых технологий, т. 4, № 1 (82) (2016). – [Эл. ресурс]. – Режим доступа: \www/ URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/download/75936/72366>.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин [Текст]. – М., 1988. – 640 с.
3. Белицкий П.В. Математическая модель момента сопротивления на приводе ленточного конвейера как функционально законченного элемента [Текст] / П.В.Белицкий, А.Ю.Куликов // Проблеми техніки і технології переробних виробництв / Збірник доповідей IV міжнародної науково-практичної конференції. – Покровськ, 2017. – с. 46-53.
4. Браславский И.Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод / Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. – Под ред. И.Я.Браславского. – М., 2004. – 202 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \WWW/ URL: http://en-res.ru/wp-content/uploads/2012/12/asinhrr_electroprivod_brasl.pdf.
5. Будишевский В.А. Шахтный транспорт [Текст] / В.А.Будишевский, Н.Д.Мухопад, А.А.Сулима, В.А.Кислун. – Донецк: «Новый мир», 1997. – 349 с.
6. Вольдек А.И. Электрические машины [Текст]. – Л., 1974. – 840 с.
7. Григор'єв М.А. Дослідження енергетичних показників роботи стрічкових конвеєрів гірничих підприємств [Текст] / М.А.Григор'єв, Є.С.Мінгазов, Д.А.Семенченко, П.В.Белицький // V Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми техніки і технології переробних виробництв». Збірник тез доповідей. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2019. – С. 60-63.

8. Проектування і конструювання транспортних машин і комплексів [Текст] / В.О.Будішевський, В.М.Маценко, В.І.Дворніков та ін. – Під заг. ред. В.О.Будішевського. – Донецьк, 2009. – 599 с.
9. Расчёт и проектирование транспортных средств непрерывного принципа действия [Текст] / А.И.Барышев, В.А.Будишевский, А.А.Сулима, А.Н.Ткачук // Под общ. ред. В.А.Будишевского. – Донецк, 2005. – 689 с.
10. Рудничный транспорт и механизация вспомогательных работ [Текст] // Под общ. ред. Б.Ф.Братченко. – М.: Недра, 1978. – 423 с.
11. Рухлов А.В. Энергетические характеристики магистрального конвейерного транспорта угольных шахт / А.В.Рухлов, Е.Д.Герман [Електронний ресурс]. – Режим доступа: \www/ URL: http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/natural/Geta/2010_84/7.pdf.
12. Семенченко А.К. Повышение энергоэффективности использования ленточных конвейеров при интенсивной угледобыче [Текст] / А.К.Семенченко, Н.И.Стадник, П.В.Белицкий, Д.А.Семенченко // Вісті Донецького гірничого інституту, № 2 (7)' 2018. – Покровськ, 2018. – с. 91-106.
13. Тарасов В.И. Оценка совершенства ленточного конвейера по энергетическому показателю [Текст] // Розробка родовищ: Зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2015. – Т. 9. – с. 155-161.
14. Теоретические основы и расчёты транспорта энергоёмких производств: учеб. пособие [Текст] / В.В.Ададунов, В.В.Ариненков, Ф.С.Воюш и др. – Под ред. В.А.Будишевского, А.А.Сулимы. – Донецк, 1999. – 217 с.
15. Технология, организация и экономика подземного транспорта [Текст] / В.А.Пономаренко, Е.В.Макарова, Е.Л.Креймер и др. ; под общ. ред. В.А.Пономаренко. - М. : Недра, 1977. – 221с.
16. Украина: Себестоимость добычи тонны угля госшахтами составляет 2,5 тыс. грн., - Минэнергоугля. Металл в Украине и мире // Металл

Украины. – 03.04.2017. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ukrmet.dp.ua/2017/04/03/ukraina-sebestoimost-dobychi-tonny-uglya-gosshaxtami-sostavlyayet-25-tys-grn-minenergouglya.html>.

17. Шахмейстер Л.Г. Теория и расчёт ленточных конвейеров. – Изд. 2-е переработанное [Текст] / Л.Г.Шахмейстер, В.Г.Дмитриев. – М.: Машиностроение, 1987. – 336 с.
18. Юрченко В.М. Расчёт грузопотоков от комплексно механизированных лав и выбор оборудования конвейерных линий [Текст]. – Кемерово: Изд. КузГТУ, 2000. – 49 с.

СХЕМА ВНУТРІШНЬОШАХТНОГО КОНВЕЄРНОГО ТРАНСПОРТУ ПАТ «ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ПОКРОВСЬКЕ»



ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВУГІЛЛЯ У КОНВЕЄРНОМУ УКЛОНІ № 2
БЛОКУ № 5 ПАТ «ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ПОКРОВСЬКЕ»

Базовий варіант

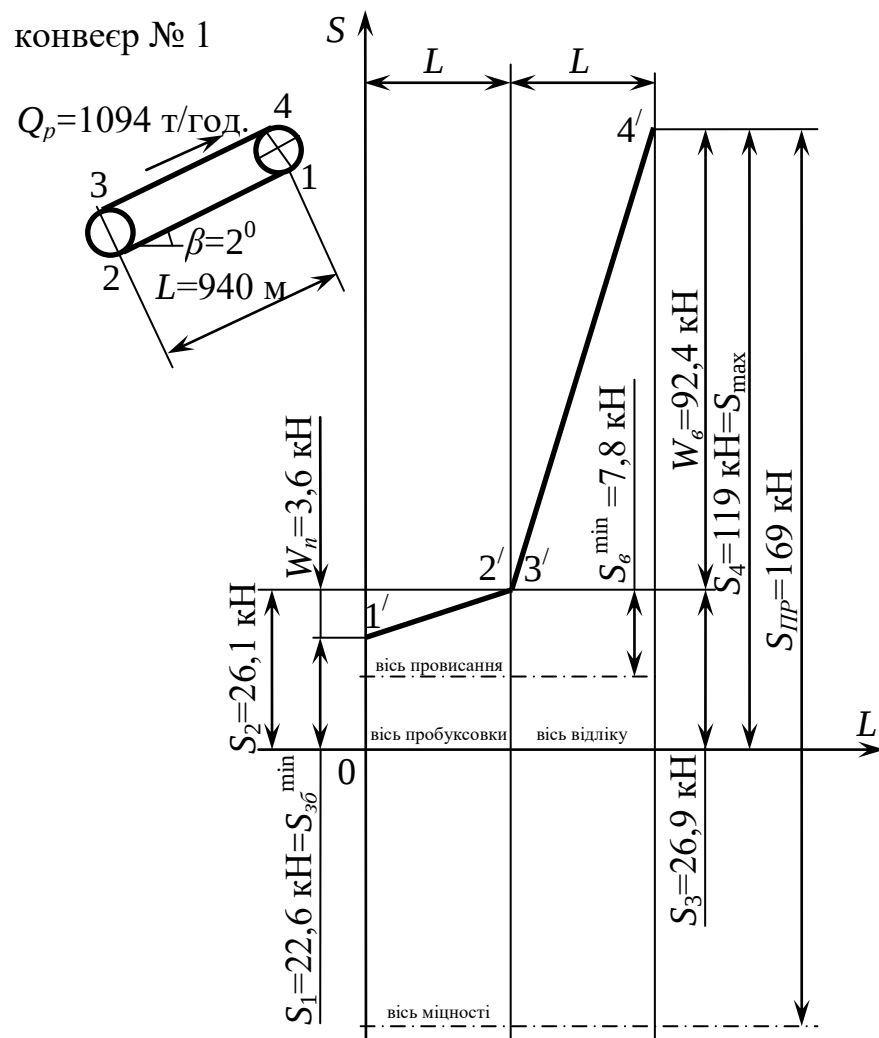
Параметр	Конвеєр 1Л120 № 1	Конвеєр 1Л120 № 2	Конвеєр 1Л120 № 3
Довжина, м	730	450	620
Середній кут транспортування, град.	1	4,5	4,5
Опір руху на вантажній гілці, Н	55160	69720	96060
Опір руху на порожній гілці, Н	4440	–300	–410
Окружне тягове зусилля номінального режиму, Н	71520	83400	114780
Потрібна потужність номінального режиму, кВт	199	232	319
Окружне тягове зусилля холостого ходу, Н	16230	9980	13740
Встановлена потужність двигунів, кВт	239	279	383

Запропонований варіант

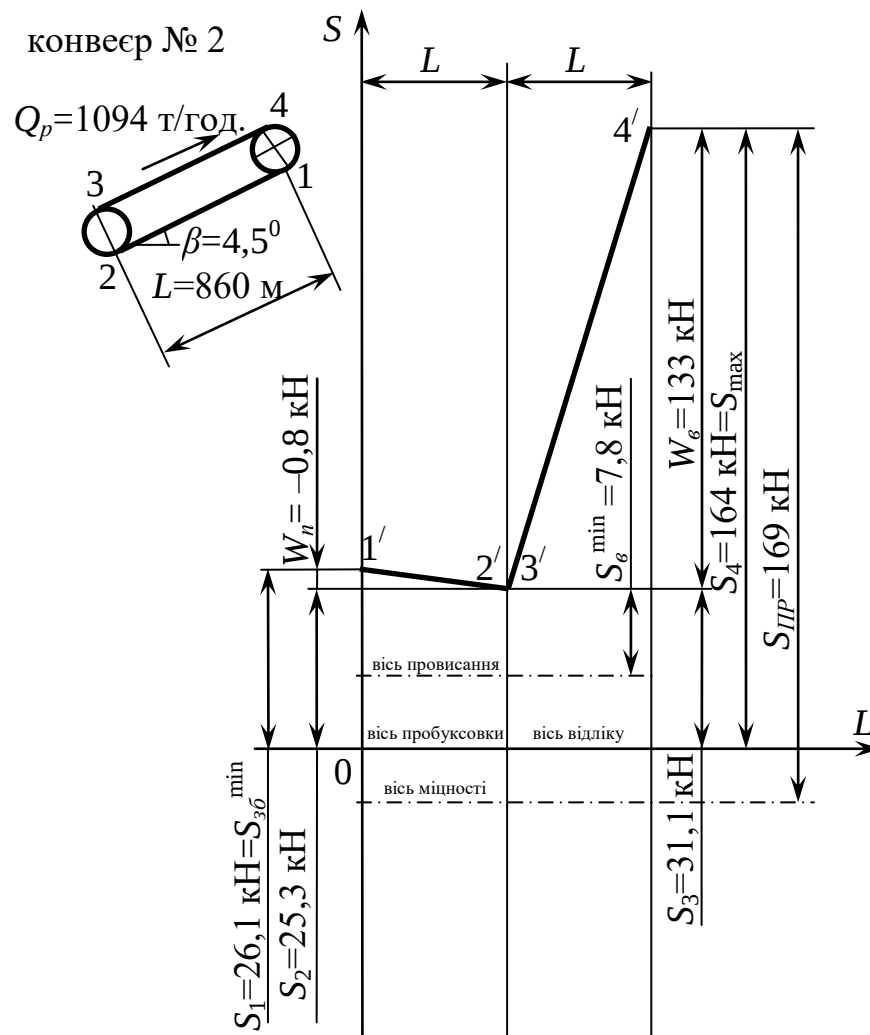
Параметр	Конвеєр 1Л120 № 1	Конвеєр 1Л120 № 2
Довжина, м	940	860
Середній кут транспортування, град.	2	4,5
Опір руху на вантажній гілці, Н	92380	133240
Опір руху на порожній гілці, Н	3550	–810
Окружне тягове зусилля номінального режиму, Н	115120	158920
Потрібна потужність номінального режиму, кВт	320	442
Окружне тягове зусилля холостого ходу, Н	20530	31180
Встановлена потужність двигунів, кВт	384	531

ДІАГРАМИ НАТЯГУ СТРІЧКИ КОНВЕЄРІВ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВУГІЛЛЯ У КОНВЕЄРНОМУ
УКЛОНІ № 2 БЛОКУ № 5 ПАТ «ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ПОКРОВСЬКЕ» В ЗАПРОПОНОВАНОМУ ВАРІАНТІ

конвеєр № 1



конвеєр № 2

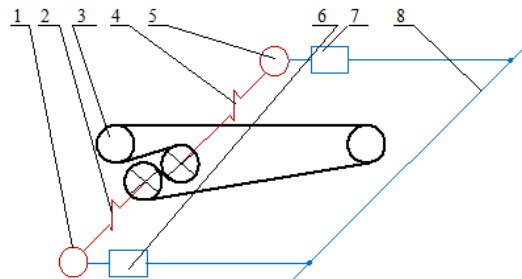


ПИТОМІ ЕНЕРГОВИТРАТИ НА ТРАНСПОРТУВАННЯ СИПКОГО ВАНТАЖУ СТРІЧКОВИМ КОНВЕЄРОМ

$$E = \frac{1000 N_y}{Q_p L \eta_K}, \text{ кВт} \cdot \text{год.} / (\text{т} \cdot \text{км}),$$

де N_y – встановлена потужність конвеєрної лінії, кВт (див. п. 2.2);
 Q_p – розрахунковий вантажопотік на конвеєрі, т/год. (див. п. 1.4);
 L – довжина транспортування, м (див. п. 1.3);
 η_K – коефіцієнт корисної дії стрічкового конвеєра, який працює в режимі розрахункової завантаженості стрічки.

Структура приводу стрічкового конвеєра



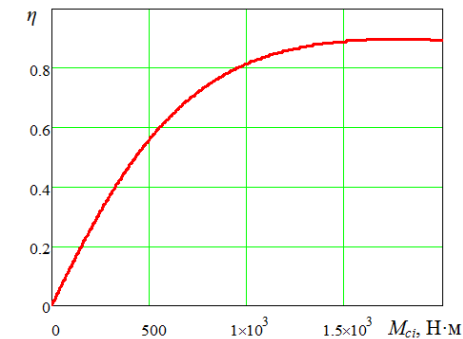
1, 5 – приводні двигуни, 2, 4 – редуктори, 3 – конвеєр, 6, 7 – регулятори швидкості, 8 – електрична мережа

Коефіцієнт корисної дії стрічкового конвеєра, що працює в режимі розрахункової завантаженості стрічки

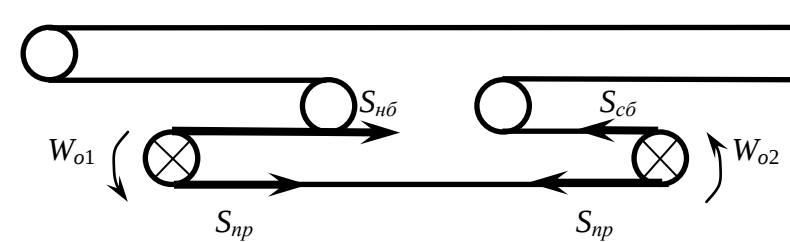
$$\eta_K = \eta_{ел.м.} \cdot (k_1 \cdot \eta_{ед1} + k_2 \cdot \eta_{ед2}) \cdot \eta_{мех} \cdot \frac{W_0 - W_x}{W_0},$$

$\eta_{ел.м.}$ – коефіцієнт корисної дії електричної мережі, $\eta_{ед1}$ – коефіцієнт корисної дії електродвигунів, $\eta_{мех}$ – коефіцієнт корисної дії механічної частини конвеєра, k_i – енергетичні коефіцієнти, що вказують на ступінь розподілу окружного тягового зусилля конвеєра між приводними барабанами; W_0 – окружне тягове зусилля на приводі конвеєрів у розрахунковому режимі, Н; W_x – окружне тягове зусилля на приводі конвеєрів у режимі холостого ходу, Н.

Залежність коефіцієнту корисної дії асинхронного електродвигуна приводу стрічкового конвеєра потужністю 315 кВт від його навантаженості



Розподіл навантаженості двигунів у двобарабанному приводі стрічкового конвеєра



$$W_{o1} = W_{o2} e^{\mu \alpha'},$$

$$k_1 = k_2 e^{\mu \alpha'}, \quad k_1 + k_2 = 1, \quad k_2(e^{\mu \alpha'} + 1) = 1, \quad k_2 = (e^{\mu \alpha'} + 1)^{-1}, \quad k_1 = 1 - k_2.$$

$$k_1 = 0,74, \quad k_2 = 0,26.$$

ПОРІВНЯННЯ ПИТОМОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ НА КОНВЕЄРНИЙ ЛІНІЇ УКЛОНУ № 2 БЛОКУ № 5 ПАТ
«ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ПОКРОВСЬКЕ» В БАЗОВОМУ І ЗАПРОПОНОВАНОМУ ВАРІАНТАХ

Базовий варіант

Конвеєр	1Л120 № 1	1Л120 № 2	1Л120 № 3
Параметр			
Довжина, м	730	450	620
Встановлена потужність, кВт	239	279	383
Момент опору на валу ротора двигуна № 1	202	1039	1430
Момент опору на валу ротора двигуна № 2	71,1	365	503
Коефіцієнт корисної дії електродвигуна № 1	0,260	0,825	0,886
Коефіцієнт корисної дії електродвигуна № 2	0,095	0,439	0,562
Коефіцієнт корисної дії електричної частини приводного блоку	0,221	0,724	0,802
Окружне тягове зусилля розрахункового режиму, кН	71520	83400	114780
Тягове зусилля холостого ходу, кН	16230	9980	13740
Коефіцієнт корисної дії конвеєра	0,153	0,576	0,637
Питомі енерговитрати на транспортування сипкого вантажу, кВт·год./((т·км)	1,99	0,98	0,89
	1,31		

Запропонований варіант

Конвеєр	2Л1200 № 1	2Л1200 № 2
Параметр		
Довжина, м	940	860
Встановлена потужність, кВт	384	531
Момент опору на валу ротора двигуна № 1	1435	1980
Момент опору на валу ротора двигуна № 2	504	696
Коефіцієнт корисної дії електродвигуна № 1	0,886	0,894
Коефіцієнт корисної дії електродвигуна № 2	0,563	0,691
Коефіцієнт корисної дії електричної частини приводного блоку	0,802	0,841
Окружне тягове зусилля розрахункового режиму, кН	115120	158920
Тягове зусилля холостого ходу, кН	20530	31180
Коефіцієнт корисної дії конвеєра	0,595	0,610
Питомі енерговитрати на транспортування сипкого вантажу, кВт·год./((т·км)	0,63	0,93
	0,77	

