

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Механіко-технологічний факультет

Кафедра матеріалознавства та ливарного виробництва

«Допущено до захисту»

Зав. кафедрою МЛВ

к.т.н. доцент

Олександр КУЗИК

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2026 року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за першим (бакалаврським) рівнем  
вищої освіти

на тему

**«Розробка та розрахунків стрічкового конвеєра з  
підвищеною продуктивністю для транспортування  
формувань сумішей у ливарному цеху»**

«Development and calculation of a belt conveyor with increased  
productivity for transporting molding mixtures in the foundry»

**Виконав здобувач вищої освіти:**

IV курсу, групи ПМ-22-1

«Комп'ютерний інжиніринг технологій,  
робототехніка і 3D друк»  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

\_\_\_\_\_ Гаршанов І.С.

**Керівник роботи:**

к.т.н. доцент \_\_\_\_\_ Олександр КУЗИК

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра матеріалознавства та ливарного виробництва  
Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ перший (бакалаврський) \_\_\_\_\_  
Галузь знань 13 Механічна інженерія \_\_\_\_\_  
Спеціальність 131 "Прикладна механіка" \_\_\_\_\_  
Освітньо-професійна програма «Комп'ютерний інжиніринг технологій,  
робототехніка і 3D друк»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувача кафедри \_\_\_\_\_

к.т.н. доцент, Олександр КУЗИК

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2026 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ  
(БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ  
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

**Гаршанов Ігор Станіславович**

1. Тема роботи: "Розробка та розрахунок стрічкового конвеєра з підвищеною продуктивністю для транспортування формувальних сумішей у ливарному цеху"
2. Керівник роботи Кузик Олександр Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри матеріалознавства та ливарного виробництва. Затверджена наказом вищого навчального закладу від "13" березня 2026 року № 167-02.
3. Строк подання роботи до захисту "15" червня 2026 року.
4. Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка та проектний розрахунок стрічкового конвеєра для транспортування формувальних сумішей у ливарному цеху з обґрунтуванням раціональних конструктивних і експлуатаційних параметрів.  
Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:
  - виконати аналіз існуючих конструкцій стрічкових конвеєрів та особливостей їх використання у ливарному виробництві;
  - обґрунтувати вихідні дані для проектування конвеєра;
  - визначити основні параметри транспортної системи, зокрема швидкість руху стрічки, її ширину та продуктивність;
  - виконати тяговий розрахунок конвеєра та визначити необхідну потужність приводу;
  - здійснити вибір основних елементів приводу та допоміжних вузлів конвеєра;
  - обґрунтувати раціональні параметри конвеєра з позицій продуктивності та енергоефективності.
5. Перелік графічного матеріалу:
  - загальна схема конвеєра;
  - розрахункова схема для тягового розрахунку;
  - складальне креслення приводної станції;
  - графіки обґрунтування параметрів.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів

| Розділ   | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|----------|---|----------------|------------------|
|          |   | завдання видав | завдання прийняв |
| Розділ 1 | доц., Олександр КУЗИК                     |                |                  |
| Розділ 2 | доц., Олександр КУЗИК                     |                |                  |
| Розділ 3 | доц., Олександр КУЗИК                     |                |                  |

*КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН*

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                    | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|-------------------------------|----------|
| 1     | Розділ 1   | 10.04.2026                    |          |
| 2     | Розділ 2   | 30.04.2026                    |          |
| 3     | Розділ 3   | 20.05.2026                    |          |
| 4     | Оформлення пояснювальної записки та презентації роботи | 12.06.2026                    |          |

Дата видачі завдання

«16» 03 2026 року

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ Олександр КУЗИК

Завдання прийнято до виконання

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 року

\_\_\_\_\_ Ігор Гаршанов

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційну роботу за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти виконав здобувач вищої освіти Гаршанов Ігор Станіславович студент IV курсу, групи ПМ-22-1, ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D друк» спеціальності 131 Прикладна механіка на тему " Розробка та розрахунок стрічкового конвеєра з підвищеною продуктивністю для транспортування формувальних сумішей у ливарному цеху ", ЦНТУ, 2026. 56 с.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання механізації транспортно-технологічних процесів ливарного виробництва. Проведено аналіз існуючих конструкцій стрічкових конвеєрів, їх конструктивних особливостей, переваг та сфер застосування у виробничих умовах. Розглянуто основні типи стрічкових конвеєрів та особливості їх використання для транспортування сипких матеріалів.

Виконано проектний розрахунок стрічкового конвеєра для транспортування формувальної суміші в умовах ливарного цеху. Визначено основні параметри транспортної системи, зокрема швидкість руху стрічки, площу поперечного перерізу матеріалу на стрічці, ширину конвеєрної стрічки, продуктивність конвеєра, тягове зусилля та потужність привода. Здійснено вибір електродвигуна, редуктора, приводного барабана, натяжного пристрою та інших конструктивних елементів конвеєра.

Виконано обґрунтування раціональних параметрів конвеєра на основі аналізу залежностей питомих енерговитрат від ширини стрічки та швидкості її руху, а також залежності продуктивності конвеєра від ширини стрічки. За результатами аналізу встановлено, що прийняті параметри забезпечують необхідну продуктивність транспортування формувальної суміші при достатньо високій енергоефективності обладнання.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів під час проектування та модернізації транспортних систем ливарних цехів.

**Ключові слова:** стрічковий конвеєр, формувальна суміш, ливарне виробництво, продуктивність, тяговий розрахунок, потужність приводу, конвеєрна стрічка, енергоефективність.

## **ABSTRACT**

The bachelor's qualification thesis is devoted to the development and design calculation of a high-performance belt conveyor intended for transporting molding sand mixtures in a foundry shop.

The paper analyzes existing belt conveyor designs, their structural features, operating principles, advantages, and areas of application in industrial production. Special attention is paid to the use of belt conveyors for handling bulk materials in foundry engineering.

A design calculation of a belt conveyor for transporting molding sand mixtures has been carried out. The main parameters of the transport system have been determined, including belt speed, cross-sectional area of the transported material, belt width, conveyor capacity, traction force, and drive power. The selection of the electric motor, gearbox, drive drum, tensioning device, and auxiliary conveyor components has been performed.

The rational parameters of the conveyor have been substantiated on the basis of analyzing the influence of belt width and belt speed on specific energy consumption, as well as the effect of belt width on conveyor capacity. The obtained results confirm that the selected design parameters ensure the required transportation capacity while maintaining a satisfactory level of energy efficiency and operational reliability.

The practical significance of the work lies in the possibility of using the obtained results for the design and modernization of conveyor systems employed in foundry shops and other industries dealing with bulk material transportation.

**Keywords:** belt conveyor, molding sand mixture, foundry engineering, conveyor capacity, traction calculation, drive power, conveyor belt, energy efficiency, bulk materials transportation.

## ЗМІСТ

|   | стор. |
|---|-------|
| Вступ.....  | 7     |
| РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ.....      | 9     |
| 1.1 Загальні відомості та конструктивні особливості стрічкових конвеєрів...   | 9     |
| 1.2 Види стрічкових конвеєрів.....  | 13    |
| Висновки до розділу 1.....  | 22    |
| РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТНИЙ РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА.....                      | 23    |
| 2.1 Вихідні дані для проектування.....  | 24    |
| 2.2 Вибір швидкості руху стрічки.....   | 26    |
| 2.3 Визначення площі поперечного перерізу формувальної суміші на стрічці..... | 27    |
| 2.4 Вибір ширини конвеєрної стрічки.....                                      | 28    |
| 2.5 Розрахунок продуктивності конвеєра.....                                   | 30    |
| 2.6 Тяговий розрахунок стрічкового конвеєра.....                              | 31    |
| 2.7 Визначення потужності приводу.....  | 32    |
| 2.8 Вибір електродвигуна та редуктора.....                                    | 34    |
| 2.9 Розрахунок приводного барабана та натяжного пристрою.....                 | 35    |
| 2.10 Вибір допоміжних елементів конвеєра.....                                 | 36    |
| Висновки до розділу 2.....  | 38    |
| РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ КОНВЕЄРА.....                 | 39    |
| Висновки до розділу 3.....  | 47    |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....  | 49    |
| Список використаних джерел.....   | 51    |
| Додатки.....  | 53    |

## ВСТУП

Сучасне ливарне виробництво характеризується високим рівнем механізації та автоматизації технологічних процесів. Одним із важливих завдань є забезпечення безперервного транспортування формувальних сумішей між окремими виробничими дільницями. Від ефективності роботи транспортного обладнання значною мірою залежать продуктивність ливарного цеху, стабільність технологічного процесу, якість виготовлення виливків та собівартість продукції.

Серед різноманітних засобів безперервного транспорту найбільшого поширення набули стрічкові конвеєри, які відрізняються простотою конструкції, надійністю, високою продуктивністю та відносно низькими експлуатаційними витратами. Особливо актуальним є їх застосування для транспортування сипких матеріалів, зокрема формувальних сумішей на кварцовій основі.

В умовах сучасних ливарних підприємств постійно зростають вимоги до продуктивності транспортних систем, зниження енерговитрат та підвищення надійності обладнання. Тому удосконалення конструкції стрічкових конвеєрів і обґрунтування їх раціональних параметрів є актуальним інженерним завданням.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка та проектний розрахунок стрічкового конвеєра для транспортування формувальних сумішей у ливарному цеху з обґрунтуванням раціональних конструктивних і експлуатаційних параметрів.

Об'єктом дослідження є процес транспортування формувальної суміші засобами безперервного транспорту в умовах ливарного виробництва.

Предметом дослідження є конструктивні та експлуатаційні параметри стрічкового конвеєра, що впливають на його продуктивність та енергоефективність.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- виконати аналіз існуючих конструкцій стрічкових конвеєрів та особливостей їх використання у ливарному виробництві;
- обґрунтувати вихідні дані для проектування конвеєра;

- визначити основні параметри транспортної системи, зокрема швидкість руху стрічки, її ширину та продуктивність;
- виконати тяговий розрахунок конвеєра та визначити необхідну потужність приводу;
- здійснити вибір основних елементів приводу та допоміжних вузлів конвеєра;
- обґрунтувати раціональні параметри конвеєра з позицій продуктивності та енергоефективності.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні конструкції стрічкового конвеєра для транспортування формувальних сумішей у ливарному цеху, параметри якого можуть бути використані під час модернізації існуючих або проектування нових транспортних систем ливарних підприємств. Запропоновані технічні рішення забезпечують необхідну продуктивність, надійність роботи та економічність експлуатації обладнання.

# РОЗДІЛ 1

## ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ

### 1.1 Загальні відомості та конструктивні особливості стрічкових конвеєрів

У сучасному ливарному виробництві значна увага приділяється механізації транспортно-технологічних операцій, зокрема переміщенню формувальних сумішей між окремими виробничими дільницями. Для виконання таких завдань широкого застосування набули стрічкові конвеєри, які забезпечують безперервне транспортування сипких матеріалів у горизонтальному, похилому або комбінованому напрямках.

Стрічкові конвеєри використовуються для переміщення формувальних і стрижневих сумішей, кварцового піску, відпрацьованих формувальних матеріалів та інших сипких вантажів на різні відстані. Завдяки універсальності конструкції транспортні траси можуть містити прямолінійні горизонтальні та похилі ділянки, що дозволяє ефективно інтегрувати обладнання в існуючі виробничі потоки ливарного цеху.

Однією з основних переваг стрічкових конвеєрів є можливість забезпечення високої продуктивності при відносно невеликих енерговитратах. Пропускна здатність обладнання визначається шириною стрічки, швидкістю її руху та характеристиками транспортованого матеріалу. Залежно від конструктивного виконання продуктивність може змінюватися від декількох тон до сотень і навіть тисяч тон матеріалу за годину.

Довжина транспортування обмежується міцністю стрічки та потужністю приводу. У випадку необхідності переміщення матеріалів на значні відстані застосовуються транспортні лінії, які складаються з кількох послідовно встановлених конвеєрів, об'єднаних у єдину систему безперервного транспортування.

Серед основних переваг стрічкових конвеєрів слід відзначити високу продуктивність, простоту конструкції, надійність в експлуатації, довговічність та можливість автоматизації процесу транспортування. Крім того, такі конвеєри характеризуються плавністю руху вантажу, що сприяє зменшенню втрат матеріалу та збереженню його технологічних властивостей.

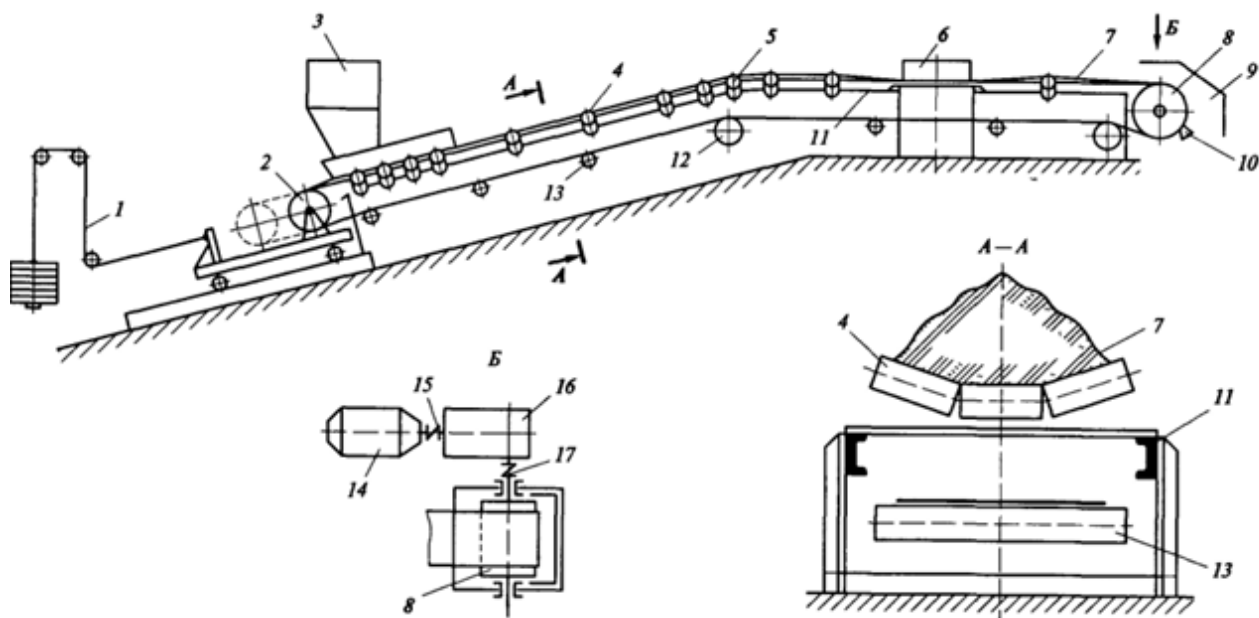
Разом із перевагами стрічкові конвеєри мають певні обмеження. Значну частку вартості обладнання становлять конвеєрна стрічка та роликові опори, які піддаються інтенсивному зношуванню в процесі роботи. Для ливарного виробництва особливого значення набуває необхідність захисту механізмів від абразивного впливу кварцового піску та пилу. Основним робочим органом стрічкового конвеєра є безкінечна гнучка стрічка, яка одночасно виконує функції тягового та вантажонесучого елемента. Верхня гілка стрічки призначена для переміщення формувальної суміші, тоді як нижня повертається у вихідне положення після розвантаження. Для підтримання стрічки використовуються роликові опори, які зменшують опір руху та забезпечують необхідну форму поперечного перерізу вантажної гілки.

Приведення стрічки в рух здійснюється за допомогою привідного барабана, який отримує обертання від електродвигуна через систему передач. Необхідне натягнення стрічки створюється спеціальним натяжним пристроєм, що забезпечує стабільну роботу конвеєра та надійне зчеплення стрічки з приводним барабаном.

Подача формувальної суміші на стрічку виконується через завантажувальний пристрій або бункер, розташований у хвостовій частині конвеєра. Після транспортування матеріал розвантажується через головний барабан або спеціальні розвантажувальні пристрої та спрямовується до наступної технологічної операції.

У зв'язку зі зростанням вимог до продуктивності ливарних цехів особливо актуальним є вдосконалення конструкцій стрічкових конвеєрів, спрямоване на підвищення їх пропускної здатності, зниження енерговитрат та покращення надійності роботи в умовах інтенсивного абразивного зношування.

Завантаження формувальної суміші на стрічку здійснюється через приймальну воронку, розташовану в хвостовій частині конвеєра поблизу натяжного барабана (рис. 1.1). Така конструкція забезпечує рівномірне надходження матеріалу на робочу гілку стрічки та сприяє стабільності транспортного процесу.



1 – натяжний механізм; 2 – барабан натяжної станції; 3 – завантажувальний бункер для подачі формувальної суміші; 4, 13 – роликові опори; 5 – роликова батарея; 6 – пристрій проміжного розвантаження; 7 – гумотканинна стрічка; 8 – приводний барабан; 9 – розвантажувальна секція; 10 – пристрій очищення стрічки; 11 – металева конструкція конвеєра; 12 – напрямний барабан; 14 – електродвигун привода; 15, 17 – пружні муфти; 16 – циліндричний редуктор.

Рисунок 1.1 – Загальна будова стрічкового конвеєра для транспортування сипких матеріалів

Як видно з конструктивної схеми стрічкового конвеєра (рис. 1.1), розвантаження матеріалу може здійснюватися як у кінцевій точці транспортної траси, так і на проміжних ділянках. Кінцеве розвантаження відбувається під час огинання стрічкою приводного барабана, внаслідок чого формувальна суміш під дією власної ваги сходить зі стрічки та надходить до приймального пристрою.

Для проміжного розвантаження застосовують пересувні розвантажувальні візки або плужкові скидачі, що дозволяють спрямовувати матеріал до різних бункерів чи виробничих ділянок. Подібне технічне рішення є особливо

ефективним у ливарних цехах, де одна транспортна система може обслуговувати декілька технологічних постів одночасно.

Напрямок руху потоку формувальної суміші після сходження зі стрічки забезпечується спеціальним розвантажувальним коробом із однією або кількома воронками (рис. 1.1). Наявність такого пристрою дозволяє мінімізувати втрати матеріалу та забезпечити його точне надходження до необхідного технологічного обладнання.

Для забезпечення стабільної роботи стрічкового конвеєра та запобігання налипанню формувальної суміші на робочу поверхню стрічки передбачаються спеціальні очисні пристрої (рис. 1.1). Найчастіше для очищення використовують обертові щіткові механізми або нерухомі скребки, встановлені поблизу приводного барабана на ділянці сходу матеріалу зі стрічки. Для абразивних і дрібнодисперсних формувальних сумішей наявність очисного обладнання є обов'язковою умовою, оскільки залишки матеріалу на стрічці прискорюють зношування роликів опор і спричиняють розсипання суміші. Привід стрічкового конвеєра, конструктивна схема якого наведена на рис. 1.1, включає приводний барабан, електродвигун, редуктор та з'єднувальні муфти. Електродвигун створює обертальний рух, який через редуктор передається на приводний барабан, забезпечуючи переміщення стрічки разом із формувальною сумішшю. Використання редуктора дозволяє узгодити частоту обертання двигуна з необхідною швидкістю руху стрічки та підвищити тягові можливості приводу. На ділянках зміни напрямку руху стрічки встановлюють роликіві батареї або відхильні барабани (рис. 1.1). Роликіві батареї забезпечують плавний перегин стрічки та зменшують додаткові напруження в її матеріалі, тоді як відхильні барабани застосовують для зміни траєкторії стрічки або збільшення кута обхвату приводного барабана. Такі конструктивні рішення сприяють підвищенню надійності роботи конвеєра та стабільності транспортування формувальних сумішей у виробничих умовах ливарного цеху.

Усі вузли стрічкового конвеєра монтуються на металевій рамі (рис. 1.1), яка встановлюється на фундамент або закріплюється до несучих конструкцій будівлі. Частина конструкції, що містить приводний механізм і

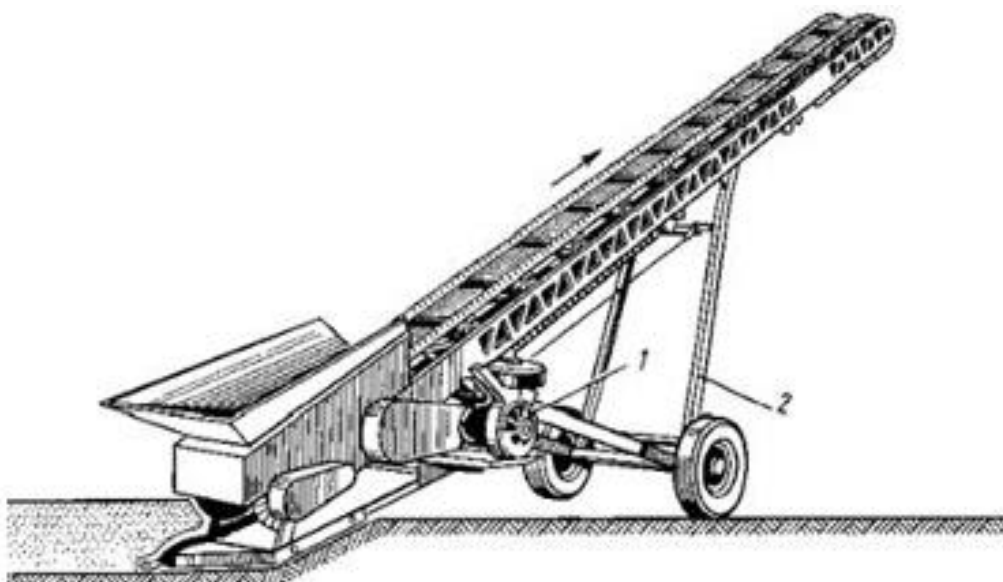
розвантажувальний пристрій, називається приводною станцією. Вузол із натяжним пристроєм та завантажувальною воронкою утворює натяжну станцію. Між ними розташовуються секції середньої частини конвеєра, які з'єднуються між собою болтовими з'єднаннями.

Для транспортування формувальних сумішей переважно використовують жолобчасті роликові опори, які надають стрічці відповідної форми (рис. 1.1). Це дозволяє значно збільшити об'єм матеріалу, що переміщується, та підвищити продуктивність конвеєра без збільшення ширини стрічки.

## 1.2 Види стрічкових конвеєрів

Пересувні та переносні стрічкові конвеєри застосовуються для виконання навантажувально-розвантажувальних операцій і транспортування сипких матеріалів.

Пересувний стрічковий конвеєр (рис. 1.2) за конструкцією подібний до стаціонарного, але додатково обладнується колісним ходом та механізмом регулювання кута нахилу. Це забезпечує можливість швидкого переміщення конвеєра між робочими зонами та подачі матеріалу на різні рівні розвантаження.



1 – механізм регулювання кута нахилу конвеєра; 2 – колісний хід для переміщення конвеєра.

Рисунок 1.2 – Пересувний стрічковий конвеєр для транспортування сипких матеріалів

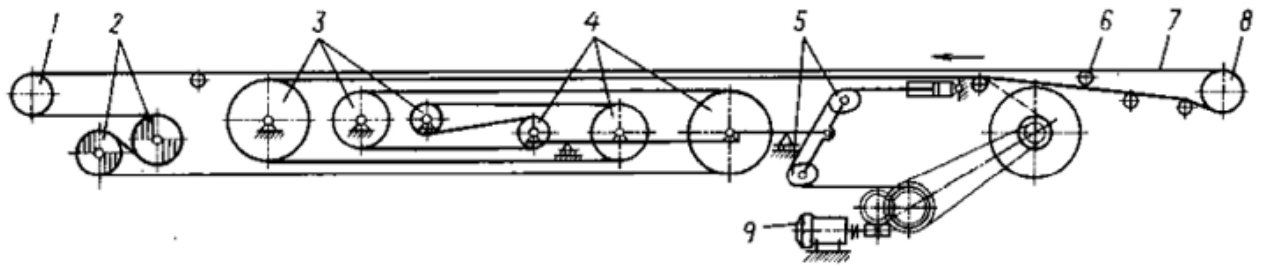
Переносні конвеєри відрізняються компактними розмірами, невеликою масою та відсутністю колісного ходу і механізму зміни кута нахилу. Завдяки цьому вони можуть легко транспортуватися вручну та використовуватися для допоміжних робіт.

У конструкціях таких конвеєрів застосовують гумотканинні стрічки з гладкою або рифленою поверхнею, жолобчасті роликоопори, гвинтові натяжні пристрої та приводи на базі мотор-барабанів або електродвигунів із редукторами. Несучі конструкції зазвичай виготовляють зі сталевих профілів або трубчастих елементів.

Основним недоліком пересувних і переносних стрічкових конвеєрів є необхідність ручного завантаження матеріалу. Для усунення цього недоліку сучасні конструкції обладнують механізованими завантажувальними пристроями з електроприводом або використовують у комплексі з навантажувальними машинами, що підвищує продуктивність транспортних операцій.

**Телескопічні конвеєри.** Телескопічними називають стрічкові конвеєри, конструкція яких дозволяє змінювати довжину транспортування без зміни загальної довжини замкненої стрічки. Регулювання довжини здійснюється шляхом переміщення натяжного та відхильних барабанів, що дає можливість адаптувати транспортну систему до змінних виробничих умов.

Конструкція телескопічного конвеєра (рис. 1.3) включає кінцеві барабани, привідний механізм, систему рухомих і нерухомих відхильних барабанів, натяжний пристрій, роликові опори та нескінченну конвеєрну стрічку. Зміна довжини конвеєра здійснюється за допомогою спеціального привода, який переміщує рухому секцію разом із барабанами та натяжним механізмом.



1 – передній кінцевий барабан; 2 – нерухомі відхильні барабани; 3 – рухомі барабани телескопічного механізму; 4 – блоки натяжного пристрою; 5 – натяжні ролики (блоки канатної системи); 6 – роликоопори стрічки; 7 – конвеєрна стрічка; 8 – задній кінцевий барабан; 9 – привод телескопічного механізму.

Рисунок 1.3 – Конструктивна схема телескопічного стрічкового конвеєра

Телескопічні конвеєри широко використовуються у виробництвах, де необхідно періодично змінювати відстань транспортування матеріалу. Їх застосування дозволяє підвищити гнучкість транспортних систем та скоротити витрати часу на переміщення обладнання.

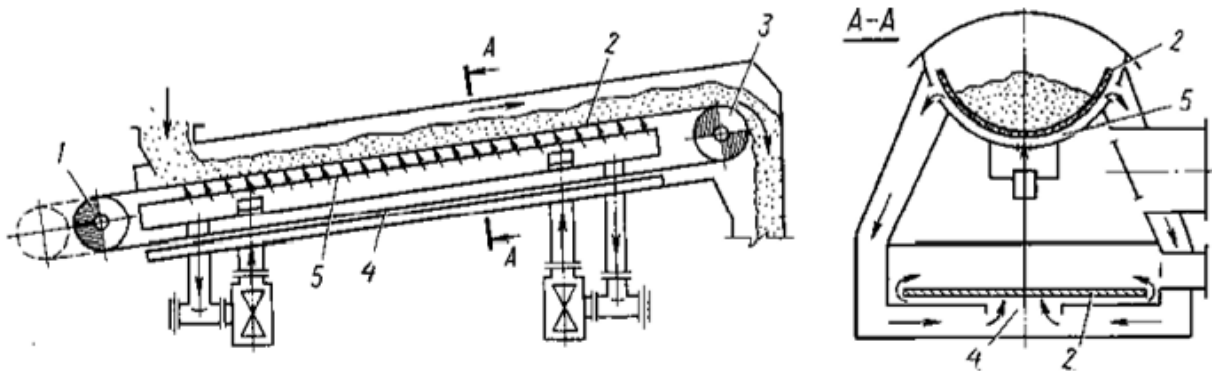
**Конвеєри з безконтактною опорою стрічки.** Одним із перспективних напрямів розвитку транспортного обладнання є створення стрічкових конвеєрів із безконтактною опорою стрічки. У таких конструкціях стрічка підтримується повітряною подушкою або іншими спеціальними пристроями, що значно зменшує контакт між стрічкою та опорними елементами.

Використання безконтактної опори дозволяє знизити опір руху стрічки, зменшити енерговитрати та підвищити довговічність основних вузлів конвеєра. Крім того, скорочується зношування стрічки та роликоопор, зменшується рівень шуму під час роботи обладнання.

Подальше збільшення продуктивності та довжини стрічкових конвеєрів значною мірою обмежується технічними можливостями традиційних конструкцій. Тому впровадження безконтактних систем підтримки стрічки розглядається як один із перспективних шляхів підвищення ефективності конвеєрного транспорту, зокрема для переміщення формувальних сумішей у ливарних цехах.

У традиційних стрічкових конвеєрах стрічка по всій довжині траси спирається на роликоопори. Зі збільшенням ширини стрічки зростає кількість роликів, що призводить до збільшення маси та вартості конструкції. Крім того, при високих швидкостях руху стрічки необхідно забезпечувати підвищену точність виготовлення та балансування роликів.

Одним із перспективних напрямів удосконалення стрічкових конвеєрів є зменшення втрат енергії на переміщення стрічки шляхом відмови від традиційних роликоопор. Для цього використовують конвеєри з безконтактною опорою стрічки, у яких підтримання робочої гілки здійснюється за рахунок надлишкового тиску повітря. Утворення повітряного прошарку між стрічкою та опорною поверхнею сприяє зменшенню сил тертя, підвищенню довговічності обладнання та зниженню експлуатаційних витрат.



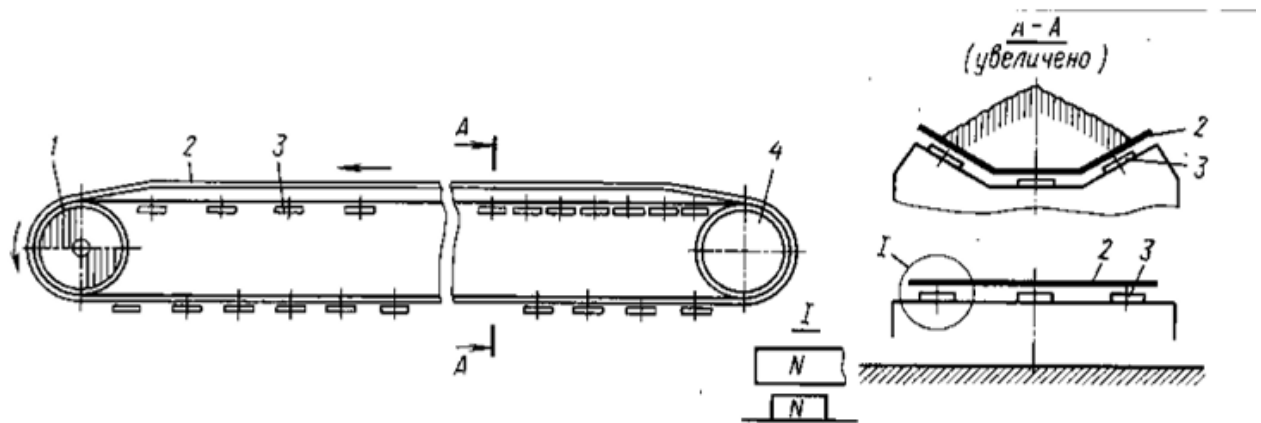
- 1 – натяжний барабан; 2 – конвеєрна стрічка; 3 – приводний барабан;  
4 – повітряна камера; 5 – система подачі повітря.

Рисунок 1.4 – Стрічковий конвеєр на повітряній подушці

У даній конструкції стрічка переміщується над шаром повітря, що подається в спеціальну камеру під робочою гілкою. Внаслідок цього суттєво зменшуються втрати на тертя та зношування елементів конвеєра. Такі транспортні системи доцільно застосовувати на підприємствах, де необхідне транспортування сипких матеріалів на значні відстані при підвищених вимогах до енергоефективності обладнання.

Подальшим розвитком безконтактних транспортних систем є стрічкові конвеєри з магнітною підвіскою стрічки. У таких конструкціях підтримання стрічки здійснюється за рахунок сил магнітного поля, що дозволяє практично

повністю усунути механічний контакт між рухомими та нерухомими елементами транспортної системи.



- 1 – приводний барабан; 2 – конвеєрна стрічка; 3 – напрямний жолоб;  
4 – натяжний барабан; 5 – система магнітної підвіски

Рисунок 1.5 – Стрічковий конвеєр з магнітною безконтактною опорою стрічки

Підтримання стрічки здійснюється магнітним полем, яке створюється системою постійних магнітів або електромагнітів. Використання магнітної підвіски забезпечує зменшення опору руху, підвищення швидкості транспортування та збільшення ресурсу роботи обладнання. Незважаючи на складність конструкції, конвеєри такого типу вважаються перспективними для створення високопродуктивних транспортних систем нового покоління.

**Конвеєри підвищеної продуктивності.** Одним із головних напрямів удосконалення стрічкових конвеєрів є підвищення їх продуктивності. При незмінній ширині стрічки цього можна досягти не лише збільшенням швидкості її руху, а й підвищенням місткості вантажонесучої гілки за рахунок збільшення площі поперечного перерізу транспортованого матеріалу.

Найбільш поширеними способами підвищення продуктивності є збільшення кута жолобчастості стрічки та використання стрічок із гофрованими бортами. Зі збільшенням кута нахилу бічних роликів жолобчастої роликіві опори до  $45\text{--}50^\circ$  суттєво зростає об'єм матеріалу, що транспортується (рис. 1.6). При цьому продуктивність конвеєра може збільшуватися приблизно на 30 % без зміни ширини та швидкості стрічки.

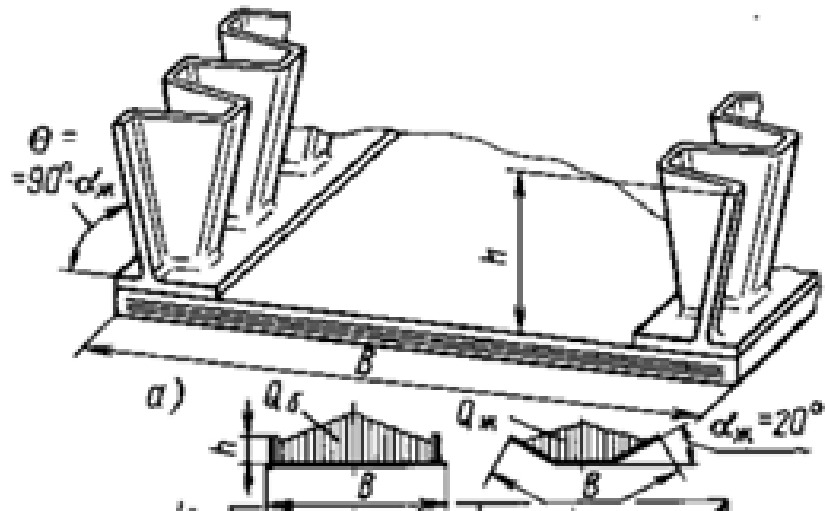


Рисунок 1.6 – Стрічка з бортовими обмежувачами для транспортування сипких матеріалів

Ще більшого підвищення продуктивності досягають завдяки застосуванню стрічок із гофрованими бортами. Уздовж країв такої стрічки закріплюють еластичні гумові борти висотою від 50 до 300 мм, які запобігають висипанню матеріалу під час транспортування. Гофрована форма бортів забезпечує їхню гнучкість і не перешкоджає огинанню стрічкою барабанів малого діаметра. Такі конструкції особливо ефективні при транспортуванні сипких формувальних сумішей у ливарному виробництві.

Використання стрічок із гофрованими бортами на прямих роlikоопорах забезпечує збільшення продуктивності конвеєра у 1,5...2,5 раза порівняно з традиційними стрічками, що працюють на жолобчастих роlikових опорах. Це досягається завдяки суттєвому збільшенню об'єму матеріалу, який може транспортуватися без його втрат.

Найбільша ефективність застосування бортових стрічок досягається при ширині стрічки від 400 до 1200 мм. При подальшому збільшенні ширини їх вплив на зростання площі поперечного перерізу вантажу поступово зменшується. Для забезпечення нормальної роботи конвеєра борти встановлюють під кутом до площини стрічки таким чином, щоб під час проходження жолобчастих роlikоопор вони займали вертикальне положення та надійно утримували формувальну суміш на робочій гілці стрічки (рис. 1.6).

Конвеєри зі стрічками, обладнаними гофрованими бортами, за своєю будовою практично не відрізняються від традиційних стрічкових конвеєрів (рис. 1.5). Робоча гілка стрічки спирається на прямі або жолобчасті роликоопори, тоді як зворотна гілка підтримується прямими чи дисковими опорами. Для видалення залишків формувальної суміші зі стрічки та бортів використовують щіткові очисні пристрої. У разі транспортування матеріалу під значними кутами нахилу стрічку додатково оснащують поперечними перегородками, які запобігають сповзанню вантажу та збільшують її вантажоутримувальну здатність.

**Конвеєри зі збільшеним кутом нахилу.** Застосування конвеєрів зі збільшеним кутом нахилу дає змогу скоротити довжину транспортної траси та зменшити виробничі площі, необхідні для розміщення обладнання. Такі конвеєри особливо ефективні при подачі формувальних сумішей на вищі технологічні рівні або між окремими дільницями ливарного цеху.

Підвищення допустимого кута нахилу забезпечується збільшенням сил зчеплення між матеріалом і стрічкою. Для цього використовують стрічки з профільованою поверхнею, гофрованими бортами та перегородками, а також роликоопори спеціальної конструкції, які формують глибокий жолобчастий профіль стрічки та покращують утримання транспортованого матеріалу (рис. 1.7).

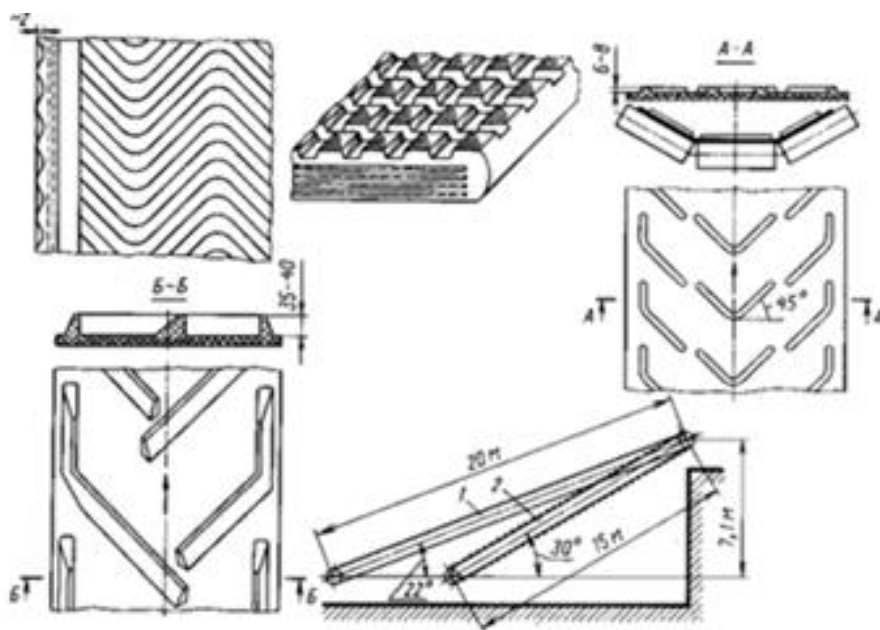


Рисунок 1.7 – Типи конвеєрних стрічок, призначених для транспортування формувальних сумішей на підвищених кутах нахилу

Для забезпечення транспортування матеріалів під великими кутами нахилу стрічку додатково обладнують поперечними перегородками, які утримують вантаж від зсуву. Крім того, застосовують спеціальні конструкції крутонахильних конвеєрів, зокрема двострічкові системи з притискною стрічкою та трубчасті конвеєри, у яких стрічка за допомогою роликів напрямних набуває трубчастої форми.

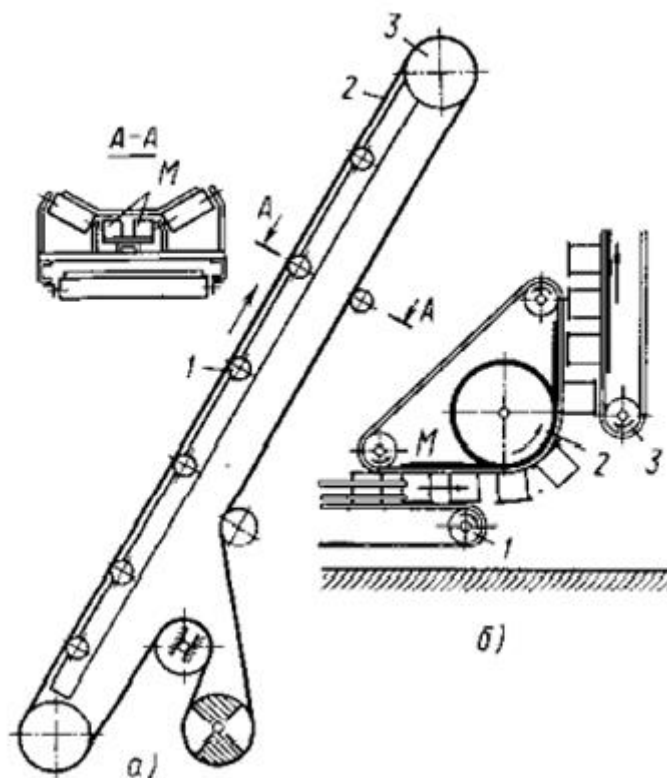
Для підвищення зчеплення транспортованого матеріалу зі стрічкою її робочу поверхню виконують рифленою або профільованою. Форма та розташування виступів підбираються залежно від властивостей вантажу та умов експлуатації. Під час транспортування сипких матеріалів, зокрема формувальних сумішей, найбільшого поширення набули стрічки з рифлями, які забезпечують надійне утримання матеріалу на похилих ділянках траси та підвищують ефективність роботи конвеєра.

Перевагою рифлених стрічок є можливість їх використання на стандартних стрічкових конвеєрах без суттєвих змін конструкції обладнання. Завдяки профільованій поверхні забезпечується надійніше утримання формувальної суміші на похилих ділянках транспортної траси (рис. 1.7).

Очищення рифленої стрічки від налиплих частинок матеріалу здійснюється за допомогою обертових щіток або систем гідравлічного очищення. З'єднання кінців стрічки виконується методами гарячої чи холодної вулканізації із застосуванням спеціальних технологічних вставок, що враховують профіль рифлень. Виготовлення таких стрічок здійснюється у спеціальних прес-формах, які забезпечують формування необхідного рельєфу робочої поверхні.

Для транспортування феромагнітних сипких і штучних матеріалів під великими кутами нахилу застосовують спеціальні стрічкові конвеєри з магнітною підтримкою вантажу. У таких конструкціях під вантажною гілкою стрічки розміщують секції постійних магнітів, які створюють додаткову силу притягання матеріалу до стрічки (рис. 1.8). Це дозволяє здійснювати переміщення вантажів під кутами  $45\text{--}60^\circ$  без їх скочування або осипання.

Перевагою даної конструкції є можливість використання стандартної конвеєрної стрічки та типового обладнання без суттєвого ускладнення конструкції конвеєра.



а – загальна схема конвеєра; б – вузол передачі вантажу між горизонтальною та вертикальною ділянками транспортної системи: 1 – горизонтальний конвеєр; 2 – передавальний пристрій; 3 – вертикальний конвеєр; М – магнітна система утримання матеріалу.

Рисунок 1.8 – Конструкція крутопохилого стрічкового конвеєра з магнітним утриманням транспортованого матеріалу

Принцип роботи такого конвеєра ґрунтується на створенні магнітного поля в зоні руху стрічки, завдяки чому феромагнітний матеріал надійно утримується на її поверхні під час транспортування по похилій або вертикальній ділянці (рис. 1.8). Це забезпечує стабільне переміщення вантажу без його осипання навіть при значних кутах нахилу траси.

Конвеєри даного типу можуть використовуватися як для підйому, так і для опускання матеріалу залежно від напрямку руху стрічки. Крім того, магнітне утримання дозволяє організувати автоматизовану передачу дрібних металевих

виробів або відходів між горизонтальними та вертикальними транспортними лініями без застосування додаткових перевантажувальних пристроїв (рис. 1.8).

При вертикальному транспортуванні феромагнітних матеріалів сила магнітного притягання повинна бути достатньою не лише для компенсації ваги вантажу, а й для запобігання його відриву від поверхні стрічки під час руху. Тому параметри магнітної системи підбирають таким чином, щоб забезпечити надійне утримання матеріалу на всій довжині транспортної траси.

## **Висновки до розділу 1**

У першому розділі кваліфікаційної роботи проведено аналіз існуючих конструкцій стрічкових конвеєрів та особливостей їх застосування в умовах промислового виробництва. Встановлено, що стрічкові конвеєри є найбільш поширеними засобами безперервного транспортування сипких матеріалів завдяки простоті конструкції, високій продуктивності, надійності та відносно низьким експлуатаційним витратам.

Розглянуто основні конструктивні різновиди стрічкових конвеєрів, зокрема стаціонарні, пересувні, телескопічні, крутопохилі та конвеєри зі спеціальними типами стрічок. Проаналізовано їх конструктивні особливості, переваги, недоліки та сфери практичного застосування.

Встановлено, що для транспортування формувальних сумішей у ливарних цехах найбільш доцільним є використання стаціонарних стрічкових конвеєрів із жолобчастою стрічкою та трироликівими роликоопорами. Таке конструктивне виконання забезпечує достатню продуктивність, надійність роботи та ефективне переміщення сипких матеріалів на необхідні відстані.

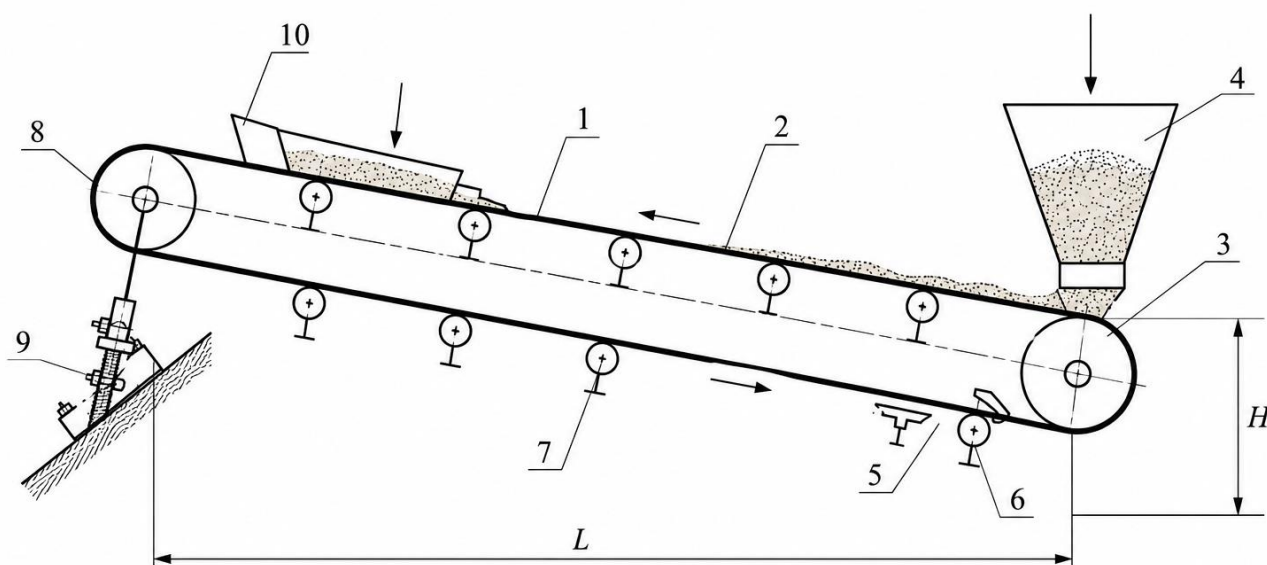
На підставі проведеного аналізу обґрунтовано вибір стрічкового конвеєра як об'єкта подальшого проєктування та розрахунку. Отримані результати стали основою для визначення вихідних даних і виконання проєктного розрахунку конвеєра, призначеного для транспортування формувальної суміші в умовах ливарного виробництва.

## РОЗДІЛ 2

### ПРОЄКТНИЙ РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

У даному розділі виконано проєктний розрахунок стрічкового конвеєра, призначеного для транспортування формувальної суміші в умовах ливарного цеху. Визначено основні конструктивні параметри транспортної системи, виконано тяговий розрахунок та здійснено вибір елементів привода.

Для виконання проєктного розрахунку стрічкового конвеєра прийнято розрахункову схему, наведену на рис. 2.1. Конвеєр призначений для транспортування формувальної суміші від змішувального обладнання до формувального відділення ливарного цеху. Схема відображає основні конструктивні елементи транспортної системи та геометричні параметри, необхідні для виконання подальших розрахунків.



1 – конвеєрна стрічка; 2 – верхні опорні ролики; 3 – приводний барабан;  
4 – бункер приймання формувальної суміші; 5 – пристрій очищення стрічки;  
6 – відхильний барабан; 7 – нижні опорні ролики; 8 – натяжний барабан;  
9 – натяжний пристрій; 10 – завантажувальний лоток для подачі формувальної суміші.

Рисунок 2.1 – Розрахункова схема стрічкового конвеєра для транспортування формувальної суміші

Конвеєр працює за таким принципом. Формувальна суміш надходить із завантажувального лотка 10 на робочу поверхню конвеєрної стрічки 1 та переміщується вздовж похилої траси до зони розвантаження. Рух стрічки забезпечується приводним барабаном 3, який отримує обертання від електромеханічного привода. Для підтримання робочої та холостої гілок стрічки використовуються верхні 2 та нижні 7 роликів опори.

Необхідний натяг стрічки створюється натяжним барабаном 8 та натяжним пристроєм 9, що забезпечує стабільну роботу конвеєра та надійне зчеплення стрічки з приводним барабаном. Очищення стрічки від залишків формувальної суміші здійснюється пристроєм 5, що дозволяє зменшити втрати матеріалу та запобігти його накопиченню на елементах конструкції.

Основними геометричними параметрами конвеєра є довжина транспортної траси  $L$ , висота підйому матеріалу  $H$  та кут нахилу  $\beta$ . Саме ці параметри використовуються під час визначення продуктивності, тягового зусилля, потужності привода та вибору основних конструктивних елементів конвеєра.

На основі розрахункової схеми, наведеної на рис. 2.1, та з урахуванням технологічних потреб формувального відділення ливарного цеху приймаються вихідні дані для подальшого проектного розрахунку стрічкового конвеєра.

## **2.1 Вихідні дані для проектування**

У ливарному виробництві транспортування формувальних сумішей між ділянкою їх приготування та формувальним відділенням здійснюється переважно засобами безперервного транспорту. Для забезпечення стабільної роботи технологічного обладнання необхідно застосовувати конвеєри, здатні забезпечити безперервну подачу матеріалу із заданою продуктивністю та мінімальними експлуатаційними витратами.

У даній кваліфікаційній роботі виконується проектування стрічкового конвеєра з підвищеною продуктивністю, призначеного для транспортування формувальної суміші на кварцовій основі в умовах ливарного цеху. Конвеєр

встановлюється між дільницею приготування суміші та формувальною лінією і забезпечує безперервну подачу матеріалу до місця його використання.

Вихідні дані для розрахунку прийнято з урахуванням виробничих умов сучасних ливарних підприємств та характеристик формувальних сумішей.

Вихідні дані для проектування стрічкового конвеєра прийнято на основі аналізу технологічного процесу підготовки та транспортування формувальних сумішей у ливарних цехах машинобудівних підприємств. При визначенні основних параметрів конвеєра враховувалися продуктивність формувального відділення, відстань транспортування суміші між технологічними дільницями, а також особливості компоновки виробничого обладнання.

Продуктивність конвеєра прийнята на рівні 80 т/год, що відповідає потребам середнього ливарного цеху та забезпечує безперервне постачання формувальної суміші до формувальних машин. Довжина транспортної траси становить 22 м і визначається відстанню між змішувальним обладнанням та формувальною дільницею. Висота підйому матеріалу прийнята рівною 2,5 м відповідно до прийнятого розташування технологічного обладнання. Формувальна суміш розглядається як сипкий матеріал із насипною густиною  $\rho = 1,6 \text{ т/м}^3$ . Для забезпечення стабільного транспортування та мінімізації пиловиділення швидкість руху стрічки прийнята рівною 1,6 м/с. Основні вихідні дані наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для проектування стрічкового конвеєра

| Найменування параметра                                 | Позначення | Значення                              |
|--|------------|---------------------------------------|
| Продуктивність конвеєра, т/год                         | П          | 80                                    |
| Довжина конвеєра, м                                    | L          | 22                                    |
| Висота підйому матеріалу, м                            | H          | 2,5                                   |
| Насипна густина формувальної суміші, кг/м <sup>3</sup> | $\rho$     | 1600                                  |
| Швидкість руху стрічки, м/с                            | v          | 1,6                                   |
| Кут жолобчастості роликів опор                         | $\alpha$   | 35°                                   |
| Режим роботи   | –          | двозмінний                            |
| Тип вантажу  | –          | формувальна суміш на кварцовій основі |

Формувальна суміш належить до сипких абразивних матеріалів, тому при проектуванні необхідно враховувати інтенсивне зношування робочих поверхонь стрічки та роликів опор. Для забезпечення необхідної продуктивності

приймається жолобчаста схема розташування роликоопор, що дозволяє збільшити площу поперечного перерізу матеріалу на стрічці та підвищити ефективність транспортування.

На основі наведених вихідних даних у подальших підрозділах буде виконано розрахунок основних параметрів конвеєра, визначено ширину стрічки, тягове зусилля, потужність приводу та обрано основні елементи конструкції.

## **2.2 Вибір швидкості руху стрічки**

Швидкість руху стрічки є одним із найважливіших параметрів стрічкового конвеєра, оскільки безпосередньо впливає на його продуктивність, енергоспоживання, довговічність елементів конструкції та умови транспортування матеріалу. Правильний вибір швидкості дозволяє забезпечити необхідну продуктивність при мінімальному зношуванні стрічки та роликоопор.

При транспортуванні формувальних сумішей необхідно враховувати їх абразивні властивості та схильність до пиловиділення. Надмірне збільшення швидкості руху стрічки призводить до інтенсивнішого зношування конвеєрної стрічки, роликоопор і барабанів, а також до збільшення втрат матеріалу внаслідок його розсипання. Крім того, при високих швидкостях значно підвищується запиленість виробничого приміщення, що негативно впливає на умови праці персоналу та роботу технологічного обладнання.

З іншого боку, занадто низька швидкість руху стрічки потребує збільшення її ширини для забезпечення заданої продуктивності, що призводить до зростання габаритів і вартості конвеєра. Тому швидкість стрічки повинна бути обрана таким чином, щоб забезпечити раціональне співвідношення між продуктивністю, надійністю та економічністю роботи транспортної системи.

Згідно з рекомендаціями щодо проектування стрічкових конвеєрів для транспортування сипких матеріалів середньої абразивності швидкість руху стрічки зазвичай знаходиться в межах від 1,0 до 2,5 м/с. Для формувальних сумішей ливарного виробництва найбільш доцільним є використання швидкостей від 1,2 до 1,8 м/с.

З урахуванням необхідної продуктивності конвеєра, властивостей формувальної суміші та умов експлуатації в ливарному цеху приймаємо швидкість руху стрічки:

$$v = 1,6 \text{ м/с.} \quad (2.1)$$

Обране значення забезпечує безперервне транспортування формувальної суміші з продуктивністю 80 т/год, не викликає надмірного зношування елементів конвеєра та відповідає рекомендованим значенням для даного виду матеріалу.

Прийнята швидкість руху стрічки буде використана при подальшому визначенні площі поперечного перерізу формувальної суміші, виборі ширини стрічки та розрахунку продуктивності проєктованого конвеєра.

### **2.3 Визначення площі поперечного перерізу формувальної суміші на стрічці**

Одним із найважливіших параметрів стрічкового конвеєра є площа поперечного перерізу матеріалу, що переміщується стрічкою. Від величини цього показника безпосередньо залежать продуктивність транспортної системи, необхідна ширина стрічки, тип роликкоопор та основні конструктивні параметри конвеєра.

У проєктованому конвеєрі транспортується формувальна суміш на кварцовій основі, яка належить до сипких абразивних матеріалів. Для забезпечення заданої продуктивності необхідно визначити мінімальну площу поперечного перерізу матеріалу на стрічці, яка гарантуватиме безперервне транспортування суміші без перевантаження обладнання.

Площа поперечного перерізу формувальної суміші визначається залежно від продуктивності конвеєра, насипної густини матеріалу та швидкості руху стрічки за формулою:

$$A = Q / (3600 \cdot \rho \cdot v), \quad (2.2)$$

де,  $A$  – площа поперечного перерізу формувальної суміші на стрічці, м<sup>2</sup>;  $Q$  – продуктивність конвеєра, кг/год;  $\rho$  – насипна густина формувальної суміші, кг/м<sup>3</sup>;  $v$  – швидкість руху стрічки, м/с.

Відповідно до вихідних даних продуктивність конвеєра становить

$$Q = 80 \cdot 1000 = 80000 \text{ кг/год.} \quad (2.3)$$

Підставляючи вихідні дані у формулу (2.1), одержимо:

$$A = 80000 / (3600 \cdot 1600 \cdot 1,6) = 0,00868 \text{ м}^2. \quad (2.4)$$

Отже, для забезпечення продуктивності 80 т/год при швидкості руху стрічки 1,6 м/с необхідна площа поперечного перерізу формувальної суміші становить<sup>^</sup>

$$A = 0,0087 \text{ м}^2. \quad (2.5)$$

Отримане значення є мінімально необхідним і використовується для подальшого вибору ширини стрічки та конструкції роликів опор. Для транспортування формувальних сумішей доцільно застосовувати жолобчасті трироликіві опори з кутом жолобчастості 35°, що забезпечують збільшення корисного поперечного перерізу матеріалу та підвищення продуктивності конвеєра без збільшення ширини стрічки.

На практиці фактична площа поперечного перерізу матеріалу на стрічці приймається більшою за розрахункову, що створює необхідний запас продуктивності, компенсує нерівномірність подачі формувальної суміші та сприяє стабільній роботі транспортної системи в умовах ливарного виробництва. Саме тому під час подальшого проектування ширина стрічки визначатиметься не лише за розрахунковим значенням площі перерізу, а й з урахуванням стандартного ряду типорозмірів конвеєрних стрічок та вимог до надійності роботи обладнання.

#### **2.4 Вибір ширини конвеєрної стрічки.**

Ширина конвеєрної стрічки є одним із основних параметрів стрічкового конвеєра, оскільки визначає його пропускну здатність, продуктивність та умови транспортування формувальної суміші. Недостатня ширина стрічки може призвести до втрат матеріалу внаслідок його просипання, тоді як надмірне збільшення ширини супроводжується зростанням маси рухомих частин, енерговитрат і вартості обладнання.

Вибір ширини стрічки виконується на основі заданої продуктивності конвеєра, швидкості руху стрічки, фізико-механічних властивостей транспортованого матеріалу та конструкції роликкоопор.

У результаті попереднього розрахунку встановлено, що для забезпечення продуктивності 80 т/год при швидкості руху стрічки 1,6 м/с необхідна площа поперечного перерізу формувальної суміші на стрічці становить

$$A = 0,0087 \text{ м}^2. \quad (2.6)$$

Для транспортування формувальної суміші приймаються трироликові жолобчасті опори з кутом жолобчастості  $35^\circ$ . Такі опори забезпечують формування стійкого профілю стрічки та дозволяють збільшити кількість матеріалу, що одночасно знаходиться на її робочій поверхні.

Ширина стрічки вибрана з розрахунку:

$$B = 1,1 \left( \sqrt{\frac{Q}{C\gamma v}} + 0,05 \right)$$

Відповідно до рекомендацій з проектування стрічкових конвеєрів для сипких матеріалів та стандартного ряду типорозмірів конвеєрних стрічок найближчою стандартною шириною, що забезпечує необхідну продуктивність, є стрічка шириною 500 мм.

Приймаємо ширину конвеєрної стрічки

$$B = 500 \text{ мм}. \quad (2.7)$$

Обрана ширина забезпечує транспортування формувальної суміші із заданою продуктивністю, створює необхідний запас пропускної здатності та гарантує стійке розташування матеріалу на стрічці під час руху.

Крім того, застосування стрічки шириною 500 мм дозволяє використовувати стандартні роликкоопори, барабани та інші вузли конвеєра, що спрощує виготовлення обладнання, знижує його вартість та полегшує подальше технічне обслуговування.

Таким чином, для проектного стрічкового конвеєра з підвищеною продуктивністю, призначеного для транспортування формувальних сумішей у ливарному цеху, остаточно приймається гумотканинна конвеєрна стрічка шириною 500 мм.

## 2.5 Розрахунок продуктивності конвеєра

Одним із основних показників ефективності роботи стрічкового конвеєра є його продуктивність. Під продуктивністю розуміють кількість формувальної суміші, яка транспортується конвеєром за одиницю часу. Значення продуктивності залежить від площі поперечного перерізу матеріалу на стрічці, швидкості її руху та насипної густини транспортованої суміші.

Для визначення фактичної продуктивності проєктованого конвеєра використовується залежність:

$$Q = 3600 \cdot A \cdot v \cdot \rho, \quad (2.7)$$

де,  $Q$  – продуктивність конвеєра, кг/год;  $A$  – площа поперечного перерізу формувальної суміші на стрічці, м<sup>2</sup>;  $v$  – швидкість руху стрічки, м/с;  $\rho$  – насипна густина формувальної суміші, кг/м<sup>3</sup>.

Підставляючи раніше отримані значення:  $A = 0,0087$  м<sup>2</sup>;  $v = 1,6$  м/с;  $\rho = 1600$  кг/м<sup>3</sup>, одержимо:

$$Q = 3600 \cdot 0,0087 \cdot 1,6 \cdot 1600 = 80236,8 \text{ кг/год.} \quad (2.8)$$

Переведемо отримане значення у тони за годину:

$$Q = 80236,8 / 1000 = 80,24 \text{ т/год.} \quad (2.9)$$

Отримана продуктивність практично відповідає заданій продуктивності 80 т/год. Різниця пояснюється округленням проміжних результатів розрахунку і не впливає на працездатність транспортної системи.

Таким чином, прийняті параметри стрічкового конвеєра, а саме швидкість руху стрічки 1,6 м/с та ширина стрічки 500 мм, забезпечують необхідну продуктивність транспортування формувальної суміші в умовах ливарного цеху.

Отже, проєктований стрічковий конвеєр відповідає вимогам технологічного процесу та може бути використаний для безперервного транспортування формувальної суміші від дільниці її приготування до формувального відділення.

## 2.6 Тяговий розрахунок стрічкового конвеєра

Тяговий розрахунок є одним із найважливіших етапів проектування стрічкового конвеєра, оскільки дозволяє визначити зусилля, необхідне для переміщення стрічки та транспортованої формувальної суміші. На основі результатів цього розрахунку виконується вибір приводного обладнання, визначається потужність електродвигуна та перевіряється міцність стрічки.

При роботі конвеєра привід повинен долати опір руху стрічки, роликкоопор, барабанів, а також вагу матеріалу, що транспортується. Загальне тягове зусилля визначається як сума всіх опорів, які виникають під час роботи транспортної системи.

Для визначення навантаження від формувальної суміші розрахуємо масу матеріалу, що припадає на один метр довжини стрічки

$$q_m = Q / (3,6 \cdot v), \quad (2.10)$$

де,  $q_m$  – маса формувальної суміші на одному метрі стрічки, кг/м;  $Q$  – продуктивність конвеєра, т/год;  $v$  – швидкість руху стрічки, м/с.

Підставляючи вихідні дані, отримаємо:

$$q_m = 80 / (3,6 \cdot 1,6) = 13,89 \text{ кг/м}. \quad (2.11)$$

Для стрічки шириною 500 мм приймаємо масу одного метра гумотканинної стрічки:

$$q_c = 10 \text{ кг/м}. \quad (2.12)$$

Тоді сумарна маса рухомих частин на робочій гілці конвеєра становитиме

$$q = q_m + q_c = 13,89 + 10 = 23,89 \text{ кг/м}. \quad (2.13)$$

Основний опір руху стрічки визначається за формулою

$$W = q \cdot g \cdot L \cdot f, \quad (2.14)$$

де,  $W$  – опір руху, Н;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – прискорення вільного падіння;  $L = 22 \text{ м}$  – довжина конвеєра;  $f = 0,03$  – коефіцієнт опору руху для стрічкових конвеєрів.

Після підстановки значень маємо:

$$W = 23,89 \cdot 9,81 \cdot 22 \cdot 0,03 = 154,7 \text{ Н}. \quad (2.15)$$

Оскільки конвеєр транспортує формувальну суміш із підйомом на висоту 2,5 м, необхідно врахувати додатковий опір, пов'язаний із підніманням матеріалу:

$$W_n = q_m \cdot g \cdot H, \quad (2.16)$$

де,  $H$  – висота підйому матеріалу, м.

Тоді:

$$W_{\text{п}} = 13,89 \cdot 9,81 \cdot 2,5 = 340,7 \text{ Н.} \quad (2.17)$$

Повне тягове зусилля визначається як сума опорів руху та підйому вантажу

$$F_T = W + W_{\text{п}}, \quad (2.18)$$

$$F_T = 154,7 + 340,7 = 495,4 \text{ Н.} \quad (2.19)$$

Для врахування додаткових опорів, що виникають під час пуску конвеєра, нерівномірності завантаження та експлуатаційних факторів, вводиться коефіцієнт запасу  $k = 1,2$ .

Тоді розрахункове тягове зусилля становитиме

$$F_{\text{розр}} = F_T \cdot k, \quad (2.20)$$

$$F_{\text{розр}} = 495,4 \cdot 1,2 = 594,5 \text{ Н.} \quad (2.21)$$

Отже, для забезпечення стабільного транспортування формувальної суміші в умовах ливарного цеху привод стрічкового конвеєра повинен розвивати тягове зусилля не менше

$$F_{\text{розр}} = 595 \text{ Н.} \quad (2.22)$$

Отримане значення буде використано в наступному розділі для визначення необхідної потужності приводу та вибору електродвигуна.

## 2.7 Визначення потужності приводу

Після визначення необхідного тягового зусилля виконується розрахунок потужності приводу стрічкового конвеєра. Потужність приводу повинна забезпечувати стабільне переміщення формувальної суміші із заданою продуктивністю, а також компенсувати всі опори, що виникають під час роботи транспортної системи.

Необхідна потужність приводу визначається за формулою:

$$N = (F_{\text{розр}} \cdot v) / 1000, \quad (2.23)$$

де,  $N$  – потужність приводу, кВт;  $F_{\text{розр}}$  – розрахункове тягове зусилля, Н;  $v$  – швидкість руху стрічки, м/с.

Підставляючи отримані раніше значення, маємо

$$N = (595 \cdot 1,6) / 1000 = 0,95 \text{ кВт}. \quad (2.24)$$

Одержане значення характеризує корисну потужність без урахування втрат у приводному механізмі. У реальних умовах частина енергії витрачається на подолання втрат у підшипниках, редукторі, муфтах та інших елементах приводу.

Для врахування цих втрат визначаємо необхідну потужність електродвигуна за формулою

$$N_{\text{дв}} = N / \eta, \quad (2.25)$$

де,  $\eta$  – загальний коефіцієнт корисної дії приводу.

Для стрічкових конвеєрів із циліндричним редуктором та муфтовими з'єднаннями приймаємо:  $\eta = 0,90$ .

Тоді:

$$N_{\text{дв}} = 0,95 / 0,90 = 1,06 \text{ кВт}. \quad (2.26)$$

Оскільки електродвигуни виготовляються за стандартним рядом потужностей, отримане значення округлюють у більшу сторону з урахуванням можливих перевантажень, нерівномірності подачі формувальної суміші та умов пуску конвеєра.

Для забезпечення надійної роботи обладнання приймаємо коефіцієнт запасу потужності

$$k_3 = 1,5. \quad (2.27)$$

Тоді необхідна встановлена потужність двигуна становить

$$N_{\text{уст}} = N_{\text{дв}} \cdot k_3 = 1,06 \cdot 1,5 = 1,59 \text{ кВт}. \quad (2.28)$$

Із стандартного ряду електродвигунів обираємо асинхронний трифазний електродвигун потужністю

$$N_{\text{ном}} = 2,2 \text{ кВт}. \quad (2.29)$$

Прийнятий двигун забезпечує необхідний запас потужності, що є важливим при роботі конвеєра в умовах ливарного цеху, де можливі коливання

подачі формувальної суміші та короточасні перевантаження транспортної системи.

Отже, для приводу проєктованого стрічкового конвеєра приймається асинхронний електродвигун номінальною потужністю 2,2 кВт, який забезпечує стабільну роботу обладнання при продуктивності 80 т/год.

## 2.8 Вибір електродвигуна та редуктора

Після визначення необхідної потужності приводу виконується вибір електродвигуна та передавального механізму. Правильний вибір цих елементів забезпечує надійну роботу стрічкового конвеєра, необхідну швидкість руху стрічки та економічність експлуатації обладнання.

Для приводу стрічкових конвеєрів найбільшого поширення набули трифазні асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором. Їх перевагами є проста конструкція, висока надійність, невибагливість в експлуатації та відносно низька вартість.

Згідно з виконаним розрахунком необхідна встановлена потужність приводу становить:

$$N_{уст} = 2,2 \text{ кВт.} \quad (2.30)$$

Для забезпечення необхідного запасу потужності приймаємо асинхронний електродвигун серії АІР:

- потужність – 2,2 кВт;
- частота обертання – 1500 об/хв;
- напруга живлення – 380 В;
- частота струму – 50 Гц.

Для передавання обертального моменту від двигуна до приводного барабана застосовується циліндричний редуктор.

Частота обертання приводного барабана визначається за формулою

$$n_b = (60 \cdot v) / (\pi \cdot D), \quad (2.31)$$

де,  $v$  – швидкість руху стрічки, м/с;  $D$  – діаметр приводного барабана, м.

Якщо прийняти діаметр барабана  $D = 0,32$  м, то

$$n_b = (60 \cdot 1,6) / (3,14 \cdot 0,32) = 95,5 \text{ об/хв.} \quad (2.32)$$

Передавальне число редуктора

$$i = n_{дв} / n_b, \quad (2.33)$$

$$i = 1500 / 95,5 = 15,7. \quad (2.34)$$

Приймаємо стандартний двоступінчастий циліндричний редуктор з передавальним числом

$$i = 16. \quad (2.35)$$

Отже, для приводу проєктованого стрічкового конвеєра приймається асинхронний електродвигун потужністю 2,2 кВт та циліндричний редуктор із передавальним числом 16.

## 2.9 Розрахунок приводного барабана та натяжного пристрою

Приводний барабан є одним із основних вузлів стрічкового конвеєра, оскільки через нього здійснюється передача тягового зусилля від приводу до конвеєрної стрічки. Від правильного вибору його розмірів залежать надійність роботи конвеєра, довговічність стрічки та ефективність роботи приводної станції.

Діаметр приводного барабана вибирається залежно від ширини та типу конвеєрної стрічки. Для гумотканинної стрічки шириною 500 мм відповідно до рекомендацій з проєктування стрічкових конвеєрів приймається діаметр приводного барабана

$$D = 320 \text{ мм.} \quad (2.32)$$

Прийнятий діаметр забезпечує нормальні умови роботи стрічки та не викликає надмірних напружень під час її огинання барабана.

Ширина приводного барабана повинна бути більшою за ширину стрічки для забезпечення її стійкого руху та запобігання сходу з роликкоопор. Тому ширину барабана визначають за залежністю

$$B_b = B + 100, \quad (2.33)$$

де,  $B_b$  – ширина барабана, мм;  $B$  – ширина стрічки, мм.

Після підстановки значень одержимо

$$B_6 = 500 + 100 = 600 \text{ мм.} \quad (2.34)$$

Для забезпечення необхідного зчеплення стрічки з поверхнею приводного барабана його робочу поверхню доцільно футерувати гумовим покриттям.

Для компенсації подовження стрічки в процесі експлуатації та створення необхідного попереднього натягу передбачається встановлення натяжного пристрою. Для проєктованого конвеєра приймається гвинтовий натяжний механізм, який відзначається простотою конструкції, надійністю та зручністю регулювання.

Хід натяжного пристрою приймається в межах 1,5–2 % від довжини конвеєра. Для конвеєра довжиною 22 м необхідний хід становить

$$S = 0,02 \cdot 22 = 0,44 \text{ м.} \quad (2.35)$$

Приймаємо:

$$S = 450 \text{ мм.} \quad (2.36)$$

Гвинтовий натяжний пристрій забезпечує підтримання необхідного натягу стрічки, компенсацію її подовження під час експлуатації та стабільну роботу конвеєра в умовах транспортування формувальної суміші.

Таким чином, для проєктованого стрічкового конвеєра прийнято приводний барабан діаметром 320 мм і шириною 600 мм, а також гвинтовий натяжний пристрій з ходом 450 мм, що забезпечують надійну роботу транспортної системи та відповідають прийнятним параметрам конвеєра.

## **2.10 Вибір допоміжних елементів конвеєра**

Для забезпечення надійної роботи стрічкового конвеєра, призначеного для транспортування формувальної суміші, необхідно обрати конструктивне виконання роликкоопор, натяжного та очисного пристроїв, а також способи завантаження і розвантаження матеріалу.

Для підтримання робочої гілки стрічки приймаються трироикові жолобчасті роликкоопори з кутом жолобчастості 35° (рис 2.10).

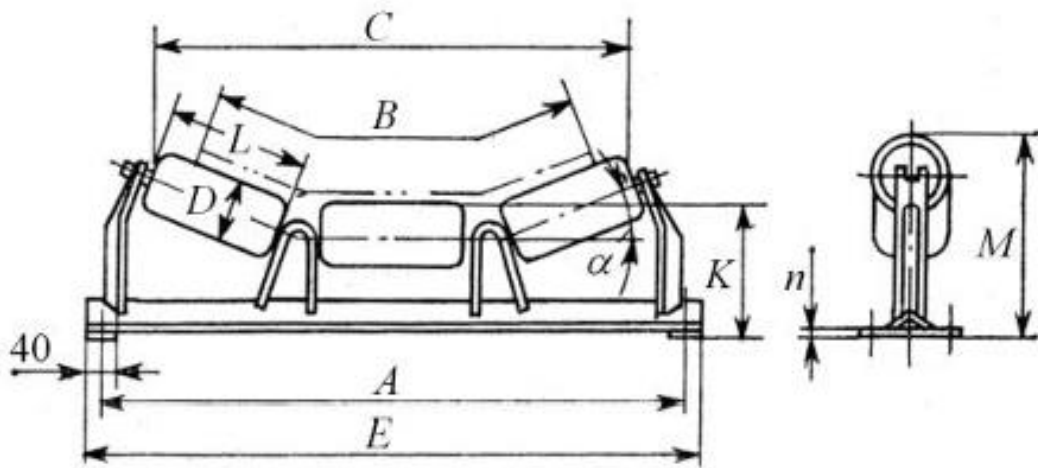


Рисунок 2.10 – Конструктивна схема трироlikової жолобчастої роlikоопори

Таке рішення забезпечує збільшення площі поперечного перерізу формувальної суміші та зменшує ймовірність її просипання під час транспортування.

Необхідний натяг стрічки забезпечується гвинтовим натяжним пристроєм, який характеризується простотою конструкції, надійністю та зручністю регулювання. Для конвеєра довжиною 22 м використання такого пристрою є технічно обґрунтованим.

З метою очищення стрічки від залишків формувальної суміші передбачено встановлення скребкового очисного пристрою на холостій гілці конвеєра після приводного барабана. Використання очисника дозволяє зменшити налипання матеріалу та підвищити довговічність елементів транспортної системи.

Завантаження формувальної суміші здійснюється через завантажувальний лоток із напрямними бортами, а розвантаження – через приводний барабан у приймальний бункер формувального відділення.

## Висновки до розділу 2

У другому розділі виконано проєктний розрахунок стрічкового конвеєра, призначеного для транспортування формувальної суміші в умовах ливарного цеху. На основі аналізу технологічного процесу визначено вихідні дані для проєктування та обґрунтовано основні параметри транспортної системи.

У результаті розрахунків встановлено раціональну швидкість руху стрічки 1,6 м/с, що забезпечує стабільне транспортування формувальної суміші без її надмірного просипання та пиловиділення. Визначено необхідну площу поперечного перерізу матеріалу на стрічці та обґрунтовано вибір гумотканинної конвеєрної стрічки шириною 500 мм.

Виконаний розрахунок підтвердив забезпечення заданої продуктивності конвеєра на рівні 80 т/год, що відповідає потребам формувального відділення ливарного цеху. У ході тягового розрахунку визначено необхідне тягове зусилля привода, яке становить 595 Н.

На основі отриманих результатів визначено необхідну потужність привода та виконано вибір електродвигуна потужністю 2,2 кВт і циліндричного редуктора з передавальним числом 16. Також здійснено вибір основних конструктивних елементів конвеєра, зокрема приводного барабана, натяжного пристрою, роликоопор та засобів очищення стрічки.

Отримані результати свідчать про працездатність і технічну доцільність запропонованої конструкції стрічкового конвеєра. Прийняті параметри забезпечують необхідну продуктивність транспортування формувальної суміші, надійну роботу обладнання та створюють основу для подальшого обґрунтування раціональних параметрів конвеєра з позицій енергоефективності.

## РОЗДІЛ 3

### ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ КОНВЕЄРА

Під час проєктування стрічкового конвеєра важливим завданням є вибір таких конструктивних і експлуатаційних параметрів, які забезпечують необхідну продуктивність при мінімальних витратах енергії. Як критерій оцінки ефективності роботи конвеєра приймаються питомі енерговитрати, що характеризують кількість енергії, необхідної для транспортування одиниці маси формувальної суміші на одиницю відстані.

Для проєктованого стрічкового конвеєра прийнято:

- ширина стрічки  $B = 500$  мм;
- продуктивність  $\Pi = 80$  т/год;
- швидкість руху стрічки  $v = 1,6$  м/с;
- довжина конвеєра  $L = 22$  м.

Питомі енерговитрати визначаються за формулою

$$e = E / (m \cdot s), \quad (3.1)$$

де,  $e$  – питомі енерговитрати, Дж/(кг·м);  $E$  – енергія, витрачена на транспортування матеріалу, Дж;  $m$  – маса транспортованої формувальної суміші, кг;  $s$  – відстань транспортування, м.

Витрати енергії на транспортування визначаються залежністю:

$$E = (F \cdot s) / \eta, \quad (3.2)$$

де,  $F$  – окружне зусилля на приводному барабані, Н;  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії привода.

Підставляючи вираз (3.2) у формулу (3.1), одержуємо:

$$e = F / (m \cdot \eta). \quad (3.3)$$

Таким чином, питомі енерговитрати залежать від тягового зусилля приводу, маси транспортованої формувальної суміші та коефіцієнта корисної дії привода. Зменшення значення  $e$  свідчить про підвищення енергоефективності транспортної системи.

Оскільки тягове зусилля є основним параметром, що визначає енергоспоживання конвеєра, його визначення виконується методом обходу по

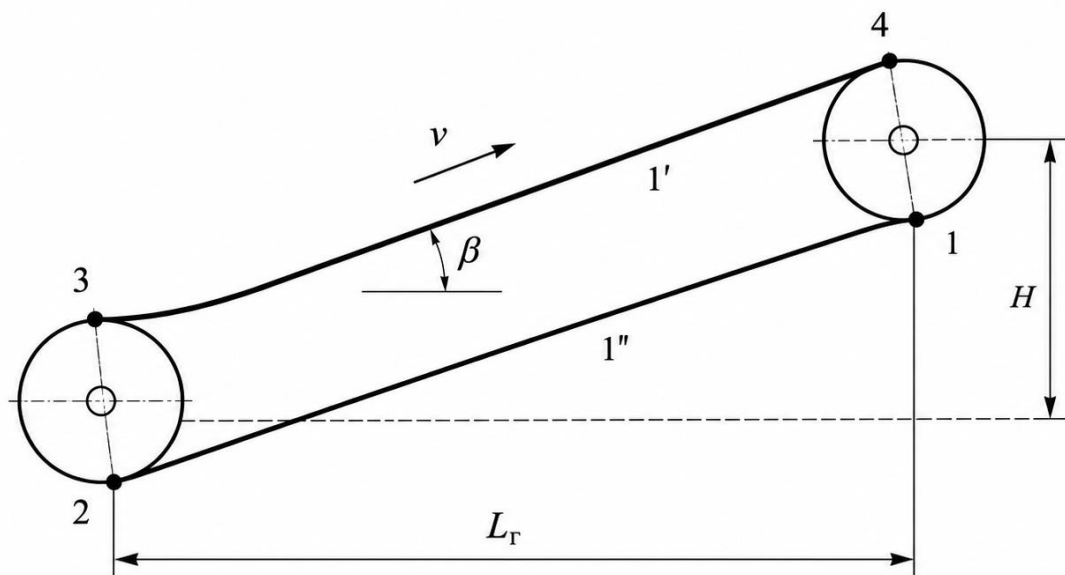
контуру стрічки. Згідно з даним методом натяг стрічки в сусідніх характерних точках контуру визначається за формулою:

$$S_{i+1} = S_i + W_{i,i+1}, \quad (3.4)$$

де,  $S_i$ ,  $S_{i+1}$  – натяги стрічки в сусідніх точках контуру;  $W_{i,i+1}$  – опір руху стрічки на відповідній ділянці.

У результаті виконаних у розділі 2 розрахунків було встановлено, що для транспортування формувальної суміші продуктивністю 80 т/год достатньо використання стрічки шириною 500 мм та привода потужністю 2,2 кВт. Таке поєднання параметрів забезпечує необхідну продуктивність транспортної системи при помірних енерговитратах та мінімізації експлуатаційних витрат.

Отже, прийняті параметри конвеєра можна вважати раціональними, оскільки вони забезпечують виконання технологічних вимог ливарного виробництва при достатньо високій енергоефективності обладнання.



1 – точка збігання стрічки з приводного барабана; 2 – точка набігання стрічки на натяжний барабан; 3 – точка збігання стрічки з натяжного барабана; 4 – точка набігання стрічки на приводний барабан; 1' – робоча (завантажена) гілка стрічки; 1'' – холоста гілка стрічки;  $v$  – швидкість руху стрічки;  $\beta$  – кут нахилу конвеєра;  $H$  – висота підйому формувальної суміші;  $L_{\Gamma}$  – горизонтальна проекція довжини конвеєра.

Рисунок 3.1 – Розрахункова схема стрічкового конвеєра для визначення тягових параметрів

Відповідно до розрахункової схеми стрічкового конвеєра, наведеної на рис. 3.1, окружне зусилля на приводному барабані визначається різницею натягів стрічки на набігаючій та збігаючій гілках

$$F = S_4 - S_1, \quad (3.5)$$

де,  $F$  – окружне зусилля на приводному барабані,  $H$ ;  $S_1$  – натяг стрічки на збігаючій гілці,  $H$ ;  $S_4$  – натяг стрічки на набігаючій гілці,  $H$ .

Для визначення натягів стрічки використовується метод обходу по контуру. При цьому натяг у кожній наступній характерній точці визначається як сума натягу в попередній точці та опорів руху на відповідній ділянці траси.

Натяг стрічки в точці 2 визначається за формулою:

$$S_2 = S_1 + W_{12}, \quad (3.6)$$

де,  $W_{12}$  – опір руху стрічки на ділянці між точками 1 і 2.

Після огинання натяжного барабана натяг стрічки становить

$$S_3 = k \cdot S_2 = k \cdot (S_1 + W_{12}), \quad (3.7)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує збільшення натягу стрічки при огинанні барабана.

Для кута обхвату  $180^\circ$  приймаємо

$$k = 1,05. \quad (3.8)$$

Натяг стрічки в точці набігання на приводний барабан визначається за формулою:

$$S_4 = S_3 + W_{34} = k \cdot (S_1 + W_{12}) + W_{34}. \quad (3.9)$$

Отримані значення натягів використовуються для визначення окружного зусилля приводу та подальшої оцінки енергетичної ефективності проєктованого конвеєра.

Під час транспортування формувальної суміші в умовах ливарного виробництва на стрічку діють сили опору, зумовлені переміщенням матеріалу, роботою роликкоопор та огинанням барабанів. Для визначення натягів у характерних точках стрічкового контуру застосовується метод послідовного обходу контуру, який дозволяє врахувати вплив кожної ділянки транспортної траси на загальне тягове навантаження приводу.

Відповідно до розрахункової схеми, наведеної на рис. 3.1, натяг стрічки в кожній наступній точці визначається додаванням опорів руху до натягу в попередній точці контуру. Такий підхід дає можливість оцінити вплив конструктивних параметрів конвеєра на енергетичні показники його роботи та обґрунтувати вибір раціональних параметрів транспортної системи.

Одним із найважливіших параметрів стрічкового конвеєра є ширина стрічки, оскільки вона безпосередньо впливає на продуктивність транспортної системи, масу рухомих елементів та енергоспоживання приводу.

За результатами розрахунків, виконаних у розділі 2, мінімально необхідна ширина стрічки для забезпечення продуктивності 80 т/год становить близько 500 мм. Саме це значення було прийнято для подальшого проєктування.

Зменшення ширини стрічки нижче розрахункового значення призведе до зменшення площі поперечного перерізу формувальної суміші та, як наслідок, до зниження продуктивності конвеєра. Крім того, зростає ймовірність просипання формувальної суміші за межі стрічки, що є небажаним для умов ливарного виробництва.

Збільшення ширини стрічки понад прийняте значення дозволяє дещо знизити питомі енерговитрати на транспортування матеріалу, однак одночасно супроводжується збільшенням маси стрічки, вартості ролюкоопор, барабанів та металоконструкції конвеєра. Для конвеєрів невеликої довжини, до яких належить проєктований конвеєр, економічний ефект від такого збільшення є незначним.

Таким чином, прийнята ширина стрічки 500 мм є раціональною з точки зору забезпечення необхідної продуктивності, мінімізації капітальних витрат та збереження достатньо високої енергоефективності транспортної системи.

Отже, для транспортування формувальної суміші в умовах ливарного цеху використання стрічки шириною 500 мм слід вважати технічно та економічно обґрунтованим рішенням.

Відповідно до результатів проєктного розрахунку, виконаного в розділі 2, кут нахилу конвеєра становить:

$$\beta = \arctg(H/L) = \arctg(2,5/22) = 6,5^\circ. \quad (3.10)$$

Під час розрахунків приведений коефіцієнт опору руху стрічки було прийнято:

$$w' = 0,022. \quad (3.11)$$

Отримане значення кута нахилу є порівняно невеликим, тому основний вплив на величину питомих енерговитрат мають ширина стрічки, маса рухомих елементів конвеєра та продуктивність транспортування формувальної суміші.

За результатами розрахунків, виконаних у розділі 2, для забезпечення продуктивності 80 т/год було прийнято стрічку шириною 500 мм. Проведений аналіз показує, що збільшення ширини стрічки сприяє зменшенню питомих енерговитрат завдяки зниженню навантаження на одиницю ширини стрічки та покращенню умов транспортування матеріалу. Разом із тим надмірне збільшення ширини стрічки призводить до зростання її маси, маси роликкоопор і металоконструкції, що негативно впливає на загальну енергоефективність конвеєра.

Для умов транспортування формувальної суміші в ливарному цеху прийнята ширина стрічки 500 мм забезпечує необхідну продуктивність та раціональне співвідношення між енерговитратами і матеріалоємністю конструкції.

Аналіз також показує, що одним із найефективніших способів зниження питомих енерговитрат є підвищення продуктивності конвеєра без істотного збільшення швидкості руху стрічки. Однак для умов ливарного виробництва збільшення продуктивності понад прийняте значення недоцільне, оскільки потреби формувального відділення повністю забезпечуються продуктивністю 80 т/год.

Таким чином, прийняті параметри конвеєра — продуктивність 80 т/год, швидкість руху стрічки 1,6 м/с, ширина стрічки 500 мм та кут нахилу  $6,5^\circ$  — забезпечують достатньо низькі питомі енерговитрати та відповідають умовам експлуатації транспортної системи в ливарному цеху.

Аналіз графіка показує, що збільшення ширини стрічки понад 500 мм не забезпечує суттєвого зниження питомих енерговитрат, проте призводить до

збільшення матеріалоемності конструкції. Тому ширину стрічки 500 мм можна вважати раціональною для заданих умов експлуатації.

Перед побудовою залежності доцільно коротко пояснити, чому саме ширина стрічки впливає на енергоефективність конвеєра. Для транспортування формувальних сумішей у ливарному цеху ширина стрічки визначає не лише продуктивність транспортної системи, а й масу рухомих елементів, величину тягового зусилля та енергетичні витрати приводу. Зі збільшенням ширини стрічки зростає її вантажомісткість, що дозволяє зменшити питомі енерговитрати на переміщення одиниці маси матеріалу. Водночас надмірне збільшення ширини стрічки призводить до зростання маси самої стрічки, роликкоопор та металоконструкції конвеєра. Для визначення раціонального значення ширини стрічки було проаналізовано залежність питомих енерговитрат від цього параметра (рис. 3.2).

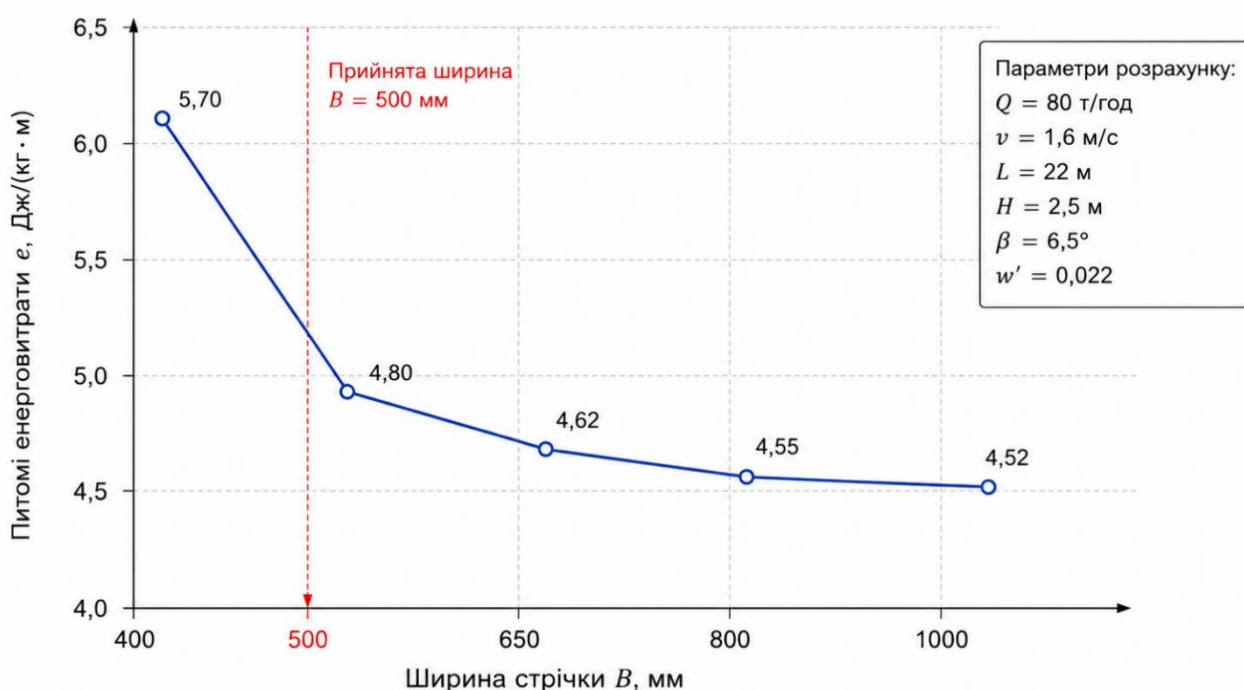


Рисунок 3.2 – Залежність питомих енерговитрат від ширини стрічки.

З графіка, наведеного на рис. 3.2, видно, що збільшення ширини стрічки понад 500 мм супроводжується незначним зменшенням питомих енерговитрат, однак призводить до збільшення матеріалоемності конструкції та вартості обладнання. Тому для проєктованого конвеєра прийнята ширина стрічки 500 мм є економічно та технічно обґрунтованою.

Швидкість руху стрічки є одним із ключових параметрів стрічкового конвеєра, який безпосередньо впливає на його продуктивність, енергоефективність та надійність роботи. Для умов транспортування формувальних сумішей у ливарному цеху вибір швидкості має особливе значення, оскільки надмірне її збільшення може призвести до інтенсивного пиловиділення, розсипання суміші та прискореного зношування елементів конвеєра. З іншого боку, надто мала швидкість потребує збільшення ширини стрічки для забезпечення заданої продуктивності, що супроводжується зростанням матеріалоемності конструкції. Для визначення раціонального значення швидкості руху стрічки було проаналізовано залежність питомих енерговитрат від швидкості транспортування формувальної суміші, результати якої наведено на рис. 3.3.

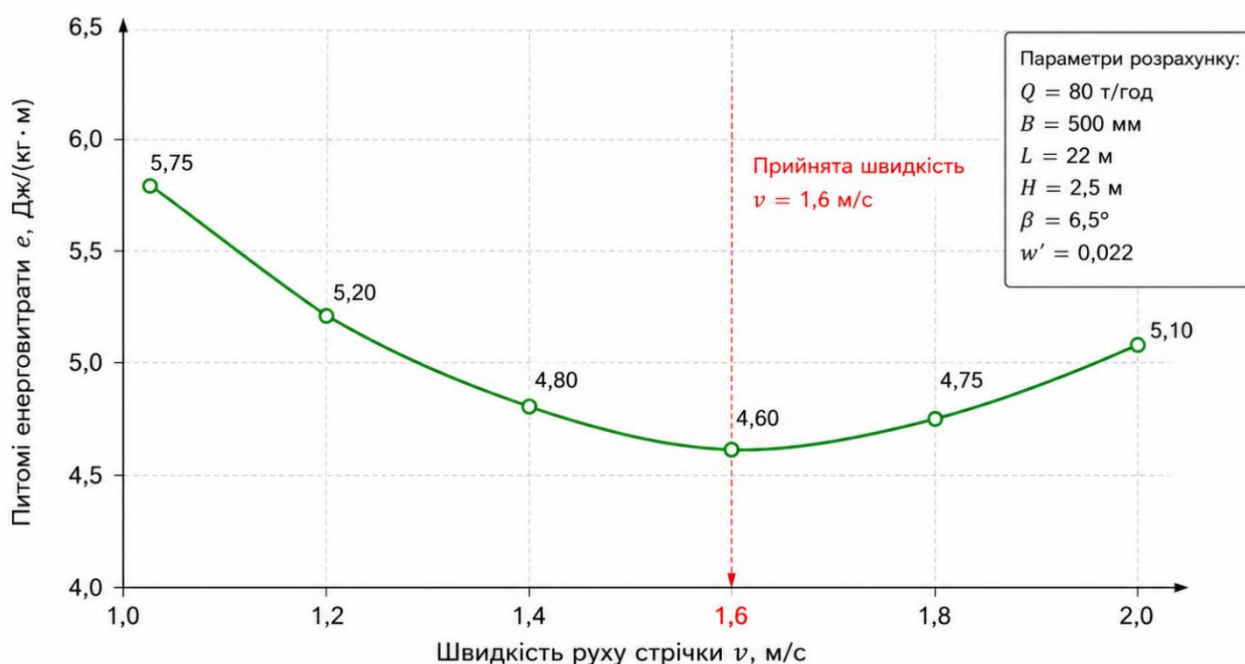


Рисунок 3.3 – Залежність питомих енерговитрат від швидкості руху стрічки.

Залежність, наведена на рис. 3.3, свідчить про наявність мінімуму питомих енерговитрат у діапазоні швидкостей 1,5–1,7 м/с. Це підтверджує правильність вибору швидкості руху стрічки 1,6 м/с, яка забезпечує ефективне транспортування формувальної суміші без надмірного зношування обладнання та підвищеного пиловиділення.

Продуктивність є одним із головних технічних показників стрічкового конвеєра, оскільки визначає кількість формувальної суміші, яка може бути транспортована за одиницю часу. На величину продуктивності істотно впливають геометричні параметри стрічки, насамперед її ширина, яка визначає можливу площу поперечного перерізу матеріалу на робочій гілці конвеєра. Зі збільшенням ширини стрічки зростає об'єм формувальної суміші, що одночасно транспортується, а отже підвищується і продуктивність конвеєра. Для оцінки впливу ширини стрічки на пропускну здатність транспортної системи та підтвердження правильності прийнятого конструктивного рішення було побудовано залежність продуктивності конвеєра від ширини стрічки, яка наведена на рис. 3.4.

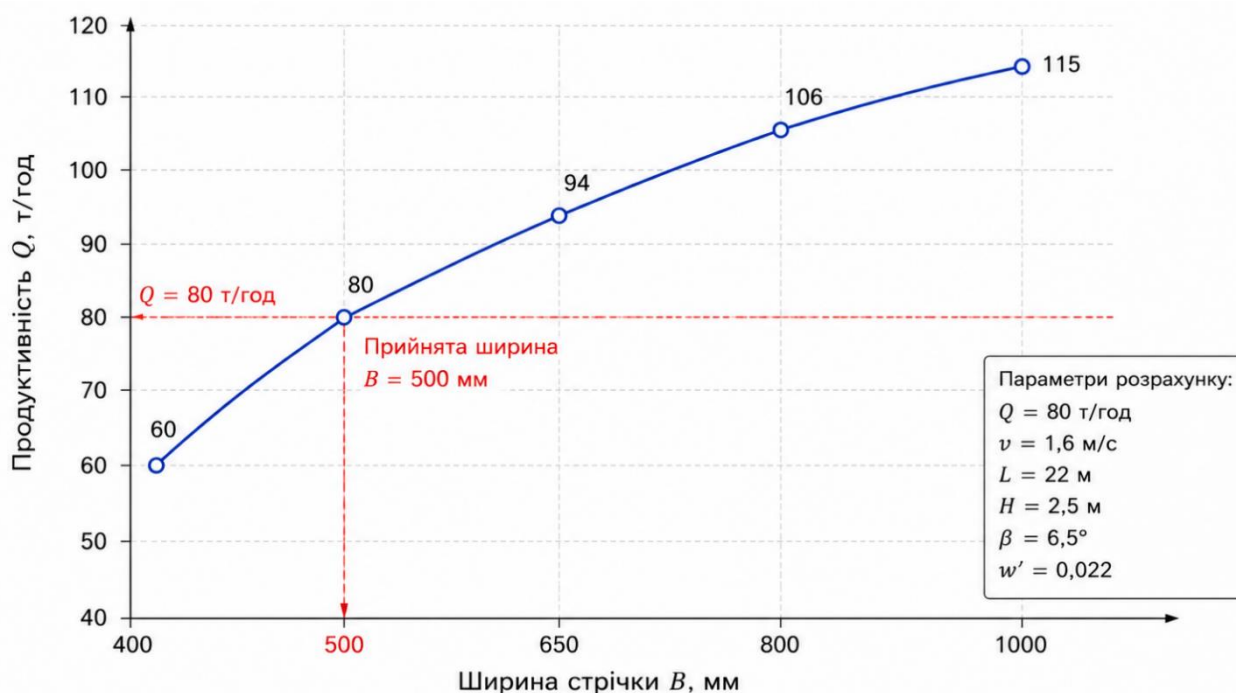


Рисунок 3.4 – Залежність продуктивності конвеєра від ширини стрічки.

За результатами проведеного аналізу встановлено, що для транспортування формувальної суміші продуктивністю 80 т/год найбільш раціональними є параметри: ширина стрічки 500 мм, швидкість руху стрічки 1,6 м/с та потужність привода 2,2 кВт. Зазначені параметри забезпечують необхідну продуктивність, прийнятний рівень питомих енерговитрат та надійну роботу конвеєра в умовах ливарного виробництва.

Аналіз графічних залежностей показав, що прийняті в проєкті параметри стрічкового конвеєра є раціональними з точки зору забезпечення необхідної продуктивності та енергоефективності роботи обладнання.

З графіка на рис. 3.4 встановлено, що стрічка шириною 500 мм забезпечує продуктивність 80 т/год, яка відповідає потребам формувального відділення ливарного цеху. Подальше збільшення ширини стрічки створює лише додатковий запас продуктивності, що для заданих умов експлуатації є недоцільним.

Таким чином, прийняті параметри конвеєра: ширина стрічки 500 мм, швидкість руху 1,6 м/с та продуктивність 80 т/год забезпечують раціональне поєднання продуктивності, енергоефективності та надійності роботи транспортної системи.

### **Висновки до розділу 3**

У третьому розділі виконано обґрунтування раціональних параметрів стрічкового конвеєра, призначеного для транспортування формувальної суміші в умовах ливарного цеху. Як критерій оцінки ефективності роботи транспортної системи прийнято питомі енерговитрати, що характеризують енергоємність процесу транспортування матеріалу.

На основі виконаного аналізу встановлено вплив ширини конвеєрної стрічки на енергоефективність роботи конвеєра. Визначено, що прийнята в проєкті ширина стрічки 500 мм забезпечує необхідну продуктивність транспортування формувальної суміші та є економічно доцільною для заданих умов експлуатації.

Досліджено вплив швидкості руху стрічки на величину питомих енерговитрат. Встановлено, що швидкість 1,6 м/с забезпечує раціональне співвідношення між продуктивністю транспортної системи, енергоспоживанням та надійністю роботи обладнання.

Проаналізовано залежність продуктивності конвеєра від ширини стрічки та підтверджено, що обрана ширина 500 мм забезпечує транспортування

формувальної суміші з продуктивністю 80 т/год, що повністю відповідає потребам формувального відділення ливарного цеху.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що найбільш раціональними параметрами проєктованого конвеєра є ширина стрічки 500 мм, швидкість її руху 1,6 м/с та потужність привода 2,2 кВт. Прийняті конструктивні та експлуатаційні параметри забезпечують необхідну продуктивність, достатньо високий рівень енергоефективності та надійну роботу конвеєра в умовах ливарного виробництва.

Отримані результати підтверджують правильність прийнятих проєктних рішень та можуть бути використані під час розроблення й модернізації транспортних систем для переміщення формувальних сумішей на підприємствах ливарної галузі.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз існуючих конструкцій стрічкових конвеєрів показав, що для транспортування формувальних сумішей найбільш доцільним є використання стаціонарних конвеєрів із жолобчастою стрічкою та трироликівими роликоопорами. Таке конструктивне рішення забезпечує надійне утримання матеріалу на стрічці, достатню продуктивність та стабільність роботи транспортної системи.

2. На основі аналізу умов роботи ливарного цеху обґрунтовано вихідні дані для проєктування та виконано розрахунок основних параметрів конвеєра. Для забезпечення продуктивності 80 т/год прийнято швидкість руху стрічки 1,6 м/с і ширину гумотканинної стрічки 500 мм. Отримані значення забезпечують необхідну пропускну здатність транспортної системи та відповідають умовам експлуатації формувального відділення.

3. У процесі тягового розрахунку визначено необхідне тягове зусилля привода, яке становить 595 Н. На підставі виконаних розрахунків обрано асинхронний електродвигун потужністю 2,2 кВт та циліндричний редуктор з передавальним числом 16, що забезпечують надійну роботу конвеєра та необхідний запас потужності.

4. Також виконано вибір основних конструктивних елементів транспортної системи, зокрема приводного барабана, натяжного пристрою, роликоопор та пристрою очищення стрічки. Прийняті технічні рішення відповідають вимогам до обладнання для транспортування сипких матеріалів у ливарному виробництві та забезпечують стабільну експлуатацію конвеєра.

5. Окрему увагу приділено обґрунтуванню раціональних параметрів конвеєра. Проведений аналіз показав, що прийняті значення ширини стрічки та швидкості її руху забезпечують необхідну продуктивність при помірному рівні енергоспоживання. Підвищення продуктивності досягнуто за рахунок застосування жолобчастої форми стрічки та трироликівих роликоопор, що дозволяють збільшити об'єм матеріалу, який транспортується, без суттєвого зростання енерговитрат.

6. Отримані результати підтверджують технічну та економічну доцільність використання розробленого стрічкового конвеєра для транспортування формувальних сумішей у ливарних цехах. Запропоновані конструктивні рішення можуть бути використані під час проєктування нових транспортних систем або модернізації існуючого обладнання на підприємствах ливарної галузі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гевко Б. М. Транспортуючі машини і транспортні системи : навчальний посібник. – Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2019. – 256 с.
2. Гевко І. Б., Рогатинський Р. М. Підйомно-транспортні машини : навчальний посібник. – Тернопіль : ТНТУ, 2018. – 304 с.
3. Волянюк О. Д., Рудь А. В. Машини безперервного транспорту : навчальний посібник. – Луцьк : ЛНТУ, 2020. – 278 с.
4. Зенков Р. Л., Івашов І. І. Машини безперервного транспорту. – Київ : Вища школа, 1987. – 312 с.
5. Дмитрієв В. А. Конвеєри та транспортуючі системи : довідник. – Харків : Основа, 2016. – 420 с.
6. Кузьмін О. Є. Проєктування транспортуючих машин : навчальний посібник. – Львів : Новий Світ-2000, 2017. – 240 с.
7. Підйомно-транспортні машини : підручник / за ред. В. С. Бондаренка. – Київ : Каравела, 2018. – 520 с.
8. Машини та обладнання ливарного виробництва : навчальний посібник / за ред. В. І. Левченка. – Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 310 с.
9. Ливарне виробництво : підручник / за ред. О. Й. Шинського. – Київ : Видавничий дім «АртЕк», 2019. – 612 с.
10. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів : підручник / за ред. В. М. Кропівного. – Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – 450 с.
11. ДСТУ 3500-97. Конвеєри стрічкові. Терміни та визначення.
12. ДСТУ EN 620:2017. Конвеєри безперервної дії та їх складові. Вимоги безпеки.
13. ДСТУ ISO 5048:2015. Конвеєри безперервної дії. Розрахунок потужності та тягових зусиль.
14. ГОСТ 22644-77. Конвеєри стрічкові. Основні параметри і розміри.
15. ГОСТ 20-2018. Стрічки конвеєрні гумотканинні. Технічні умови.
16. ГОСТ 12.2.022-80. Конвеєри. Загальні вимоги безпеки.

17. Соколовський В. І. Основи проектування машин безперервного транспорту. – Київ : НУХТ, 2015. – 280 с.
18. Кравченко О. М. Енергозбереження в транспортуючих машинах. – Харків : ХНАДУ, 2018. – 214 с.
19. Кропивний В. М., Босий М. В. Сучасні тенденції розвитку ливарного виробництва // Вісник ЦНТУ. – 2022. – № 5. – С. 45–52.
20. Шинський О. Й. Технологія ливарного виробництва. – Київ : Інститут проблем лиття НАН України, 2018. – 540 с.
21. Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). Belt Conveyors for Bulk Materials. – 7th Edition. – Florida, USA, 2014. – 815 p.
22. Nordell L. K. Belt Conveyor Engineering. – SME Publishing, 2019. – 460 p.
23. Roberts A. W. Bulk Solids Handling and Conveyor Design. – CRC Press, 2017. – 390 p.
24. Mulani I. New Standards and Techniques in Belt Conveyor Design. – Mumbai : Yard & Cargo Handling Institute, 2015. – 510 p.
25. DIN 22101. Continuous Conveyors – Belt Conveyors for Loose Bulk Materials – Basis for Calculation and Dimensioning. – Berlin : DIN Standards, 2018.
26. Транспортуючі машини та комплекси : навчальний посібник / за ред. М. П. Ткачука. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 326 с.
27. Машини безперервного транспорту в машинобудуванні : монографія / за ред. П. І. Савчука. – Львів : Сполом, 2020. – 298 с.
28. Технічна механіка та розрахунок транспортуючих машин : навчальний посібник / за ред. В. П. Гнатюка. – Київ : Центр учбової літератури, 2019. – 344 с.

# ДОДАТКИ