

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. ПОТЕБНІ Ю.М.

Електричної інженерії та кіберфізичних систем

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший (бакалаврський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення ефективності роботи конвеєрної лінії промислового об'єкта

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1419

спеціальності 141 Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

Андрущенко Д.С.

Керівник проф. Артемчук В.В.

Консультант

Запоріжжя

2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Потебні Ю.М.

Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

д.т.н., доц.  В.Л. Коваленко
“ 20 ” травня 2024 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу студенту

Андрущенко Дмитру Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема бакалаврської роботи Підвищення ефективності роботи конвеєрної лінії
промислового об'єкта

керівник роботи проф. Артемчук В.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ЗНУ від « 26 » грудня 2023 року № 2215 - с

2. Строк подання студентом роботи: 20 травня 2024 року

3. Вихідні дані бакалаврської роботи Потужність основного обладнання та режими
роботи; поточний тариф за 1 кВтгод. електроенергії





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

Вступ; області застосування стрічкового транспорту;

Визначення параметрів конвеєрної лінії; автоматизація роботи конвеєрного
транспорту

5. Перелік графічного матеріалу (лише у якості рекомендації): застосування конвеєрів
для насипних вантажів; застосування конвеєрів для штучних вантажів; Основні
характеристики систем регульованого електропривода; загальний вид конвеєрного
транспорту; гвинтовий натяжний пристрій; структурна схема з ЗІ-2.

5. Консультанти розділів дипломної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання прийняв	Завдання прийняв
Розділ 1	Артемчук В.В., проф.		
Розділ 2	Артемчук В.В., проф.		
Розділ 3	Артемчук В.В., проф.		
Нормоконтроль	Бандуренко І.І., асистент		

7. Дата видачі завдання 30.12.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Області застосування стрічкового транспорту	01.03.24	
2	Визначення параметрів конвеєрної лінії	01.04.24	
3	Автоматизація роботи конвеєрного транспорту	01.05.24	

Студент



(підпис)

Андрущенко Д.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник/консультант роботи



(підпис)

Артемчук В.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтролер



(підпис)

Бандуренко І.І.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Андрущенко Д.С. Підвищення ефективності роботи конвеєрної лінії промислового об'єкта.

Дипломна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник Артемчук В.В. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні., кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2024 рік.

Зроблено аналіз різноманітних областей застосування стрічкового транспорту. Визначено параметри конвеєрної лінії такі, як швидкість руху конвеєрної лінії, параметрів роликкоопор та тягових параметрів. Розглянуто загальні характеристики та запропоновано елементи автоматизації роботи конвеєрного транспорту.

Ключові слова: електрична енергія; конвеєр; конвеєрна лінія; потужність, електропривід; частотний перетворювач.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Області застосування стрічкового транспорту	8
1.1 Класифікація стрічкового транспорту	7
1.2 Електропривід конвеєрів	12
1.3 Електропривід конвеєрних установок	14
2 Визначення параметрів конвеєрної лінії	19
2.1 Визначення швидкості руху конвеєрної стрічки	
2.2 Визначення типу стрічки та її основних параметрів	20
2.3 Розрахунок основних параметрів роликкоопор	21
2.4 Розрахунок тягових параметрів конвеєра	24
2.5 Проектування приводної станції	30
3 Автоматизація роботи конвеєрного транспорту	42
3.1 Загальні характеристики САУКЛ	42
3.2 Структурна схема моделі	74
3.3 Підбір перетворювача частоти	47
3.4 Система електропостачання	49
Висновки	63
Перелік посилань	65
Додаток А.	67

ВСТУП

Одним із сучасних видів транспорту, що забезпечує високу ефективність при значних вантажопотоках, є конвеєрний транспорт. У сучасному виробництві конвеєри відіграють ключову роль у технологічному процесі, регулюючи темпи виробництва, забезпечуючи його ритмічність, підвищуючи продуктивність праці та сприяючи комплексній механізації транспортно-технологічних процесів. Оскільки конвеєрні системи тісно інтегровані в загальний виробничий процес, вони повинні відповідати особливим вимогам щодо міцності та здатності працювати в автоматичних режимах.

Конвеєрний транспорт має значні переваги над традиційним автомобільним і залізничним транспортом: працівники не беруть участі безпосередньо в транспортному процесі, а лише обслуговують механізми, що підвищує продуктивність праці та забезпечує її безпеку. Крім того, конвеєрні системи використовують лише електричну енергію, що є більш економічним порівняно з дорожчим органічним паливом.

Завдяки впровадженню новітніх засобів автоматизації, продукція підприємства підвищує продуктивність установок, збільшує термін їх експлуатації та зменшує споживання електроенергії. Це робить даний продукт привабливим для підприємств, які прагнуть інтенсифікувати виробничий процес, одночасно покращуючи якість і економічність роботи. У той час як продукція багатьох конкурентів морально застаріла, має низький рівень автоматизації та не відповідає сучасним стандартам безпеки для навколишнього середовища та енергозбереження, наше обладнання вигідно вирізняється на ринку.

Такі системи дозволяють значно знизити витрати на експлуатацію завдяки високій надійності та енергоефективності. Вони мінімізують людський фактор у транспортному процесі, що знижує ризик помилок та аварійних ситуацій. Автоматизовані конвеєри також сприяють кращому плануванню та контролю виробництва, забезпечуючи більш стабільний випуск продукції.

Загалом, конвеєрний транспорт – це інноваційне рішення для сучасного виробництва, яке забезпечує високий рівень продуктивності, безпеки та економічності, що є ключовими факторами успіху в конкурентному ринковому середовищі.

1 ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СТРІЧКОВОГО ТРАНСПОРТУ

1.1 Класифікація стрічкового транспорту

Основною класифікаційною ознакою конвеєрного транспорту становить тип тягового та вантажно-несучого органів. Відповідно до цього розрізняють такі види конвеєрів:

1) за тяговими органами:

- стрічкові,
- ланцюгові,
- канатні та інші;

2) конвеєри без тягового органу:

- гвинтові,
- інерційні,
- вібраційні,
- роликові;

3) за типом вантажно-несучого органу конвеєри можуть бути:

- стрічкові,
- пластинчаті,
- скребкові,
- підвісні вантажно-несучі,
- штовхаючі,
- візкові,
- ковшові,
- коліскові,
- гвинтові,
- інерційні,
- вібраційні,
- роликові.

4) за принципом дії:

- конвеєри зі стрічкою, які транспортують вантаж на безперервно рухомій суцільній стрічці або настилу;
- ковшові конвеєри, транспортують вантаж у безперервно рухомих ковшах;
- конвеєри з підвісками, платформами, візками. Транспортують вантаж на безперервно рухомих підвісках, платформах, візках;
- конвеєри зі скребками. Транспортують вантаж по нерухомому жолобу або трубі безперервно рухомими скребками.

4) за призначенням і напрямом транспортування:

- стаціонарні та пересувні конвеєри. Використовують для насипних, штучних вантажів та для пасажирів;
- конвеєри з різним напрямом транспортування. Із вертикально замкнутою, горизонтально замкнутою і просторовою трасою.

Область застосування конвеєрного транспорту. Конвеєри поділяють на машини загального призначення та спеціальні (стакери, елеватори, ескалатори, рухомі тротуари). Вони стають невід'ємною частиною сучасного технологічного процесу. Регулювання темпу виробництва для забезпечення ритмічності і підвищення продуктивності праці та сприяння підвищенню випуску продукції.

Комплексна механізація та автоматизація. Виконують вантажно-розвантажувальні та складові операції. Конвеєри застосовуються як високопродуктивні транспортні машини, які передають вантаж з одного пункту в інший на ділянках внутрізаводського і, в ряді випадків, зовнішнього транспорту.

Розвиток різних галузей промисловості обумовлюють такі основні напрями розвитку конвеєрних машин:

- створення машин для безперевантажувального транспорту вантажів від початкового до кінцевого пунктів по прямолінійній та складній просторовій трасі великої протяжності. Цьому напрямку підпорядковане створення багатопровідних конвеєрів різних типів (підвісних, пластинчатих, скребкових, стрічкових), потужних

стрічкових конвеєрів із надміцними стрічками, стрічково-канатних і стрічково-ланцюгових конвеєрів із міцним тяговим елементом у вигляді канатів або ланцюгів, згинаючих скребкових та пластинчастих конвеєрів, складних розгалужених систем підвісних штовхаючих конвеєрів, трубчастих скребкових конвеєрів із просторовою трасою та інші;

- підвищення продуктивності конвеєрів шляхом вибору раціональної форми вантажонесучого елемента, збільшення кількості вантажу на одиницю довжини, та підвищення швидкості вантажонесучих елементів;
- підвищення надійності машин і спрощення їх обслуговування в складних умовах експлуатації, що становить передумовою для повної автоматизації управління;
- автоматизація управління машинами і конвеєрними системами;
- зменшення маси і габаритів конвеєрів через новим полегшеним конструкціям, використанню пластмас і легких сплавів, гнутих профілів металу замість прокатних;
- покращення умов праці персоналу, запобігання втратам вантажу, ізоляція від зовнішнього середовища пилоподібних, гарячих, газуючих та хімічно агресивних вантажів;
- уніфікація та нормалізація обладнання із збільшенням кількості типорозмірів;
- підвищення якості виробництва машин через використання передових технологій та технічної естетики.

В залежності від розмірів шматків вантажу і його маси може бути здійснений вибір типу конвеєрного транспорту з подальшим уточненням його конструкції (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Застосування конвеєрів для насипних вантажів

Найменування вантажу	Розмір шматків, мм	Рекомендовані типи конвеєрів
Кусковий: велико-кусковий середнє-кусковий	160-500 60-160	Пластинчатий, стрічковий, стрічковий-ланцюговий, стрічковий-канатний
дрібно-кусковий	10-60	Стрічковий, двострічковий, елеватор, скребковий, ковшовий
Порошкоподібний Пилоподібний	0,05-0,5 0,05	Трубчатий, двострічковий, елеватор, скребковий

Таблиця 1.2 – Застосування конвеєрів для штучних вантажів

Група вантажу	Маса т, кг	Рекомендовані типи конвеєрів
Легкі	До 15	Стрічковий, підвісний, вертикальний одно- і дволанцюговий
Середні Важкі	15-50 50-200	Пластинчатий, підвісний, люльковий, візковий, вертикальний, чотирьох-ланцюговий
Надважкі	Від 200	Вантажоведучий, візковий, вертикальний, чотирьох-ланцюговий

Область застосування, транспортуючий вантаж і транспортно-технологічні функції стрічкового конвеєрного транспорту. Стрічкові конвеєри широко використовуються в машинобудуванні, приладобудуванні, металургії, хімічній промисловості, будівництві та сільському господарстві для транспортування різномірних насипних і штучних вантажів. У відкритих гірничих розробках і шахтах вони переміщують корисні копалини, будівельні матеріали і ґрунт, зокрема, при будівництві гребель, а також масові вантажі, такі як вугілля та руда, на відстані у десятки кілометрів. Вони також використовуються для вантажно-розвантажувальних робіт з масовими вантажами, транспортування корисних

копалин на збагачувальних фабриках, сировини на металургійних заводах і палива на теплових електростанціях.

Перспективи конвеєризації транспорту. Значні вантажопотоки, погіршення умов розробки вугільних родовищ та складність розвитку галузі призводять до підвищення трудомісткості гірничих робіт, включаючи підземний транспорт. Конвеєризація транспорту в шахтах здійснюється за допомогою трьох основних типів конвеєрів: скребкових, стрічкових і пластинчастих, а також деяких їх різновидів. Вибір типів конвеєрів, їх конструкцій і параметрів, а також визначення перспектив їх застосування залежать від умов і вимог, які пред'являються до конвеєрного транспорту в підземних умовах вугільних і рудних шахт залежно від гірничо-геологічних і гірничотехнічних факторів.

1.2 Електропривід конвеєрів

Необхідність регулювання швидкості або відсутня, або знаходиться в невеликому діапазоні $D = 2 \dots 5$. Потрібен підвищений пусковий момент через високий момент тертя спокою порівняно з моментом тертя руху. Необхідно забезпечити плавність перехідних процесів для уникнення розкачування або пробуксовки механізму та зниження динамічних зусиль при наявності пружних зв'язків. Бажано, щоб при пуску привід конвеєрного транспорту мав характеристику з поступовим збільшенням пускового моменту до початку руху конвеєрної стрічки та обмеженою величиною моменту в процесі розгону до номінальної швидкості.

Синхронізація роботи приводних барабанів. При роботі з декількома приводними барабанами привід повинен забезпечувати синхронізацію роботи, тобто встановлення розрахункового розподілу тягового зусилля між приводними барабанами. Знижена швидкість для огляду. Приводи потужних конвеєрів з високою швидкістю руху стрічки повинні забезпечувати знижену швидкість 1 м/с для проведення її огляду. Реверс. Привід потужних конвеєрів повинен

забезпечувати реверс у режимі місцевого управління.

Типи електроприводів для конвеєрів. Конвеєри можуть мати однодвигунний або багатодвигунний електропривод. Залежно від вимог до плавності пуску та регулювання швидкості в механізмах із розосередженою навантаженням застосовуються різні типи електроприводів:

- електроприводи з короткозамкненими асинхронними двигунами з підвищеним пусковим моментом;
- асинхронні електродвигуни з фазним ротором для конвеєрних ліній великої протяжності для забезпечення плавного пуску.

Для приводів, де потрібне регулювання швидкості, найбільш перспективним становить електропривод за схемою ПЧ-АД (перетворювач частоти - асинхронний двигун). Також можливе застосування системи АВК (автоматичне векторне керування) і електроприводів постійного струму за схемою ТП-Д (тиристорний перетворювач - двигун постійного струму).

Для багатодвигунових приводів з метою отримання сприятливого розподілу навантаження між двигунами застосовуються асинхронні короткозамкнені двигуни з підвищеним ковзанням, завдяки чому поліпшується розподіл навантаження між електродвигунами через більш м'яким механічним характеристикам.

Асинхронні двигуни з фазним ротором. Механічні характеристики вирівнюються за допомогою включення в ланцюг ротора одного з двигунів додаткового опору. Це також вирішують проблему плавності пуску та обмеження пускових струмів за допомогою реостатного багатоступінчастого пуску або тиристорного регулятора струму в ланцюзі ротора.

Для управління електроприводами одиночних конвеєрів, не пов'язаних з іншими механізмами, використовуються магнітні пускачі. Захист таких систем здійснюється автоматичними вимикачами, які гарантують захист від перевантаження і короткого замикання.

1.3 Електропривід конвеєрних установок

Розвиток систем регульованого електроприводу історично було зв'язано з розвитком перетворювальної техніки. На сучасному етапі всі системи регулюючого електроприводу виконуються на основі силових напівпровідникових перетворювачів, побудованих на керованих напівпровідникових пристроях. У таблиці 1.3 наведені основні характеристики найбільш розповсюджених систем регульованого електропривода.

Таблиця 1.3 – Основні характеристики систем регульованого електропривода

Система	Тип двигуна	Основні характеристики
Перетворювач частоти - Асинхронний двигун (ПЧ-АД)	Асинхронний двигун	Висока ефективність, точність регулювання швидкості, плавний пуск, економічність.
Тиристорний перетворювач - Двигун постійного струму (ТП-Д)	Двигун постійного струму	Добре регулювання швидкості, висока надійність, зручність обслуговування, використання в умовах з необхідністю високого пускового моменту.
Асинхронний двигун з фазним ротором	Асинхронний двигун	Плавний пуск, можливість регулювання швидкості, висока механічна міцність, підходить для важких умов експлуатації.

Переваги та особливості використання систем.

«Перетворювач частоти - Асинхронний двигун» (ПЧ-АД) забезпечує високий рівень ефективності та точності регулювання швидкості. Завдяки плавному пуску і економічності, ця система становить одні з найбільш перспективних для застосування в конвеєрних установках.

«Тиристорний перетворювач - Двигун постійного струму» (ТП-Д) надає відмінні можливості для регулювання швидкості та високої надійності. Вона

зручна в обслуговуванні та використовується в умовах, де потрібен високий пусковий момент.

Асинхронний двигун з фазним ротором. Перевагою цієї системи становить плавний пуск та можливість регулювання швидкості. Вона характеризується високою механічною міцністю і підходить для експлуатації в важких умовах, таких як підземні шахти і рудники.

Вибір конкретної системи електроприводу залежить від вимог до плавності пуску, регулювання швидкості, механічних характеристик і умов експлуатації конвеєрного транспорту. Сучасні системи електроприводів з використанням напівпровідникових перетворювачів дозволяють забезпечити високу ефективність, надійність та зручність в експлуатації конвеєрних установок. Основні параметри керованого електроприводу наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Основні параметри керованого електроприводу

Тип регульованого електроприводу	Потужність, кВт	Ном. швидкість, об/хв	Діапазон регулювання	Області застосування
1.Частотно-регульований асинхронний електропривод (ПЧ-АД)				
1.1.На базі низьковольтних (380В) АД КЗ загального застосування і транзисторних ПЧ	0,5-250	До 3000	20:1	Різноманітні технологічні машини і обладнання, насоси, вентилятори та ін.

Характеристики конвеєрів, що застосовуються. Технічні характеристики стрічкових конвеєрів із шириною стрічки 500, 600, 800, 900, 1000 і 1200 мм наведені в таблиці 1.5. Випускаються конвеєри для транспортування вугілля в шахтах, небезпечних по газу та пилу, котрі комплектуються електрообладнанням у виконанні РВ і РВН, а також негорючими (вогнетривкими) стрічками.

Продовження таблиці 1.4

1.2.На базі спеціальних АД і транзисторних ПЧ	1-100	До 12000	400:1	Електроприводи головного руху металорізальних та ін. станків
1.3.На базі інтегрованих конструкцій (електрошпинделі, електроверенета)	0,1-60	До 50000	400:1	Металорізальні станки, текстильне обладнання та ін.
1.4.На базі АД КЗ напругою до 1 кВ і транзисторних ПЧ	400-3000	До 3000	20:1	Насоси, вентилятори, різноманітне технологічне обладнання
Тип регульованого електроприводу	Потужність, кВт	Ном. швидкість, об/хв	Діапазон регулювання	Області застосування
1.5.На базі АД і тиристорних ПЧ	250-8000	До 3000	20:1	Насоси, вентилятори, різноманітне технологічне обладнання
2.Вентильний двигун (без щіткові електрична машина постійного струму) - ВД				
2.1.На базі синхронних двигунів зі збудженням від постійних магнітів і транзисторних комутаторів	0,1-50	До 3000	10000:1 і більше	Приводи подач металорізальних станків, роботи та інше обладнання
2.2.На базі високовольтних СД і тиристорних комутаторів	400-1000	До 3000	10:1	Насоси, турбокомпресори, гірське і металургійне обладнання

Продовження таблиці 1.4

3.Електроприводи постійного струму із живленням від керованого напівпровідникового випрямляча (ТП-Д)				
3.1.На базі високомоментних двигунів постійного струму і тиристорних (або транзисторних широко-імпульсних) керованих перетворювачів	0,3-30	До 1500	10000:1	Електропривод и металорізальних та інших станків різноманітне високоточне обладнання
3.2.На базі двигунів постійного струму загального застосування і тиристорних перетворювачів	1-1000	До 1500	100:1	Різнманітне технологічне обладнання, крани, підйомні машини
Тип регульованого електроприводу	Потужність, кВт	Ном. швидкість, об/хв	Діапазон регулювання	Області застосування
3.3.На базі двигунів постійного струму індивідуального виконання і тиристорних перетворювачів	1000-10000	До 1000	100:1	Металургійне, гірське та інше технологічне обладнання
4.Асинхронний вентильний каскад (АВК) на базі асинхронних двигунів із фазним ротором і тиристорних перетворювачів	250-2000	До 1500	2:1	Електропривод и насосів і вентиляторів

Таблиця 1.5 – Характеристики конвеєрів

Показник	Тип конвеєра								
	5050-80	5040-60	5025-40	5025-40Л	5016-30Л	ТК-1Б	ТК-2Б	С-1002А**	С-980А**
Транспортуючий вантаж	Сипучий, дрібний, штучний					Сипучий, дрібний			
Продуктивність, т/год; (шт./год)	100	80	50	20 000 шт./год		70	70	90	90
Довжина конвеєра, м	Визначається проектом					80	40	10	15
Швидкість руху транспортної стрічки, м/с	1,25	1	0,6	0,25-0,6		1,6	1,6	1,6	1,6
Діаметр приводного барабана	500	400	250	250	160	400	400	-	-
Редуктор: тип	Ц2У-200/ЦУ-1600		Ц2У-160	РЧУ-100		2ЦУ-125		Мотор-барабан, мотор-редуктор	
Передавальне число	31,5			16; 20; 31,5; 40		-			
Потужність електродвигуна, кВт	5,5; 7,5; 11		2,2; 3; 5,5; 7,5	1,1; 1,5; 2,2		7,5	5,5	2,2	4
Частота обертання, рад/с	1500		1500	1500		-		-	
Діаметр роликів, мм	102					76			

2 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ

2.1 Визначення швидкості руху конвеєрної стрічки

При транспортуванні штучних і насипних вантажів швидкість руху стрічки залежить від властивостей вантажу і ширини стрічки. Для транспортування штучних вантажів швидкість стрічки зазвичай вибирають в межах приблизно $V = 0,2 \dots 0,8$ м/с. Для вантажів масою до 15 кг V стрічки становить $0,5 \dots 0,8$ м/с, а для вантажів більшої маси $V = 0,2 \dots 0,5$ м/с. При транспортуванні насипних вантажів швидкість стрічки попередньо можна вибрати в межах $V = 1 \dots 2$ м/с. Взагалі, номінальну швидкість стрічки встановлюють з ряду нормальних значень згідно ГОСТ 22644-77.

Вибір ширини стрічки.

Для транспортування штучних вантажів, припускаючи орієнтовну укладку вантажу, ширину стрічки приймають рівною:

$$B = b + (50 \dots 200) \text{ мм},$$

$$B = 350 + 150 = 500 \text{ мм}$$

де b - ширина вантажу, мм.

Припустимо, що $b = 350$ мм.

Тоді

$$B = 350 + 150 = 500 \text{ мм}.$$

Для транспортування насипних вантажів ширину стрічки визначають за формулою:

$$B = \sqrt{\frac{Q}{CV\gamma}}$$

де:

де Q – продуктивність, т/год;

V – швидкість стрічки, м/с;

γ – насипна маса вантажу, т/м³.

C - коефіцієнт, що залежить від кута укосу вантажу на стрічці: для плоскої стрічки $C = 240 \dots 325$; для жолобчастою стрічки $C = 450 \dots 655$.

Розраховане значення ширини стрічки слід округлити до найближчої стандартної величини по ГОСТ 22644-77.

2.2 Визначення типу стрічки та її основних параметрів

Як правило, для конвеєрного транспорту застосовують прогумовані тканинні стрічки, що складаються з пошарового тягового каркаса і зовнішніх гумових обкладок. Залежно від умов експлуатації та призначення розрізняють п'ять типів гумовотканинних стрічок: 1; 2Р; 2; 3; 4 загального призначення, підвищеної теплостійкості, живлячі, морозостійкі, теплостійкі і негорючі. Може бути рекомендована гумовотканинна конвеєрна стрічка типу 2 загального призначення по ГОСТ 20-76. Для обраної стрічки число тканинних прокладок попередньо можна прийняти $i=3$ при мінімальній міцності прокладки $K_p=55$ Н/мм і товщині одністановити тканинної прокладки $\delta_{пр}=1,15$ мм.

Товщину обкладання робочої поверхні можна вибрати $\delta_1 = 3$ мм і неробочий $\delta_2 = 1$ мм.

Обираємо з довідникових джерел стрічку 500-EP100/1-1/1 У.

Параметри обраної стрічки наведено у таблиці 2.1.

Розрахунок маси одного погонного метра стрічки.

Маса одного погонного метра стрічки визначається за формулою:

$$q_{л} = m * B$$

$$q_{л} = 10 * 0,5 = 5 \text{ кг/м}$$

де

B – ширина стрічки, м;

m – маса одного квадратного метра стрічки.

Таблиця 2.1 – Параметри стрічки 500-EP100/1-1/1 Y

Міцність стрічки, Н/мм	100
Кількість тканинних шарів	1
Тип тканини каркасу	EP
Товщина робочої обкладки, мм	1
Товщина нижньої обкладки, мм	1
Клас резини обкладок	Y
Температурний діапазон, °C	-40 +80
Втрати об'єму при стиранні, mm ³	150
Мінімальний діаметр барабана, мм	100

2.3 Розрахунок основних параметрів роликоопор

Роликові опори є важливими елементами стрічкового конвеєрного транспорту і мають відповідати певним вимогам, наприклад, бути довговічними, володіти малим опором обертанню, сприяти центруванню стрічки.

Для робочої гілки стрічки при транспортуванні сипучих вантажів застосовують багатороликові опори (жолоби типу "Ж"), а для штучних вантажів – «плоскі опори» типу «П», що складаються з одного ролика. Холоста гілка здебільшого мастановить однороликові опори типу «Н».

Роликоопори стрічки конвеєрів загального призначення виконуються з жорстким кріпленням осей на опорах (тип І), які в свою чергу кріпляться болтами до рами конвеєрного транспорту. На високопродуктивних конвеєрного

транспортних застосовуються ролики з виносними підшипниками на півосях (тип II).

Рекомендації щодо вибору типу роликкоопор:

- тип "Ж" (жолоби). Використовується для транспортування сипучих вантажів, оскільки багатороликові опори дозволяють забезпечити більш рівномірне навантаження на стрічку та зменшити її зношування;
- тип "П" (плоскі опори). Підходять для транспортування штучних вантажів, оскільки однороликові опори гарантують достатню підтримку для таких вантажів;
- тип "Н" (холості опори). Застосовуються для холодної гілки конвеєрного транспорту. Однороликові опори гарантують мінімальний опір і знос стрічки.

Тип I (жорстке кріплення осей). Підходить для загальних умов експлуатації, де не вимагає встановитися висока продуктивність.

Тип II (виносні підшипники). Використовується на високопродуктивних конвеєрних транспортерах, де необхідно знизити опір обертання і забезпечити більш тривалий термін служби роликів.

Вибір конкретного типу роликкоопор залежить від характеристик вантажу, умов експлуатації та вимог до продуктивності конвеєрного транспорту (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Параметри обертових частин роликкоопор

Ширина стрічки, мм	Пряма роликкоопора		Жолобчаста роликкоопора	
	Діаметр ролика, мм	Маса, кг	Діаметр ролика, мм	Маса, кг
400	108	6.5	108	10
500	108	8.0	108	11.5
650	108	11.0	108	12.5
800	133	19.5	133	22
1000	133	21.5	133	25
1200	133	26.5	133	29
1400	159	40.5	159	50.5

Роликоопора ПП50 - 108 ГОСТ 22645-77,

де ПП - тип роликоопори;

50 – ширина стрічки, см;

108 – діаметр ролика, мм.

Відстані між роликооперами.

Рекомендовані відстані між роликооперами.

Для штучних вантажів масою до 20 кг на робочій гілці $l'p = 1 \dots 1,4$ м; а на холостій гілці $l''p = 2 \dots 3$ м.

Для штучних вантажів масою більше 20 кг на робочій гілці $l'p \leq b/2$, де b – довжина вантажу; а на холостій гілці $l''p = 2 \dots 3$ м.

Для насипних вантажів на робочій гілці $l'p = 11,5$ м; а на холостій гілці $l''p = 23$ м.

Погонні маси обертових частин роликоопор
на робочій гілці

$$q'_{p} = \frac{Q'_{p}}{l'_{p}},$$

$$q'_{p} = \frac{8}{1} = 8 \text{ кг/м}$$

на холостій гілці

$$q''_{p} = \frac{Q''_{p}}{l''_{p}}.$$

$$q''_{p} = \frac{8}{3} = 2,7 \text{ кг/м}$$

де Q'_{p} , Q''_{p} - маси обертових частин роликоопор відповідно на робочій і холостій гілках.

2.4 Розрахунок тягових параметрів конвеєра

Тяговий розрахунок стрічкового конвеєрного транспорту полягає у визначенні натягу стрічки в точках контуру методом обходу по контуру і розрахунку тягового зусилля конвеєрного транспорту. Контур траси конвеєрного транспорту поділяють на прямолінійні (горизонтальні і похилі) та криволінійні (повороти стрічки на барабанах і роликах) ділянки. Нумерацію і розрахунок починають з точки збігання стрічки з приводного барабана, точки 1.

Натяг стрічки в точці i : T_i .

Розрахункове тягове зусилля конвеєрного транспорту: T .

Момент на приводному барабані:

$$M = T \cdot D/2$$

де D — діаметр приводного барабана.

Розрахунок натягу стрічки. Для горизонтальних і похилих ділянок натяг стрічки визначаються за формулою:

$$T_{i+1} = T_i + (q + q_r + q_m) \cdot l \cdot \mu$$

де:

q — маса вантажу на одиницю довжини стрічки, кг/м;

q_r — маса обертових частин роликкоопор на одиницю довжини стрічки, кг/м;

q_m — маса стрічки на одиницю довжини, кг/м;

l — довжина ділянки, м;

μ — коефіцієнт тертя.

Для похилих ділянок також враховується вплив нахилу:

$$T_{i+1} = T_i + (q + q_r + q_m) \cdot l \cdot \mu + q_m \cdot g \cdot h$$

де:

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

h – висота підйому, м.

Розрахунок на криволінійних ділянках.

Для криволінійних ділянок (повороти на барабанах і роликах) натяг стрічки визначається за формулою:

$$T_{i+1} = T_i \cdot e^{\mu \cdot \alpha}$$

де:

α – кут обхвату барабана (ролика) стрічкою, рад.

Застосування методу обходу по контуру. Даний метод починається з точки 1 – точки збігання стрічки з приводного барабана, і закінчується поверненням у точку 1. При обході враховуються всі прямолінійні і криволінійні ділянки траси конвеєрного транспорту.

Приклад розрахунку

Вихідні дані:

Ширина стрічки $B = 0.5$ м.

Маса стрічки на одиницю площі $m = 10$ кг/м².

Питома маса обертових частин роликкоопор на робочій гілці $q_{р'} = 8$ кг/м.

Питома маса обертових частин роликкоопор на холостій гілці $q_{р''} = 2.7$ кг/м.

Коефіцієнт тертя $\mu = 0.02$.

Прискорення вільного падіння $g = 9.81$ м/с².

Розрахунок. Визначення маси стрічки на одиницю довжини: $q_l = m \cdot B = 10 \cdot 0.5 = 5$ кг/м.

Прямолінійна горизонтальна ділянка (довжина $l = 10$ м):

$$T_2 = T_1 + (q + q_{р'} + q_l) \cdot l \cdot \mu T = T_1 + (20 + 8 + 5) \cdot 10 \cdot 0.02 = T_1 + 33$$

Прямолінійна похила ділянка (довжина $l = 5$ м, висота $h = 1$ м):

$$T_3 = T_2 + (q + q_p' + q_l) \cdot l \cdot \mu + q_l \cdot g \cdot h$$

$$T_3 = T_2 + (20 + 8 + 5) \cdot 5 \cdot 0.02 + 5 \cdot 9.81 \cdot 1 = T_2 + 16.5 + 49.05 = T_2 + 65.55$$

Криволінійна ділянка (кут обхвату $\alpha = 180^\circ$):

$$T_4 = T_3 \cdot e^{\mu \cdot \alpha}$$

$$T_4 = T_3 \cdot 1.063 = T_3 \cdot 1.063$$

Підсумковий натяг стрічки в точках контуру:

Натяг в точці 1: T_1

Натяг в точці 2: $T_1 + 33$

Натяг в точці 3: $T_1 + 33 + 65.55$

Натяг в точці 4: $(T_1 + 98.55) \cdot 1.063$

Загальний вигляд конвеєра наведено на рисунку 2.1.

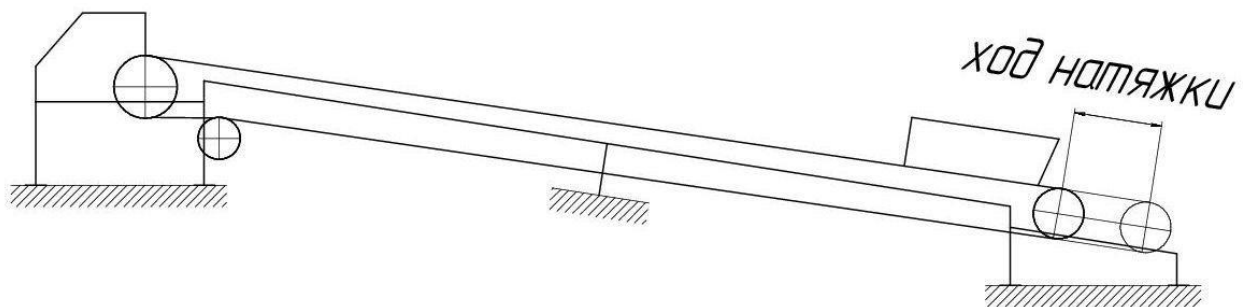


Рисунок 2.1 – Загальний вид конвеєрного транспорту

Визначаємо натяг стрічки в точках контуру.

Натягування стрічки в точках контуру:

$$S_2 = S_1 + W_{1-2},$$

$$S_3 = S_2 + W_{2-3} = S_1 + W_{1-2} + W_{2-3},$$

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} = S_1 + W_{1-2} + W_{2-3} + W_{3-4}.$$

Опір на холостий гілки

$$W_{1-2} = (q_{л} + q''_{л})gL \cos \beta w' \pm q_{л}gL \sin \beta,$$

$$W_{1-2} = 250 H;$$

де

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - прискорення вільного падіння;

L – довжина конвеєра, м;

w' - коефіцієнт опору руху стрічки по роликоопор (менші значення для прямих роликоопор, великі для жолобчастих):

- в опалювальному приміщенні з нормальною вологістю при наявності невеликої кількості абразивного пилю

$$w' = 0,022 \dots 0,025;$$

- в неопалюваному приміщенні з підвищеною вологістю або на відкритому повітрі при наявності великої кількості абразивного пилю

$$w' = 0,035 \dots 0,04.$$

У формулах для визначення опору W для холостої і завантаженої гілки у другого члена знак "плюс" приймається при русі вгору, а знак "мінус" при русі вниз.

Опір при обгинанні стрічкою натяжної барабана

$$W_{2-3} = (0,05 \dots 0,06)S_2 - \text{при куті обхвату стрічкою барабана } \geq 180^\circ.$$

Опір на навантаженій гілці

$$W_{3-4} = (q + q_{л} + q''_{л})gL \cos \beta w' \pm (q + q_{л})gL \sin \beta,$$

$$W_{3-4} = 2360 H;$$

де q – погонна маса вантажу.

$$q = Q/a, \text{ кг/м};$$

де Q – маса вантажу, кг;

a – крок вантажу (відстань між центрами двох сусідніх вантажів), м:

$$a = 3,6 \frac{QV}{\Pi} \text{ м};$$

Π – продуктивність конвеєра, т / год

$$\Pi = \frac{QZ}{1000} \text{ т/год};$$

Z – штучна продуктивність, шт/год.

Для насипних вантажів

$$q = \frac{\Pi}{3,6V} \text{ кг/м};$$

Невідомі величини S_1 і S_2 визначаються рішенням системи рівнянь

$$\left\{ \begin{array}{l} S_4 = S_1 + W_{1-2} + W_{2-3} + W_{3-4} \\ S_4 = S_1 e^{\mu\alpha} \end{array} \right\},$$

де $e^{\mu\alpha}$ - тяговий фактор (для чавунного або сталевого барабана при вологій атмосфері і куті обхвату 180° можна прийняти $e^{\mu\alpha} = 1,87$).

$$S_1 = 324,0 \text{ H};$$

$$S_2 = 349,0 \text{ H};$$

$$S_3 = 370,0 \text{ H};$$

$$S_4 = 606,0 \text{ H};$$

Визначаємо тягове зусилля.

Окружне зусилля на приводному барабані визначається за формулою

$$F_t = S_{\text{нб}} - S_{\text{сб}} + W_{\text{пр}},$$

де $W_{\text{пр}}$ – опір при обгинанні стрічкою приводного барабана:

$$W_{\text{пр}} = (0,03 \dots 0,05)(S_{\text{нб}} + S_{\text{сб}}).$$

Таким чином,

$$F_t = (S_4 - S_1) + (0,03 \dots 0,05)(S_4 + S_1).$$

$$F_t = 328,5 \text{ H};$$

Перевіряємо стрічку на міцність.

Необхідна кількість прокладок стрічки визначається за формулою

$$i = \frac{S_{\text{max}} n}{k_p B} \approx 3,$$

де S_{max} – максимальний натяг стрічки, Н;

n – коефіцієнт запасу міцності стрічки;

k_p – міцність тягової прокладки, Н/мм;

B – ширина стрічки, мм.

Стосовно до розглянутого випадку

$$S_{max} = S_4, k_p = 55 \text{ Н/мм.}$$

Значення n для гумотканинних стрічок загального призначення $n = 8 \dots 10$. Менші значення при куті нахилу конвеєра $\beta \leq 10^\circ$, великі при $\beta > 10^\circ$. Якщо попередньо прийняте число прокладок ($i = 3$) виявляється недостатнім, то його збільшують (для обраної вище стрічки $i_{max}=8$), або приймають стрічку з більш міцними прокладками, що мають $k_p=100, 150$ або 200 Н/мм (табл. 2.3).

2.5 Проектування приводної станції

Розробляємо конструкцію і визначаємо основні параметри приводного барабана. Діаметр приводного барабана D визначають залежно від числа прокладок стрічки

$$D = ai \geq D_{min},$$

$$D = 400 \text{ мм}$$

де a – коефіцієнт, який залежить від міцності стрічки k_p .

Схема приводного барабана наведено на рисунку 2.2.

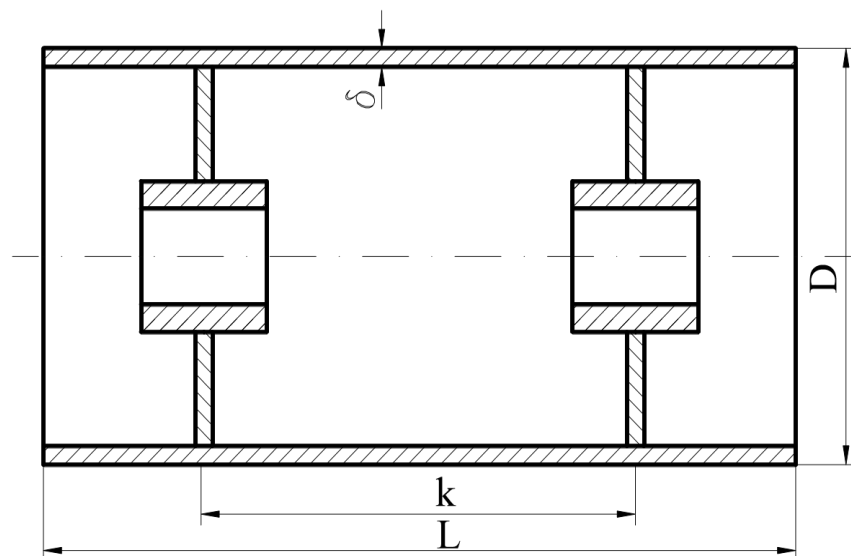


Рисунок 2.2 – Схема приводного барабана

Таблиця 2.3 – Залежність а від k_p

k_p , Н/мм	55	100	150	200
а	125...130	150...180	160...200	200...220

На підставі аналізу чинних аналогічних установок, конвеєри різної ширини мають такі мінімальні значення діаметрів приводних барабанів D_{\min} (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Значення діаметрів приводних барабанів

Ширина стрічки В, мм	300	400	500	650	800	1000	1200
D_{\min} , мм	400	400	400	400	500	500	630

Діаметри барабанів повинні відповідати номінальному ряду згідно з ГОСТ 22644-77.

Товщину обода барабана δ можна прийняти рівною

$$\delta = 0,005D + (4...6) \text{ мм},$$

$$\delta = 8,5 \text{ мм}$$

де D – діаметр барабана, мм.

Довжина барабана вибирається в залежності від ширини стрічки (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Значення довжин барабанів

D , мм	300	400	500	650	800	1000	1200
L , мм	400	500	600	750	950	1150	1400

Відстань між втулками $k = 0,9B$, $k = 0,45 \text{ м}$,

де B – ширина стрічки.

Орієнтована маса Q_6 приводних барабанів наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Орієнтована маса Q_6 приводних барабанів, кг

Діаметр D, мм	Довжина барабана L, мм						
	400	500	600	750	950	1150	1400
400	42	49	57	69	84	100	120
500	64	74	85	100	121	140	167
650	91	106	119	140	167	195	229
800	127	146	167	194	233	273	322
1000	171	198	225	264	318	371	438

Вибір електродвигуна. Визначаємо необхідну потужність електродвигуна

$$P_{тр} = F_t V / (1000\eta) \text{ (кВт)},$$

$$P_{тр} = 0,73 \text{ кВт}$$

За каталогом вибирають електродвигун найближчій більшої потужності. При цьому можуть бути рекомендовані електродвигуни серії 4А по ГОСТ 19523-81 з синхронною частотою обертання 1000 об/хв. Вибираємо двигун АИР80А6, характеристики якого наведено у таблиці 2.7.

Вибір редуктора. Кращим є привід, що складається з електродвигуна і редуктора без додаткової передачі. Визначаємо частоту обертання приводного барабана

$$n = \frac{60V}{\pi D} \text{ об/хв},$$

$$n=9,55 \text{ об/хв}$$

де V – швидкість стрічки, м / с; D діаметр приводного барабана, м.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики двигуна АІР80А6

Потужність, кВт	0,75
Частота обертання поля статора, об/хв	1000
Швидкість обертання валу, об/хв	905
Тип	Асинхронний
Напруга живлення, В	220/380
Монтажне виконання	Лапи/фланець/комбіноване
Номінальний струм, А	2,3
КПД	69%
$M_{п}/M_{н}$	2
$M_{max}/M_{н}$	2,1
$I_{п}/I_{н}$	5,3
Момент інерції, кг*м ²	0,0035
Діаметр валу, мм	20
Вага, кг	14
Передній/задній підшипники	6205 ZZ-C3/6204 ZZ-C3
Рівень шуму, дБ	До 57

Визначаємо число передавальне приводу

$$u = \frac{n_e}{n}$$

$$u = \frac{905}{9,55} = 94,8;$$

де n_e – частота обертання валу електродвигуна.

Визначаємо величину крутного моменту на тихохідному валу редуктора

$$T = \frac{F_t D}{2} \text{ Нм},$$

$$T = \frac{3285 \cdot 0,4}{2} = 65,7 \text{ Нм};$$

де F_t – окружне зусилля на приводному барабані, Н;

D – діаметр приводного барабана, м.

Обираємо редуктора 2Ч-63 (табл. 2.8). Умови його застосування:

- частота обертання вхідного валу не більше 1800 об/хв;
- робота тривала або з періодичними зупинками;
- обертання валів в будьяку сторону;
- навантаження змінне або постійне, одного напрямку або реверсивного;
- атмосфера типів I і II по ГОСТ 15150-69 при запиленості повітря не більше 10 мг/м³;
- кліматичні виконання У, Т для категорії розміщення 1-3 і кліматичні виконання УХЛ і О для категорій розміщення 4 по ГОСТ 15150-69.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики редуктора 2Ч-63

Тип	Номінальне передавальне число	Номінальний крутний момент, Нм	Маса, кг	ККД
2Ч-63	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80	83-130	12,6	0,61

Габаритні і приєднувальні розміри редуктора показано на рисунку 2.3 та у таблиці 2.9.

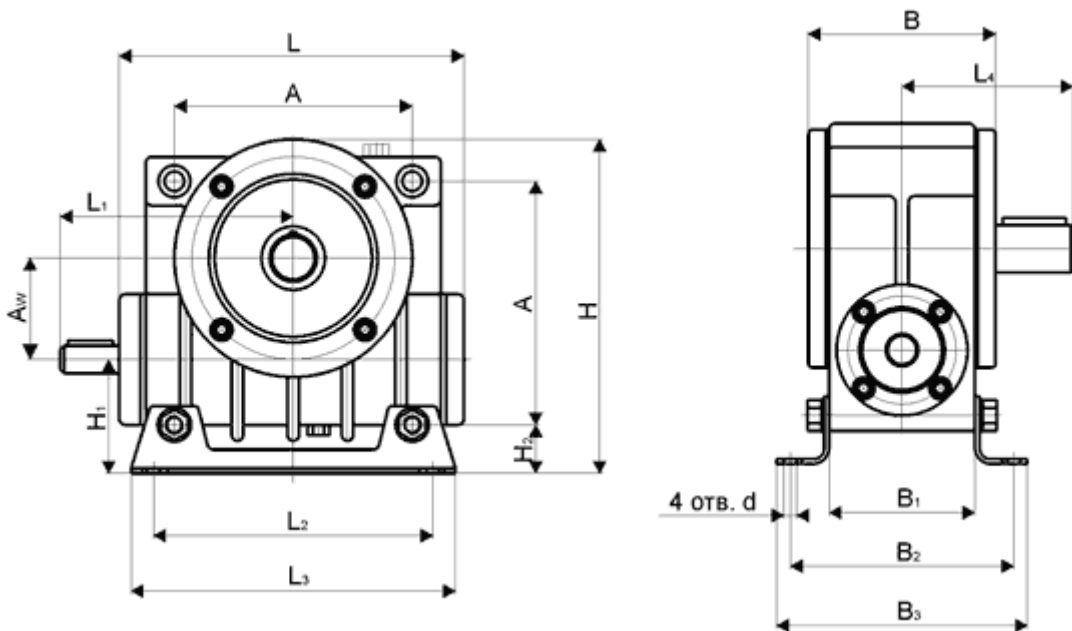


Рисунок 2.3 – Габаритні і приєднувальні розміри редуктора 2Ч-63

Таблиця 2.9 – Габаритні і приєднувальні розміри редуктора

Тип	aw, мм	A ₁ , мм	A ₂ , мм	A ₃ , мм	A ₄ , мм	B ₁ , мм	B ₂ , мм
2Ч-63	63	150	145	125	165	197	232
B ₃ , мм	B ₄ , мм	H, мм	H ₁ , мм	H ₂ , мм	H ₃ , мм	H ₄ , мм	B ₃ , мм
82	40	200	135	180	220	120	82

Приєднувальні розміри порожнистих валів редуктора 2Ч-63 показано на рисунках 2.4, 2.5 та таблицях 2.10, 2.11.

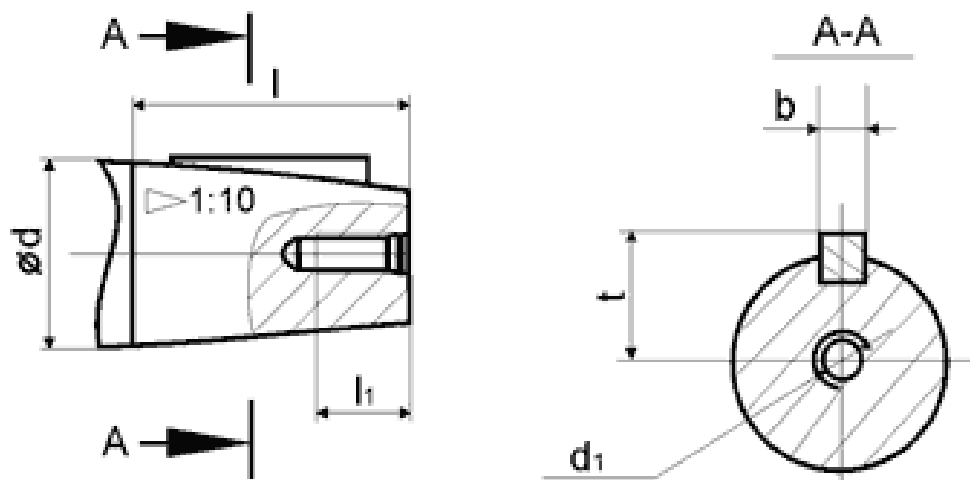


Рисунок 2.4 – Вхідний і вихідний вали редуктора 2Ч-63

Таблиця 2.10 – Приєднувальні розміри вхідних і вихідних валів

Тип редуктора	Розмір вхідного валу, мм					
	d	d ₁	l	l ₁	t	b
	22	M8	36	20	11,5	4
2Ч-63	Розмір вихідного валу, мм					
	d	d ₁	l	l ₁	t	b
	28	M8	42	20	14,9	5

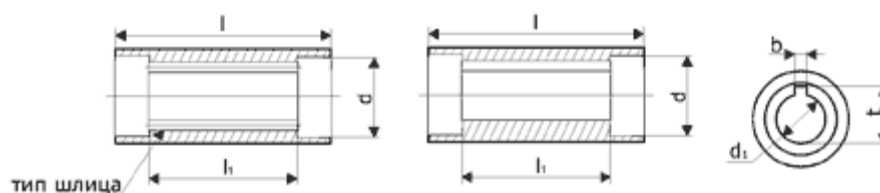


Рисунок 2.5 – Приєднувальні розміри порожнистих валів редуктора 2Ч-63

Таблиця 2.11 – Приєднувальні розміри порожнистих валів

Тип редуктора	d	d ₁	l	l ₁	t	b	Тип шлицю ГОСТ 6033
2Ч-63	33	28	108	68	31,1	8	32x1,5xH8

Розрахунок валу приводного барабана.

Визначаємо діаметр валу з розрахунку тільки на крутіння

$$d = (150 \dots 170) \sqrt[3]{\frac{P}{n}} \text{ мм},$$

$$T = (150 \dots 170) \cdot \sqrt[3]{\frac{0,75}{19,1}} = 57,8 \text{ мм};$$

де P – потужність на валу приводного барабана,

$$P = \frac{F_t V}{1000} \text{ кВт},$$

де F_t – окружне зусилля на приводному барабані, Н;

V – швидкість стрічки, м/с.

Розглянемо конструкційні особливості валів (рис. 2.6).

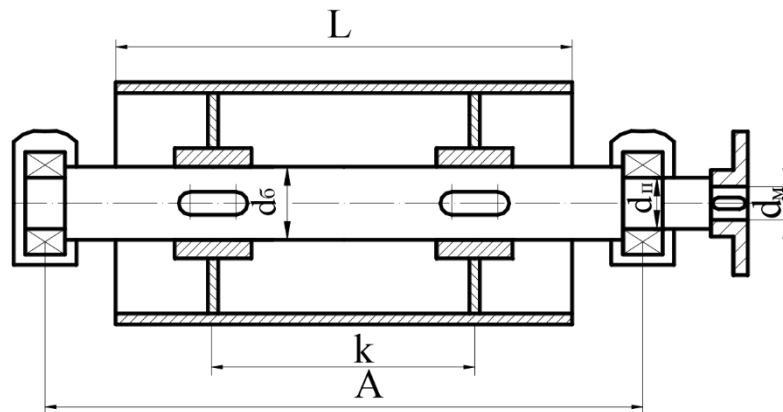


Рисунок 2.6 – Конструкція валу

Оцінюють середній діаметр валу приводного барабана, наприклад, діаметр валу в місці посадки підшипника $d_{п}$ ($d_{п}$ слід округлити до величини, кратної 5). Решта діаметри валу призначають, прийнявши за вихідний $d_{п}$. Слід мати на увазі, що на підставі аналізу існуючих конструкцій конвеєрів при $D \geq 400$ мм, де D діаметр приводного барабана, $d_{м} \geq 55$ мм, $d_{п} \geq 60$ мм. Відстань «А» між опорами валу в залежності від довжини L приводного барабана має наступні значення.

Відстань між опорами валу наведено у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Відстань між опорами валу

L, мм	400	500	600	750	950	1150	1400
A, мм	630	730	850	1000	1260	1500	1750

Перевірочний розрахунок валу на міцність

$$s = \frac{s_{\sigma} s_{\tau}}{\sqrt{s_{\sigma}^2 + s_{\tau}^2}}$$

Розрахункова схема валу приводного барабана наведено на рисунку 2.7.

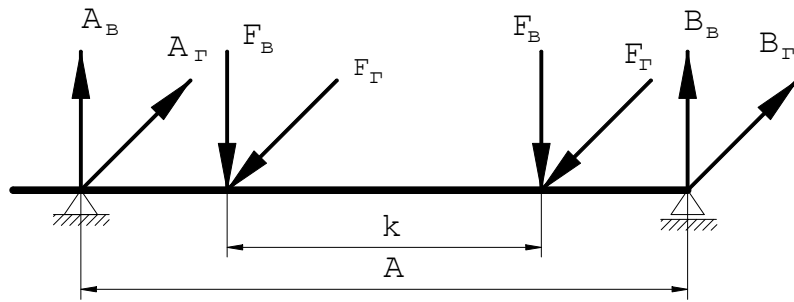


Рисунок 2.7 – Розрахункова схема валу

Тоді

$$F_B = \frac{G_6}{2} + \frac{S_4 + S_1}{2} \sin \beta,$$

$$F_B = \frac{9,81 \cdot 57}{2} + \frac{6060 + 3240}{2} \cdot 0 = 290 \text{ H};$$

$$F_T = \frac{S_4 + S_1}{2} \cos \beta,$$

$$F_B = \frac{6060 + 3240}{2} \cdot 1 = 4650 \text{ H};$$

де G_6 – сила тяжіння барабана, $G_6 = 9,81 Q_6$ Н;

Q_6 – маса барабана, кг.

Проектування натяжної станції.

Конструкцію і основні параметри натяжної барабана можна прийняти аналогічними приводного барабану.

Вибір типу натягача. У стрічкових конвеєрах застосовуються гвинтові і вантажні натяжні пристрої. Гвинтові натяжні пристрої застосовуються переважно на коротких (до 3060 м) горизонтальних і похилих конвеєрах. У стрічкових конвеєрах більшої довжини застосовують вантажні натяжні пристрої.

Визначаємо величину ходу натяжного пристрою. Величина ходу X

натяжного пристрою залежить від кута нахилу конвеєра β .

$$\text{При } \beta \leq 10^\circ \quad X \approx 0.03L,$$

$$X = 0,45 \text{ м}$$

$$\text{при } \beta > 10^\circ \quad X \approx 0.02L,$$

де L – довжина конвеєра.

Визначаємо розміри гвинта гвинтового натяжного пристрою (рис. 2.8).

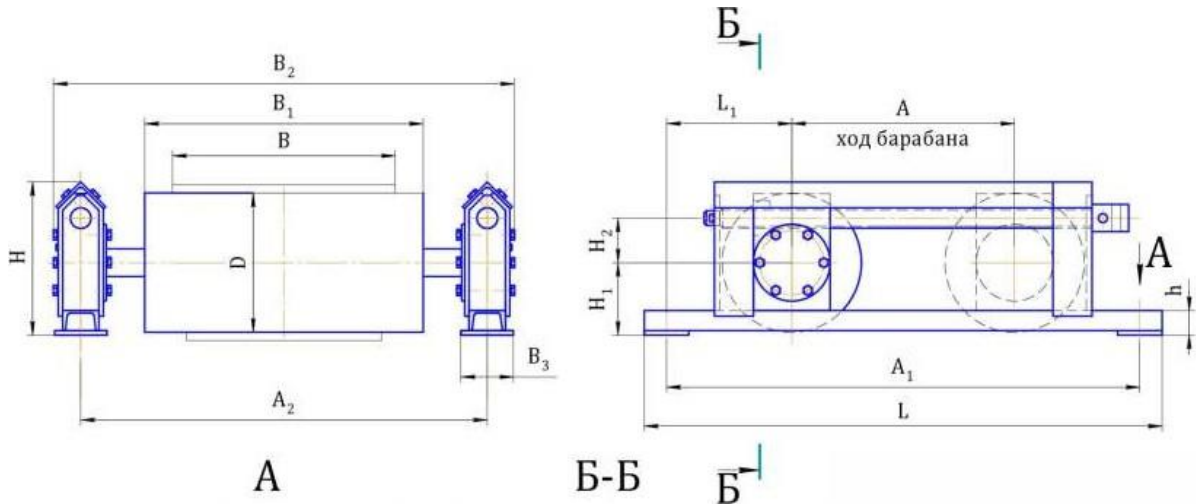


Рисунок 2.8 – Гвинтовий натяжний пристрій

Визначаємо зусилля, що припадає на один гвинт (зазвичай в механізмі 2 гвинта),

$$G_H = (1,15 \dots 1,25) \frac{S_2 + S_3 + T}{2},$$

$$G_H = 1,2 \frac{9307 + 9772 + 200}{2} = 11567 \text{ Н},$$

де S_2, S_3 – натяг стрічки в точках набігання на натяжна барабан і збігання з нього;

T – опір переміщенню повзуна в напрямних, рівне 200...300Н;

1,15...1,25 – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження між гвинтами.

Розраховуємо внутрішній діаметр різьби гвинта.

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4G_H}{\pi[\sigma]_p}},$$

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{11567}{0,3\pi}} 110,8 \text{ мм},$$

де $[\sigma]_p = (0,2 \dots 0,4) \sigma_T$. В якості матеріалу гвинта можна взяти сталь Ст.5 ($\sigma_T = 280 \text{ Н/мм}^2$).

Розраховуємо зовнішній діаметр різьби гвинта.

За d_1 з таблиць різьб визначають зовнішній (номінальний) діаметр різьби. Як правило, він видається дуже малий і його збільшують до прийнятної конструктивної величини, наприклад М16, М20, ...

Розрахунок осі натяжного барабана. Розробляємо конструкцію осі. Діаметри осі натяжного барабана призначаються конструктивно. При цьому $d_{\text{осі}} \approx 0,8 d_{\text{валу}}$. Проводимо перевірочний розрахунок осі на міцність $s = s_{\sigma} \geq [s]$

Розрахункова схема осі натяжного барабана має вигляд (рис. 2.9).

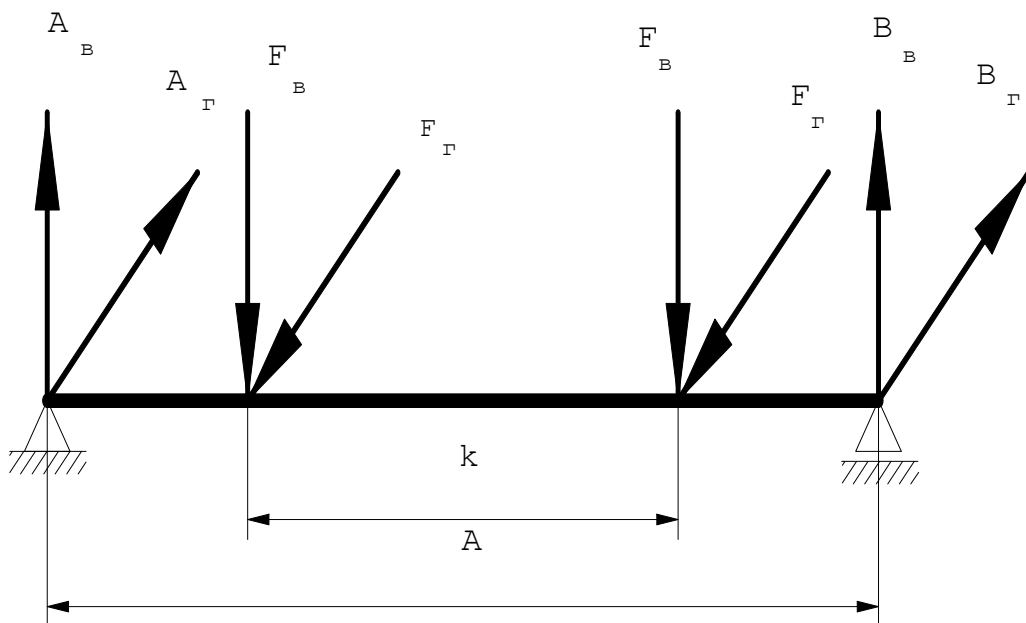


Рисунок 2.9 – Розрахункова схема осі натяжного барабана

$$F_B = \frac{G_6}{2} + \frac{S_2 + S_3}{2} \sin \beta,$$

$$F_B = \frac{9,81 * 57}{2} + \frac{9307 + 9772}{2} 0,174 = 1940 \text{ H},$$

$$F_{\Gamma} = \frac{S_2 + S_3}{2} \cos \beta.$$

$$F_{\Gamma} = \frac{9307 + 9772}{2} 0,985 = 9396 \text{ H}.$$

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОТИ КОНВЕЄРНОГО ТРАНСПОРТУ

Система автоматизованого управління конвеєрними лініями (САУКЛ) призначена для:

- централізованого автоматизованого управління і контролю роботи розгалужених та нерозгалужених конвеєрних ліній, що складаються з стрічкових конвеєрів, які використовуються для транспортування вантажу та перевезення людей, з кількістю конвеєрів, керованих через один комплект АПУ і АЛС до 60 одиниць, та необмеженою кількістю маршрутів;
- централізованого або місцевого автоматизованого управління та контролю роботи окремих конвеєрів, які входять або не входять до складу конвеєрної лінії;
- телекерування і контролю стану супутнього допоміжного обладнання (типу "шибер", "перевантажувач", "живильник");
- автоматичної реєстрації та збереження інформації про роботу конвеєрів та супутнього обладнання, команди управління та налаштування, захисні відключення та блокування.

3.1 Загальні характеристики САУКЛ

САУКЛ складається з пульта управління, який розташовується у диспетчерській шахті, і комплектів апаратних засобів, встановлених на конвеєрному транспорті. Дискретні датчики і кінцеві вимикачі типу «замикається» або «розмикається» контакт. Підключаються до входів модулів лінійних (МЛ), які розташовані вздовж конвеєрного транспорту і з'єднуються між собою та блоком управління конвеєром (БУК) двопровідною лінією зв'язку модулів лінійних (ЛЗ МЛ). Кількість модулів лінійних, які можна підключити до одного БУК, залежить від кількості датчиків, встановлених на конвеєрі, але не більше 16.

Технічні характеристики та показники функціонального призначення наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики конвеєрних ліній

Характеристика	Значення
Кількість керованих конвеєрів	до 60 одиниць
Число маршрутів	необмежено
Система управління	централізована або місцева
Об'єкти управління	конвеєри, які можуть входити до складу конвеєрної лінії або працювати окремо
Телекерування	можливість дистанційного управління та контролю
Реєстрація та збереження інформації	автоматичне фіксування даних про роботу конвеєрів та супутнього обладнання
Захисні відключення і блокування	забезпечення безпеки в роботі

До одного МЛ може підключатися від 1 до 4 датчиків. Карта підключення датчиків до входів МЛ складається індивідуально для кожного конвеєрного транспорту на етапі виконання проекту прив'язки системи і записується в кожен БУК спеціальною програмою з пульта управління (ПУ).

Додаткове обладнання: модуль заштибовки і сирени (МЗС) спільно з датчиком акустичним (ДА) та датчиком електродним (ДЕ) для контролю звучання сирени та перевищення рівня матеріалу в місці перевантаження.

Основні датчики: датчики швидкості приводного барабана, стрічки, контролю обертання барабана, магнітні пускачі електродвигунів приводу конвеєрного транспорту, звукової сигналізації, гальмівних пристроїв та

пристроїв телекерування підключаються безпосередньо в БУК.

Живлення. Всі складові частини комплексу конвеєрного транспорту живляться від джерела живлення (ІІ), яке повинно бути підключене до джерела змінної напруги 36 В. При використанні магнітного пускача, довжина кабелю до ІІ не повинна перевищувати 10 м.

Пульт управління (ПУ): включають адаптер пульта управління (АПУ) та адаптер лінії зв'язку (АЛС). АПУ спільно з АЛС гарантують гальванічну розв'язку і перетворення сигналів каналу RS232 в двопровідну струмову петлю лінії зв'язку (ЛЗ) САУКЛ. До АЛС також підключається лінія телефону та телефонна трубка. Живлення системного блоку ПУ, АПУ та АЛС повинно здійснюватися через джерело безперебійного живлення. Розширення системи здійснюється шляхом підключення до системного блоку ПУ додаткових АПУ, АЛС, лінії зв'язку та лінії телефону.

Лінія зв'язку САУКЛ виконана за принципом двопровідної струмової петлі з можливістю побудови деревовидної нарощуваною структури. У кожному БУК становить вузол гальванічної розв'язки ЛЗ та додаткове джерело для живлення відгалуженої лінії. Це забезпечують можливість адаптації лінії зв'язку до конфігурації конвеєрних ліній конкретного підприємства. Обмін інформацією між ПУ і БУК виконуються у послідовному форматі даних. Кожному БУК присвоєно постійну адресу звернення. Пульт управління формує в лінію зв'язку посилки, що складаються з адреси БУК та необхідної для нього інформації (команди управління, команди запиту інформації про стан конвеєрного транспорту тощо). Блок управління конвеєром, отримавши дані від пульта управління, формує і передає відповідь.

Телефонний зв'язок здійснюється по двопровідній лінії і забезпечують телефонний симплексний канал між пультом управління і блоками управління конвеєрного транспорту.

Дозвіл роботи конвеєрного транспорту поданий від БУК приймаючого конвеєрного транспорту по двопровідній лінії взаємоблокування, яке формується тільки після встановлення робочої швидкості на останньому.

Реалізація функцій САУКЛ: здійснюються за допомогою програм, які знаходяться в ПУ і в кожному БУК.

3.2 Структурна схема моделі

Структурна схема з ЗІ-2 наведено на рисунку 3.1.

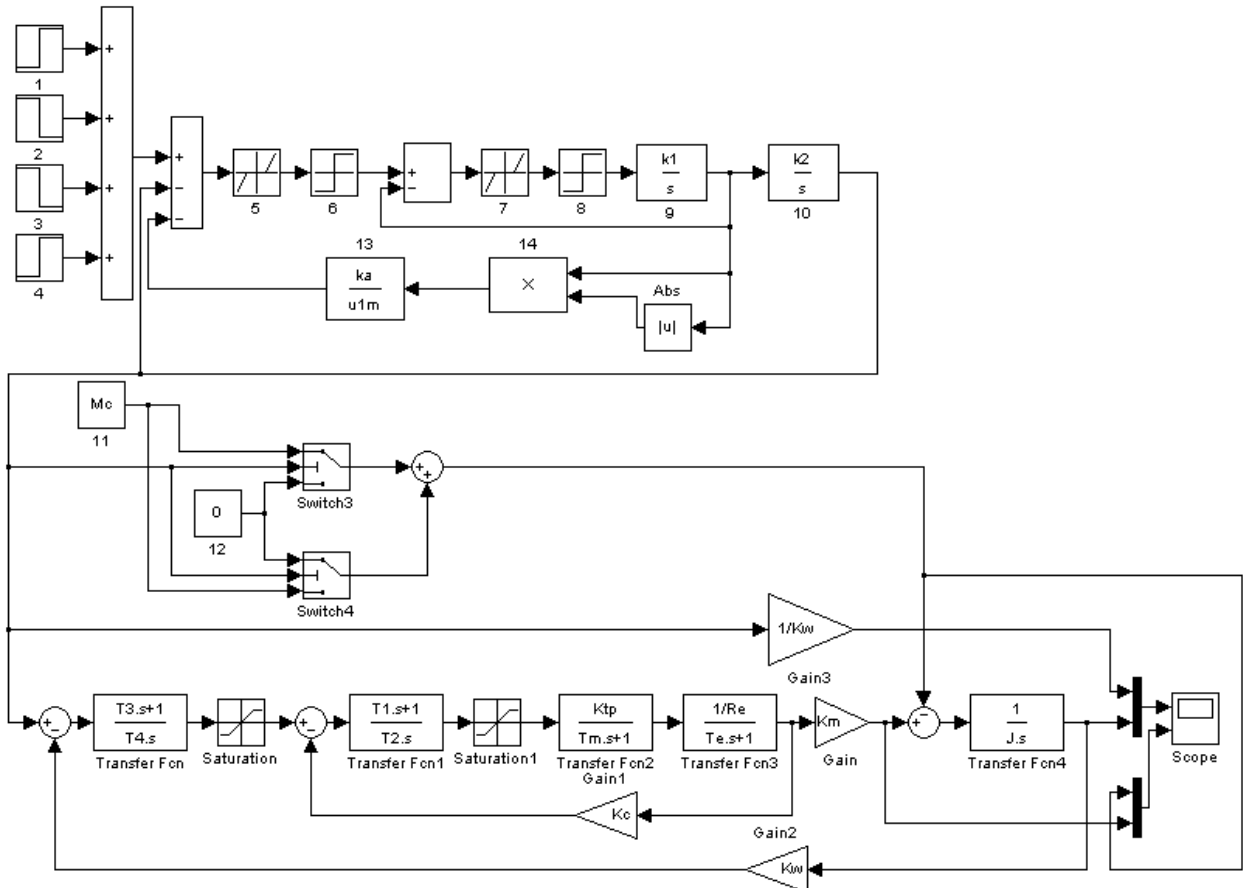


Рисунок 3.1 – Структурна схема з ЗІ-2

Проведемо розрахунок системи:

$$\omega_H = 0,105n_H = 0,105 * 1000 = 105 \text{ c}^{-1}$$

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{0,75 * 10^3}{105} = 7,14 \text{ Нм}$$

$$M_{max} = \lambda M_H = 2,1 * 7,14 = 15 \text{ Нм}$$

$$J = J_{\text{мех}} + J_{\text{дв}} = 0,002 + 0,0035 = 0,0055 \text{ кг * м}^2$$

$$k_m = \sqrt{\frac{2 M_H}{3 I_H}} = 2,5$$

$$I_{max} = \frac{M_{max}}{k_m} = 6 \text{ А}$$

$$R_e = 2r_1 s + r_2' + \frac{3}{\pi} (x_1 + x_2') s = 0,357$$

$$L_e = \frac{x_1 + x_2'}{\pi f_H} = 0,00135$$

$$T_e = \frac{L_e}{R_e} = 0,00378 \text{ с}$$

$$T_{\mu} = 0,01 \text{ с}$$

$$k_{\text{ТП}} = \frac{k_{cx} U_H}{10} = 51,3$$

$$k_{\text{ш}} = \frac{10}{\omega_H} = 0,0979$$

$$k_c = \frac{10}{I_{max}} = 1,67$$

$$k_2 = \frac{\varepsilon_{max}}{\omega_H} = 0,9$$

$$k_1 = 2$$

$$k_a = \frac{k_2}{2k_1} = 0,24$$

Параметри регуляторів для стандартного налаштування наступні:

$$T_1 = T_e = 0,00378 \text{ с}$$

$$T_2 = \frac{k_1 T_\mu k_{\text{ТП}} k_c}{R_e} = 4,7995$$

$$T_3 = a_c a_{\text{шВш}} T_\mu = 0,08 \text{ с}$$

$$T_4 = \frac{T_3}{k_{\text{рш}}} = 0,0012 \text{ с}$$

$$k_{\text{рш}} = \frac{k_c J}{a_c a_{\text{ш}} T_\mu k_m k_{\text{ш}}} = 12$$

3.3 Підбір перетворювача частоти

При виборі моделі перетворювача частоти для електроприводу, необхідно враховувати кілька важливих факторів:

- 1) тип і потужність підключеного електродвигуна: Підбір перетворювача частоти має відповідати типу та потужності електродвигуна. Це забезпечить оптимальну роботу системи та запобігатиме перенавантаженню або недовантаженню перетворювача;
- 2) точність та діапазон регулювання швидкості: залежно від вимог до точності та діапазону регулювання швидкості, вибирається

відповідна модель перетворювача. Деякі завдання потребують більш високої точності управління швидкістю;

3) точність підтримки моменту обертання на валу двигуна: для забезпечення стабільної роботи механізмів важливо обрати перетворювач, який забезпечить точне підтримання моменту обертання.

Конструктивні особливості перетворювача частоти.

Окрім технічних характеристик, важливо враховувати конструктивні особливості перетворювача:

- розміри. Габарити перетворювача мають відповідати простору, де він буде встановлений;
- форма перетворювача може бути важливою для інтеграції в існуючу систему або обладнання;
- можливість виносу пульта керування. Для зручності обслуговування та експлуатації перетворювача бажано, щоб він мав можливість віддаленого управління через виносний пульт.

Для стандартного асинхронного двигуна перетворювач частоти обирається відповідно до його потужності. Якщо потрібен великий пусковий момент або короткий час розгону/сповільнення, слід обрати перетворювач на ступінь вище стандартного.

Для підвищення точності підтримки моменту і швидкості на валу двигуна, використовуються перетворювачі з векторним керуванням, такі як моделі VFD-V/V/M. Векторне керування дозволяє:

- працювати з повним моментом двигуна в області нульових частот;
- підтримувати швидкість при змінному навантаженні без використання датчиків зворотного зв'язку;
- точно контролювати момент на валу двигуна.

Для даного проекту обраний перетворювач частоти Bosch Rexroth з наступними параметрами (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Параметри ПЧ Bosch Rexroth

Тип регулювання	U/f
U_H	3 фази 380 В
f_H	50/60 Гц
P_H	0,75 кВт
I_H	2,3 А
$U_{вих}$	0 – 380 В
Перевантажувальна здатність	150%
Два набори параметрів для керування двома різними двигунами ШИМ	Від 1 до 12 кГц з кроком 1 кГц
Діапазон керування швидкості	1:50
Інтерфейс	Modbus RTU
Робоча температура	-10 °С до +40 °С
Вологість	До 90%
Степінь захисту	IP20
К-сть аналогових виходів	1
К-сть аналогових входів	1
К-сть дискретних входів	4
К-сть релейних виходів	1

3.4. Система електропостачання

Об'єктом проектування становить система електропостачання підприємства з виготовлення напоїв, розташованого в Київській області.

Характеристика району розташування підприємства:

- грозова активність – 70 годин на рік;
- ґрунт – чорнозем.

Об'єкти на території заводу:

- 1) адміністративний корпус - 2450 м²;
- 2) корпус основного виробництва - 23552 м²;
- 3) джерела питної води (2 джерела) - 3740 м²;
- 4) станція зливу виробничих відходів - 5355 м²;
- 5) склад - 28658 м²;
- 6) насосна станція загально-заводського призначення - 1780 м².

Енергопостачання та споживання електроенергії. Визначення потужності

споживачів. Категорії надійності електропостачання. Згідно з нормами, споживачі електроенергії поділяються на три категорії надійності електропостачання.

I категорія: Споживачі, відключення яких може призвести до великих економічних збитків або порушення нормального функціонування підприємства (корпус основного виробництва, насосна станція).

II категорія: Споживачі, відключення яких допустиме на нетривалий час (склад, адміністративний корпус).

III категорія: Споживачі, відключення яких не призводить до значних наслідків (джерела питної води, станція зливу виробничих відходів).

Джерела електропостачання. Основними джерелами електропостачання становить підстанції, що отримують енергію від місцевих електричних мереж. Для забезпечення безперебійного живлення критичних споживачів може бути встановлено резервні джерела живлення (дизель-генератори або UPS).

Розподіл електроенергії та схема електропостачання.

Електропостачання підприємства здійснюється через головний розподільний пункт (ГРП), від якого йдуть магістральні та розподільчі лінії до окремих споживачів.

Основне обладнання включає в себе трансформатори, розподільчі щити, кабелі та проводи, захисні пристрої (автоматичні вимикачі, реле захисту для запобігання аварійних ситуацій).

Вибір кабельних трас здійснюється з урахуванням мінімізації втрат електроенергії, забезпечення безпеки та зручності обслуговування. Кабелі можуть бути прокладені підземно або наземно залежно від конкретних умов та вимог.

Захист від перенапруг та грозових розрядів. Враховуючи високу грозову активність у районі (70 годин на рік), необхідно передбачити заходи захисту від перенапруг та грозових розрядів. Так, блискавковідводи встановлюються на будівлях для захисту від прямих ударів блискавки. Заземлення забезпечують безпечний відвід струмів блискавки в землю.

Пристрої захисту від перенапруг встановлюються на вході в розподільні щити та на критичних елементах обладнання.

Автоматизація та контроль системи електропостачання. Для забезпечення надійної роботи системи електропостачання, впроваджуються системи автоматизації та моніторингу:

- системи АСКОЕ: для автоматизованого обліку електроенергії.
- системи SCADA: для моніторингу та управління електропостачанням в режимі реального часу.
- системи аварійної сигналізації: для швидкого виявлення та реагування на аварійні ситуації.

Основними споживачами електричної енергії на підприємстві становить електродвигуни технологічних установок виробничих ліній, а також електродвигуни виробничих механізмів і санітарно-технологічних установок. Всі електродвигуни підприємства отримують живлення від мережі 0,4 кВ. Напруга в мережі освітлення становить 0,22 кВ.

Розподіл електроспоживачів за категоріями щодо надійності електропостачання:

I категорія - 27%

II категорія - 60,5%

III категорія - 12,5%

Споживачі I категорії:

Насосна станція

Машини для виготовлення пресформ

Котельня

Станція виготовлення CO₂

Обладнання для підготовки сиропу

Пристрої опалення і вентиляції

Пожежні насоси

Обладнання для підготовки води

Компресори "Keaser", "Bellis Morcom"

Споживачі II категорії:

Технологічне обладнання розливу напоїв

Вентилятори

Холодильники "SIDEL"

Компресори "SIDEL"

Обладнання формовки пляшок

Насоси водопостачання

Освітлення ліній розливу

Споживачі III категорії:

Щити розеток

Щити освітлення

Щити опалення та вентиляції

В корпусі основного виробництва становить приміщення з категорію пожежонебезпеки П-I та категорію вибухонебезпеки II. У зв'язку з цим на підприємстві побудована насосна станція з насосами пожежогасіння.

Характеристика джерела живлення.

Живлення заводу здійснюється від головної понижуючої підстанції (ГПП) 110/10 кВ. Потужність короткого замикання (КЗ) на шинах ГПП складають 2500 МВ·А. ГПП розташована на території підприємства.

Характеристика живлячої системи:

Напруга живлення: $U_c = 110$ кВ

ГПП отримують живлення від районної підстанції 330/110 кВ, яка розташована на відстані 10 км. Вибір трансформаторів ГПП виконуються з урахуванням умов нульового рівня реактивної потужності.

Споживачі, що отримують живлення від ГПП:

Гумова фабрика

Селище міського типу

Для розрахунку освітлення адміністративного приміщення методом коефіцієнта використання світлового потоку, спочатку визначимо площу освітлюваної поверхні та потрібну потужність світильника.

Вихідні дані:

- для приміщення з площею (АхВ): $5 \times 10 = 50 \text{ м}^2$.

Вибір світильника:

- світильник типу Астара-1: Б220-60/100.

Номинальний світловий потік:

- для лампи ФЛ 60 Вт: 715 Лм;

- для лампи ФЛ 100 Вт: 1350 Лм.

Кроки розрахунку:

- розрахунок необхідної потужності світильників: необхідний світловий потік для приміщення. Згідно з ДБН В.2.5-28-2006 для адміністративних приміщень, необхідна освітленість - 300 Лк. Потужність світильника можна вибрати на основі номінального світлового потоку для досягнення потрібної освітленості.

Розрахунок кількості світильників. Підрахуємо кількість світильників для обох варіантів потужності (60 Вт та 100 Вт) і виберемо оптимальний.

Тоді потужність світлового потоку на $1 \text{ м}^2 = 1350 / 50 = 27 \text{ Лм/м}^2$.

Розрахуємо для розглядуваного приміщення:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_{\min} k_3 S Z}{N \eta}$$
$$\Phi_{\Sigma} = \frac{50 \cdot 1,5 \cdot 50 \cdot 1,1}{1 \cdot 0,46} = 8967 \text{ Лм}$$

де Φ_{Σ} – світловий потік лампи світильника, лм;

E_{\min} – мінімальна освітленість, обрана за нормами, лк;

k_3 – коефіцієнт запасу (для ламп розжарювання $k_3 = 1,3 \dots 1,7$ (для газорозрядних ламп $k_3 = 1,5 \dots 2,0$) менші значення для нормального середовища, більші – для запилених приміщень;

S – площа приміщення що освітлюється, м^2 ;

$Z = E_{\text{сер}}/E_{\min}$ – коефіцієнт нерівномірності освітленості ($Z = 1,1 \dots 1,3$);

$E_{\text{сер}}$ – середня освітленість освітлюваної поверхні, лк;

N – число світильників;

$\eta = \Phi / (\Phi_{\text{л}} \cdot N)$ – коефіцієнт використання світлового потоку, рівний відношенню світлового потоку Φ , що падає на освітлювану поверхню, до сумарного світлового потоку $\Phi_{\text{л}} \cdot N$ усіх джерел світла.

Коефіцієнт використання η залежить від ККД і форми кривої сили світла світильника; розрахункової висоти h підвіски світильників над робочою поверхнею; площі S приміщення і співвідношення його довжини A і ширини B ; коефіцієнтів відбиття $\rho_{\text{с}}$ (стелі), $\rho_{\text{ст}}$ (стін) і ρ (освітлюваної поверхні), що приймаються за довідковою літературою. Значення η для вибраних типів світильників приймається у залежності від $\rho_{\text{с}}$, $\rho_{\text{ст}}$, ρ і індексу приміщення

$$i = \frac{AB}{h(A+B)}$$
$$i = \frac{5 \cdot 10}{1,5(5+10)} = 2,2$$

Загальна кількість світильників необхідна для рівномірного освітлення приміщення (цеху).

$$N = \frac{\Phi_{\Sigma}}{\Phi_{\text{л}}}$$
$$N = \frac{8967}{715} = 13 \text{ шт.}$$

3.5 Визначення електричних навантажень для конвеєрного транспорту

Для розрахунку електричних навантажень можна використовувати різні методи. Так, для розрахунку максимальних навантажень силових ЕП використовуємо метод розрахункових коефіцієнтів; а для розрахунку максимальних навантажень освітлювальних установок - метод коефіцієнта попиту.

Для зручності розрахунок проводимо в табличній формі. Для прикладу

виконаємо розрахунок для певного конвеєра.

Номинальні параметри трансформаторів 10/0,4 кВ:

- тип - ТМ – 2500/10;

- $S_{н.т}$, кВ·А – 2500;

- $\frac{U_{ВН}}{U_{НН}}$, кВ – 10/0,4;

- ΔP_x , кВт – 3,85;

- ΔP_k , кВт – 23,5;

- U_k , % – 6,5;

- I_x , % - 1

Визначаємо середньозмінне значення активного та реактивного навантаження конвеєра:

$$P_{np} = K_v \cdot P_n,$$

$$P_{np} = 0,6 \cdot 13,2 = 7,92 \text{ кВт}$$

$$Q_{np} = K_v \cdot P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

$$Q_{np} = 0,6 \cdot 13,2 \cdot 0,88 = 6,98 \text{ кВАр}$$

де P_{np} і Q_{np} – відповідно активне і реактивне проміжне навантаження за найбільш завантажену зміну, кВт, кВАр;

K_v – коефіцієнт використання;

P_n – номінальна потужність кожного і-го електроприймача (ЕП), кВт.

Визначаємо величини групового середньозваженого коефіцієнта використання:

$$K_v = \frac{P_{np}}{P_n},$$

$$K_{\epsilon} = \frac{5253}{7043,2} = 0,75$$

де $P_{\text{н}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{н},i}$ – сума номінальних потужностей усіх ЕП, кВт;

Обчислимо розрахункову активну, кВт, та реактивну, квар, електричну потужність:

$$P_p = K_{pa} \cdot \sum P_{3M},$$

$$Q_p = K_{pp} \cdot \sum Q_{3M},$$

$$P_p = 1,0 \cdot 5253 = 5253,$$

$$Q_p = 1 \cdot 3184 = 3184.$$

Обчислимо повну розрахункову потужність S_M , кВ·А:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2},$$

$$S_p = \sqrt{5253^2 + 3184^2} = 6142,6$$

Обчислимо розрахунковий струм навантаження I_M , А:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_n},$$

$$I_M = \frac{6142,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 9331,7$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок потужностей трансформаторів

Кількість і потужність трансформаторів	$P_{мі}$, кВт	$Q_{мі}$, квар	$K_з$
ТП1	1500,6	1198,02	0,76
ТП2	1600,05	1274,63	0,81
ТП3	1525,3	1217,11	0,78
ТП4	1575,35	1255,54	0,8

Розрахунок електричних мереж. Для вибору перерізів повітряних ліній 110 кВ, що використовуються для електропостачання ГПП, важливо врахувати кілька ключових аспектів, таких як максимальний струм, що проходить через лінію, теплове навантаження проводів, допустимий перепад напруги і механічні навантаження.

Кроки вибору перерізів повітряних ліній 110 кВ. Визначення максимального струму. Для цього необхідно визначити потужність та напругу, які передаються по лінії. Зазвичай це відомо з технічної документації або виходить з потужності ГПП.

Вибір типу і матеріалу проводів. Зазначено, що використовуються сталевалюмінієві проводи марки АС. Цей тип проводів має високу міцність і дозволяють передавати значні електричні потужності.

Розрахунок перерізу проводів. Розрахунок проводиться з урахуванням максимального теплового навантаження, щоб уникнути перегріву проводів, і механічного навантаження, яке може виникати від вітру та інших факторів.

Повірка допустимого перепаду напруги. Він повинен відповідати нормативам і технічним вимогам для ліній 110 кВ. Це забезпечують ефективність передачі електроенергії та безпеку експлуатації.

Приклад вибору перерізу проводу. Для прикладу, якщо потужність ГПП становить 20 МВА, а напруга 110 кВ, то можна визначити приблизний переріз проводу за допомогою відповідних таблиць або розрахунків.

Обираємо відповідний переріз проводу АС, який може безпечно передавати цей струм при врахуванні теплових і механічних навантажень. Загальні кроки розрахунку включають визначення відповідних технічних характеристик, які забезпечать надійну та безпечну експлуатацію повітряної лінії 110 кВ для потреб ГПП.

Визначимо навантаження лінії, А:

$$I_{p110} = \frac{S_{розр110}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}},$$

де $S_{розр}$ – розрахункова потужність, яка рівна максимальній розрахунковій потужності групи споживачів, які живляться від ГПП;

$U_{ном} = 110$ кВ номінальна напруга;

n – кількість паралельних ліній; $n = 2$.

$$I_p = \frac{13280,78}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 34,8$$

Попередньо приймастановимо провід АС-25 з тривало допустимим навантаженням $I_{доп} = 142$ А.

Вибраний переріз перевірястановимо за наступними критеріями:

- по допустимому струму в нормальному режимі:

$$I_p \leq I'_{доп},$$

де

$$I'_{доп} = K \cdot I_{доп}, A,$$

де K - коефіцієнт, який враховує фактичну розрахункову температуру середовища, $K=1,1$

$$I'_{доп} = 1,11 \cdot 142 = 157,62 \text{ А},$$

$$34,85 < 157,62 \text{ А}.$$

- за допустимим струму в післяаварійному режимі:

$$I_{n/a} \leq K \cdot I_{don},$$

де струм в післяаварійному режимі рівний подвоєному значенню струму в нормальному режимі:

$$I_{n/a} = 2 \cdot I_p,$$

$$I_{n/a} = 2 \cdot 34,85 = 69,7 .$$

Остаточню:

$$69,7 < 1,11 \cdot 142 = 157,62 \text{ A} .$$

Для вибору перерізів кабелів 10 кВ на ділянці від ГПП до ТП-1 – ТП-4, вам слід керуватися рядом вимог і технічних характеристик. Тип кабелю: Кабелі 2ААБ2ЛУ 2х(3х120) відповідають маркуванню, що означають двожильний кабель з алюмінієвими лідерами і ізоляцію з ПВХ, призначеним для напруги 10 кВ.

Переріз кабелю. Перевіряють, чи відповідає обраний переріз усім технічним вимогам і навантаженням. Вибір перерізу зазвичай залежить від потужності, яку треба передавати, довжини кабеля, умов середовища та інших факторів.

Механічна міцність: обраний кабель необхідно забезпечити певну механічну міцність для умов вашого регіону, включаючи врахування ожеледі.

Умови корони: необхідно враховувати мінімальний переріз відповідно до ПУЕ (Правил улаштування електроустановок), щоб уникнути проблем з коронними розрядами.

Вибір перерізу зазвичай базується на максимальному струмі, який передається через кабель, ізоляційній здатності, теплових втратах і т.д.

Загалом, вибір перерізу кабелю 10 кВ від ГПП до ТП-1 – ТП-4 залежить від конкретних технічних даних вашого проекту, які ви повинні врахувати при розрахунках.

Розрахункове навантаження на кожен ліній складає, А:

$$I_p = \frac{S_p}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_n},$$

n – кількість паралельних ліній.

$$I_p = \frac{7932,7}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 114,5 .$$

Попередньо вибираємо кабель марки ААБ2ЛУ 3х120 з тривало допустимим навантаженням $I_{доп} = 180$ А.

Перевіряємо вибраний кабель по нагріву струмом нормального режиму:

$$I_p \leq I_{доп} K_1 K_2,$$

де K_1 – коефіцієнт, який враховують поправку на температуру оточуючого середовища, $K_2 = 1,05$;

K_2 – коефіцієнт, який враховує кількість кабелів в траншеї, $K_2 = 0,9$.

Виконаємо перевірку кабелю по нагріву струмом післяаварійного режиму, струм після аварійного режиму рівний подвійному значенню робочого струму $I_{п/а} = 229$ А:

$$I_{п/а} \leq 1,3 \cdot I_{доп} \cdot K_1,$$

$$229 \leq 1,3 \cdot 180 \cdot 1,05 = 245,7 \text{ А} .$$

Таким чином кабель ААБ2ЛУ 3х120 проходить перевірку за вимогами післяаварійного режиму. Виконуємо перевірку кабелю 10 кВ за умовами термічної стійкості:

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_{\kappa}}}{C_T},$$

де $B_{\kappa} = I_{\infty}^2 \cdot t_{\kappa\beta}$ – величина теплового імпульсу;

$C_T = 95 \text{ А/мм}$ – коефіцієнт для кабелю с алюмінієвими жилами напругою 10 кВ.

Час короткого замикання $t_{кз} = 0,7 \text{ с}$ вимагає мінімального перерізу кабелю за умовою термічної стійкості дорівнює:

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{(12,1 \cdot 10^3)^2 \cdot 0,7}}{95} = 112,5 \text{ мм}^2.$$

Для вибору кабелів розподільної мережі 0,4 кВ (400 В), слід керуватися такими вимогами і технічними характеристиками: кабель марки АПВГ нг-нд.

Тип кабелю. Кабель з алюмінієвими жилами в полівінілхлоридною ізоляцію, яка не підтримує горіння і має помірне димовиділення. Цей тип кабелю ідеально підходить для внутрішнього використання в коробках по стінах і в ізоляційних трубах під підлогою.

Умови використання. Кабель АПВГ нг-нд може використовуватись для прокладання в коробках по стінах, що забезпечують зручність і безпеку монтажу. Технічні характеристики: Кабель призначений для роботи в мережах з напругою 0,4 кВ, що відповідає стандартам низьковольтних розподільних мереж.

Вибір перерізу кабелю. Вибір перерізу кабелю зазвичай базується на максимальному струмі, який передається через кабель, враховуючи теплові навантаження, механічні вимоги та інші фактори. Переріз кабелю може бути вибраний таким чином, щоб забезпечити достатню електричну ємність для підключення до потрібних споживачів і для забезпечення безпеки експлуатації.

Загалом, кабель марки АПВГ нг-нд є надійним вибором для розподільної мережі 0,4 кВ, забезпечуючи високу ступінь безпеки та надійності в експлуатації.

Розрахунок проводимо для ЕП 1:

Розрахунковий струм, А:

$$I_p = 44 \text{ А}$$

За умовою допустимого нагріву ($I_p \leq I_{\text{доп.}}$) вибираємо кабель відповідного перерізу. Вибираємо кабель марки АПВГнг-нд перерізом 10 мм^2 с допустимим струмом $I_{\text{д}}=47 \text{ А}$. При виборі проводів необхідно, щоб виконувалась умова:

$$I_{\text{доп}} > I_{\text{с.р.}}$$

де $I_{\text{доп}}$ – допустимий струм кабелю;

$I_{\text{с.р.}}$ – струм спрацювання максимального розчеплювача автоматичного вимикача;

Перевіряємо за допустимими втратами напруги:

з врахуванням індуктивного опору кабелю

$$\Delta U = \sqrt{3} I_p L (r \cos \varphi_p + x \sin \varphi_p);$$

без врахування

$$\Delta U = \sqrt{3} I_p L r \cos \varphi_p;$$

або

$$\Delta U = \sqrt{3} I_p L \cos \varphi_p / \gamma F;$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 44 \cdot 95 \cdot 0,75 / 32 \cdot 35 = 4,85 \text{ В};$$

де: L – довжина кабелю, м;

r , x – відповідно активний (при робочій температурі жил) та індуктивний опір 1 м кабелю, Ом/м;

γ – питома провідність матеріалу жил кабелю, Н/(Ом*мм) для кабелю з мідними жилами при температурі 65°C $\gamma = 50$, для алюмінію $\gamma = 32$ Н/(Ом*мм);

F – площа перерізу жил кабелю, мм².

ВИСНОВКИ

1. Конвеєрний транспорт є прогресивним видом транспорту, що забезпечує високу продуктивність при великих вантажопотоках. Його застосування у сучасному виробництві є невід'ємною частиною технологічного процесу, дозволяючи ефективно регулювати темп виробництва та забезпечувати його ритмічність. Завдяки конвеєрам підвищується продуктивність праці, а також вирішуються питання комплексної механізації транспортно-технологічних процесів.
2. Безпосередній зв'язок конвеєрних машин із загальним технологічним процесом виробництва пред'являє до них особливі вимоги щодо міцності та здатності працювати в автоматичних режимах. Конвеєри повинні бути здатні витримувати великі навантаження та забезпечувати безперебійну роботу у складних умовах.
3. Основними перевагами конвеєрного транспорту є те, що працівники не беруть участь у власне транспортному процесі, а зайняті лише обслуговуванням механізмів, що забезпечує вищу продуктивність праці та його безпеку. Крім того, для роботи конвеєрів потрібна лише електрична енергія, що є більш економічним варіантом порівняно з дорожчим натуральним органічним паливом.
4. Продукція підприємства за рахунок впровадження нових засобів автоматизації забезпечує підвищення продуктивності праці установки. Це сприяє збільшенню терміну її експлуатації та зменшенню споживання електроенергії. Таким чином, даний продукт стане привабливим для підприємств, які прагнуть інтенсифікувати процес виробництва, одночасно покращуючи якість та економічність роботи.
5. Продукція підприємства вигідно вирізняється на фоні продукції більшості конкурентів, яка морально застаріла, має низький рівень автоматизації і не відповідає сучасним стандартам безпеки для навколишнього середовища та енергозбереження. Завдяки новітнім розробкам та впровадженням

автоматизації, продукція підприємства відповідає найвищим стандартам якості, безпеки та економічності.

6. Використання автоматизованих конвеєрних систем дозволяє значно знизити витрати на експлуатацію через їх високу надійність та енергоефективність. Такі системи мінімізують людський фактор у транспортному процесі, що знижує ризик помилок та аварійних ситуацій. Крім того, автоматизація сприяє кращому плануванню та контролю виробництва, забезпечуючи більш стабільний випуск продукції.
7. Конвеєрний транспорт є інноваційним рішенням для сучасного виробництва, яке забезпечує високий рівень продуктивності, безпеки та економічності. Це є ключовими факторами успіху в конкурентному ринковому середовищі, де ефективність та якість продукції відіграють вирішальну роль.
8. Автоматизовані конвеєрні системи не лише підвищують продуктивність праці, але й покращують умови праці для робітників, зменшуючи фізичне навантаження та підвищуючи рівень безпеки. Це сприяє зниженню рівня травматизму та професійних захворювань серед працівників.
9. В представленій роботі проведено аналіз можливих технічних рішень щодо удосконалення конвеєрної лінії на одному з виробництв у Київській області. Розглянуто і запропоновано систему автоматизованого управління конвеєрними лініями.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Врублевский, Б. И, Основы энергосбережения. [Текст]: Учеб. пособие / Б. И. Врублевский, С. Н. Лебедева, А. Б. Невзорова. ЧУП и ЦНТУ «Развитие», Гомель, 2002.- 190 с.
2. СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-55_2011 Методика вимірювання якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення.
3. IEEE Std 519-1992 // IEEE Recommend practices and Requirements for harmonic control in electrical power system.
4. Волошко А.В. Устранение влияния неустойчивости частоты сети на на точность определения показателей качества электрической энергии / А.В. Волошко, О.В. Коцарь // Техническая электродинамика. - 1994. - № 4. - С. 73 - 77. 19.
5. Шершень О. І. Вплив коливання частоти електричної мережі на точність проведення гармонічного аналізу, та способи їх зменшення / О. І. Шершень, А.В. Волошко // «ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА» 2018
6. Лагутін Г.І. Вищі гармоніки в системах електропостачання / Г.І. Лагутін, А.М. Панченко, А.І. Гарагуля // Системи озброєння і військова техніка, 2012, № 2(30) ISSN 1997-9568.
7. С. Ю. ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук, професор, НТУ «ХП»; В. В. ВОЛОХІН, канд. техн. наук, доцент, СумДУ, Суми; І. М. ДЯГОВЧЕНКО, аспірант, СумДУ, Суми; Д. М. МАКУХА, асистент, СумДУ, Суми; Стаття «АКТУАЛЬНІСТЬ УРАХУВАННЯ ВПЛИВУ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ НАПРУГИ ПРИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ»
8. Лагутін Г.І. Вищі гармоніки в системах електропостачання / Г.І. Лагутін, А.М. Панченко, А.І. Гарагуля // Системи озброєння і військова техніка, 2012, № 2(30) ISSN 1997-9568
9. Тітов, Ю. П. Насосні станції водопостачання і водовідведення [Текст] / Ю. П. Тітов, М. М. Яковенко. Навчально-методичний посібник. – Харків, 2004. – 203 с.

10. Никитин, В. М. Энергосберегающие электроприводы [Текст] / В. М. Никитин, А.Д. Поздеев, Ф.И. Ковалёв, Г.Н. Шестопёров // Электротехника. – 1996. – №4. – С. 52–55.

11. Попович, Н. Г. Электромеханические системы автоматизации и задача энергосбережения [Текст] / Н. Г. Попович, Н. В. Печник // Вісник ХДПУ. Збірка наукових праць: Тематичний випуск 113. – Харків: ХДПУ, 2000. – С. 297–300.

12. Потапенко, Е. М. Определение скорости и постоянной времени ротора асинхронного двигателя с помощью адаптивного наблюдателя [Текст] / Е. М. Потапенко, Е. Е. Потапенко, А. В. Соломаха // Матеріали 12-ої міжнародної конференції з автоматичного управління —Автоматика–2005, 30 травня – 3 червня 2005 р. – Харків: НТУ —ХПШ, 2005. – Т. 2. – С. 123,124.

13. Бондаренко, В. І. Основи електричного привода [Текст] / В. І. Бондаренко. Навчальний посібник. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. – 314 с.

14. . Четверте видання, перероблене й доповнене — Х.: Вид-во «Форт», 2011.— 736 с.

15. Blaschke, F. Das Prinzip der Feldorientierung die Grundlage fur die TRANSVECTOR – Regelung von Asynchronmaschinen [Текст] / F. Blaschke // SiemensZeitschrift.–1971.– 45.– P.757.

16. Потапенко, Е. М. Синтез инвариантных и адаптивных к изменению сопротивления статора алгоритмов векторного управления асинхронным двигателем [Текст] / Е. М. Потапенко, Е. Е. Потапенко // Проблемы управления и информатики. – 2007. – №2. – С. 16–29.