

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) Конструювання та дизайну

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Конструювання машин і обладнання
(назва кафедри)

_____ Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(підпис) (ПІБ)

— ” _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

**РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПЛАСТИНЧАСТОГО КОНВЕЄРА
ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ТЕРМІЧНІЙ ОБРОБЦІ**

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування
(код і назва)

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор
(науковий ступінь та вчене звання) _____
(підпис)

Володимир БУЛГАКОВ
(ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

д.т.н., професор
(науковий ступінь та вчене звання) _____
(підпис)

Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(ПІБ)

к.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання) _____
(підпис)

Анастасія ЛЯШКО
(ПІБ)

Виконав _____
(підпис)

Гриценко Іван Григорович
(ПІБ студента)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) Конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Конструювання машин і обладнання

д.т.н., професор Вячеслав ЛОВЕЙКІН
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

— ” — 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Гриценку Івану Григоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи (дипломного проекту бакалавра)

**РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПЛАСТИНЧАСТОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ
ТРАНСПОРТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ТЕРМІЧНІЙ ОБРОБЦІ,**

затверджена наказом ректора НУБіП України від «16» грудня 2024 р. №2265 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 2025, травень, 26

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи (дипломного проекту бакалавра)

Технологічна схема, продуктивність

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Провести аналіз існуючих конструкцій пластинчастих конвеєрів
2. Розглянути перспективи створення конструкції нового пластинчастого конвеєра
3. Виконати розрахунок конструкції
4. Розглянути питання охорони праці
5. Виконати розрахунок економічної ефективності

Перелік графічних документів (за потреби)

1. Загальний вигляд

Дата видачі завдання «16» грудня 2024 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Вячеслав ЛОВЕЙКІН.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Анастасія ЛЯШКО
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Іван ГРИЦЕНКО
(прізвище та ініціали студент)

ЗМІСТ

ЗМІСТ.....	3
РЕФЕРАТ.....	6
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ.....	10
1.1. Огляд технологій термічної обробки деталей.....	10
1.2. Типи конвеєрів для високотемпературного транспортування.....	14
1.2.1 Стрічкові конвеєри.....	14
1.2.2 Ланцюгові конвеєри.....	15
1.2.3 Пластинчасті конвеєри.....	16
1.2.4 Висновки.....	18
1.3. Особливості пластинчастих конвеєрів.....	18
1.3.1 Конструктивні схеми пластинчастих конвеєрів.....	19
1.3.2 Области застосування та технічні характеристики.....	20
1.3.3 Типові технічні характеристики:.....	21
1.3.4 Матеріали для виготовлення пластин та ланцюгів.....	21
1.4. Аналіз умов експлуатації при термічній обробці.....	21
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТРИЧКОВОГО КОНВЕЄРА.....	23
2.1. Розрахунок основних параметрів конвеєра.....	23
2.1.1 Визначення продуктивності та швидкості руху.....	23
2.1.2 Розрахунок ширини робочої поверхні.....	24
2.1.3 Вибір кроку пластин та їх розмірів.....	24
2.2. Силевий розрахунок конвеєра.....	24

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гриценко І.Г.			ЗМІСТ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Ляшко А.П.					3	53
Н. Контр.		Матухно Н.В.			НУБіП України			
Затверд.		Ловейкін В.С.						

2.2.1	Розрахунок опорів руху	24
2.2.2	Визначення тягового зусилля.....	26
2.2.3	Розрахунок потужності приводу.....	26
2.2.4	Розрахунок натягу ланцюга.....	27
2.3.	Розрахунок на міцність основних елементів.....	27
2.3.1	Розрахунок пластин на згин та температурні напруження	27
2.3.2	Розрахунок ланцюга на розтягання	28
2.3.3	Розрахунок приводних та натяжних зірочок.....	28
2.3.4	Розрахунок опорних роликів та направляючих	29
2.4.	Вибір матеріалів та покриттів.....	30
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ		32
3.1.	Загальні положення.....	32
3.2.	Вимоги безпеки до конструкції конвеєра.....	32
3.2.1	Механічна безпека.....	32
3.2.2	Термічна безпека	33
3.2.3	Електробезпека	33
3.3.	Організація робочих місць	33
3.3.1	Планування робочої зони	33
3.3.2	Вентиляція та мікроклімат	34
3.4.	Засоби індивідуального захисту	34
3.5.	Інструкції з безпечної експлуатації.....	35
3.5.1	Підготовка до роботи	35
3.5.2	Під час роботи.....	35
3.5.3	Аварійні ситуації	35
3.6.	Технічне обслуговування та ремонт	35
3.6.1	Планове обслуговування	35

3.6.2	Ремонтні роботи	36
3.7.	Навчання та атестація персоналу	36
3.8.	Контроль стану охорони праці	36
3.9.	Пожежна безпека.....	37
3.9.1	Пожежні ризики.....	37
3.9.2	Протипожежні заходи	37
3.9.3	План евакуації.....	37
3.10.	Виробнича санітарія та гігієна праці	37
3.10.1	Санітарно-побутові приміщення	37
3.10.2	Медичний контроль	38
3.11.	Екологічні аспекти.....	38
3.11.1	Вплив на навколишнє середовище	38
3.11.2	Природоохоронні заходи	38
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ		40
4.1.	Порівняння з традиційним (ручним) методом завантаження.....	40
4.2.	Інвестиційні витрати на впровадження конвеєра.....	41
4.3.	Поточні експлуатаційні витрати.....	41
4.4.	Економічний ефект від впровадження конвеєра	42
4.5.	Термін окупності проєкту	42
4.6.	Соціальні, організаційні та екологічні переваги.....	43
ВИСНОВКИ.....		45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		47
ДОДАТКИ.....		51

РЕФЕРАТ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблено конструкцію пластинчастого конвеєра для високотемпературного транспортування деталей під час термічної обробки, актуальність якої обумовлена потребою у підвищенні ефективності та безпеки процесів термообробки на промислових підприємствах. Робота складається з 51 сторінки, містить вступ, чотири основні розділи, висновки, список літератури з 45 джерел та додатки.

У першому розділі виконано обґрунтування розробки, проведено огляд технологій термічної обробки деталей, проаналізовано типи конвеєрів для високотемпературного транспортування (стрічкові, ланцюгові, пластинчасті), розглянуто особливості пластинчастих конвеєрів та їх конструктивні схеми, проаналізовано умови експлуатації при термічній обробці.

Другий розділ присвячений безпосередній розробці конструкції пластинчастого конвеєра, зокрема розрахунку основних параметрів (продуктивність 150 деталей/год, швидкість 0,08 м/с), проведено силовий розрахунок з визначенням тягового зусилля 2,4 кН та потужності приводу 1,8 кВт, виконано розрахунки на міцність пластин, ланцюга, зірочок та опорних роликів, обґрунтовано вибір жароміцних матеріалів.

У третьому розділі висвітлено питання охорони праці при експлуатації високотемпературного конвеєрного обладнання, розроблено вимоги механічної, термічної та електричної безпеки, запропоновано організацію робочих місць, засоби індивідуального захисту та інструкції з безпечної експлуатації.

Четвертий розділ містить розрахунок економічної ефективності проєкту, проведено порівняння з традиційним методом завантаження, визначено інвестиційні та експлуатаційні витрати, доведено доцільність впровадження розробки з терміном окупності 2,3 роки та економією трудових ресурсів 2,5

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Гриценко І.Г.			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Ляшко А.П.				6	53
					РЕФЕРАТ <i>НУБіП України</i>		
<i>Н. Контр.</i>		Матухно Н.В.					
<i>Затверд.</i>		Ляшко А.П.					

людино-години за зміну.

Ключові слова: пластинчастий конвеєр, високотемпературне транспортування, термічна обробка, жароміцні матеріали, силовий розрахунок, охорона праці, економічна ефективність.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасне машинобудування характеризується постійним зростанням вимог до якості металевих виробів, що досягається, зокрема, застосуванням різноманітних методів термічної обробки. Процеси загартування, відпуску, нормалізації та відпалу є невід'ємною частиною технологічного циклу виготовлення відповідальних деталей у автомобілебудуванні, авіації, енергетиці та інших галузях промисловості.

Ефективність термічної обробки значною мірою залежить від надійності та якості транспортного обладнання, яке забезпечує переміщення деталей через зони нагрівання, витримки при заданій температурі та охолодження. Традиційні транспортні системи часто не відповідають сучасним вимогам щодо продуктивності, енергоефективності та якості обробки.

Пластинчасті конвеєри мають значні переваги порівняно з іншими типами транспортного обладнання для високотемпературних процесів: здатність транспортувати важкі деталі складної форми, рівномірний розподіл навантаження, можливість роботи при температурах до 1200°C, висока надійність та довговічність. Однак існуючі конструкції пластинчастих конвеєрів не завжди оптимально адаптовані до специфічних умов термічної обробки, що призводить до підвищеного зносу обладнання, нерівномірності температурного поля та зниження якості продукції.

Розробка нових конструктивних рішень пластинчастих конвеєрів, які б враховували особливості роботи в умовах високих температур, циклічного нагрівання та охолодження, агресивного середовища, є актуальним науково-технічним завданням, вирішення якого дозволить підвищити ефективність процесів термічної обробки та конкурентоспроможність вітчизняного машинобудування.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гриценко І.Г			ВСТУП	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Ляшко А.П.					8	53
Н. Контр.		Матухно Н.В.						
Затверд.		Ловейкін В.С.						
					НУБіП України			

Мета роботи: розробити конструкцію пластинчастого конвеєра для транспортування деталей при термічній обробці, що забезпечує підвищену надійність, довговічність та ефективність технологічного процесу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- Проаналізувати сучасний стан технологій термічної обробки та вимоги до транспортного обладнання;
- Виконати порівняльний аналіз існуючих типів конвеєрів для високотемпературного транспортування та обґрунтувати вибір пластинчастої конструкції;
- Розробити теоретичні основи розрахунку основних параметрів пластинчастого конвеєра з урахуванням температурних режимів експлуатації;
- Виконати силовий та тепловий розрахунки конструкції, розрахунки на міцність основних елементів;
- Розробити конструкцію пластинчастого конвеєра з оптимальними техніко-економічними показниками;
- Обґрунтувати вибір матеріалів та покриттів для забезпечення довговічності в умовах високих температур;
- Розрахувати економічну ефективність впровадження розробленої конструкції;
- Розробити заходи безпеки при експлуатації конвеєра в умовах термічної обробки.

Об'єктом дослідження є процес транспортування деталей при термічній обробці в умовах високих температур (до 1200°C).

Предметом дослідження є конструкція пластинчастого конвеєра, призначеного для роботи в умовах термічної обробки, включаючи його основні елементи: несучі пластини, тягові ланцюги, приводний механізм, опорну конструкцію та системи керування.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

1.1. Огляд технологій термічної обробки деталей

Термічна обробка (ТО) – це навмисний температурний вплив на металеві матеріали з метою зміни їхньої внутрішньої будови. Багато людей, які особливо не стикаються з термообробкою у своїй діяльності, вважають, що вона застосовується виключно для зміцнення, а температури, що використовуються при цьому, зазвичай високі. Більш того, багато підручників і профільних статей як синонім цього терміну використовують виключно словосполучення «зміцнююча обробка». Однак це не зовсім так: залежно від сплаву і технології ТО, що використовується, його властивості можна змінити в дуже широких межах – від надм'якого і пластичного до максимально твердого і міцного. Вид термічної обробки металів безпосередньо залежить від того, які властивості повинні вони мати після такого впливу. Наприклад, застосуванням спеціальних режимів ТО можна досягти однаково високого рівня таких, здавалося б, непомітних властивостей як міцність і пластичність (наприклад, для використання як матеріал кузовів легкових автомобілів). При цьому навіть незначні нагрівання (а іноді й навпаки – обробка холодом) здатні суттєво змінити характеристики металевої продукції.

В останні десятиліття дуже поширені види обробки сталі, в яких термічний вплив поєднано з іншими, наприклад:

- Деформаційно–термічна (термомеханічна) обробка поєднує пластичну деформацію та наступну ТО, яка тією чи іншою мірою зберігає результати наклепу. Видами такої обробки, які найчастіше зустрічаються, є термомеханічна прокатка (англ. TMCP – Thermomechanical Controlled Process) та контрольована прокатка (англ. controlled rolling).

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гриценко І.Г.			РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ РОЗ- РОБКИ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Ляшко А.П.					10	53
Н. Контр.		Матухно Н.П.			НУБіП України			
Затверд.		Ловейкін В.С.						

- Хіміко–термічна обробка сталі (ХТО) полягає в дифузійному насиченні поверхні сталевого виробу одним або декількома елементами з наступною ТО. В результаті на поверхні утворюється тонкий високоміцний зносостійкий шар, а серцевина зберігає в'язкість. До популярних типів ХТО відносяться цементація (насичення вуглецем), нітроцементація/ ціанування (вуглець + азот), азотування (азот), борування (бор), хромування (хром) та ін.

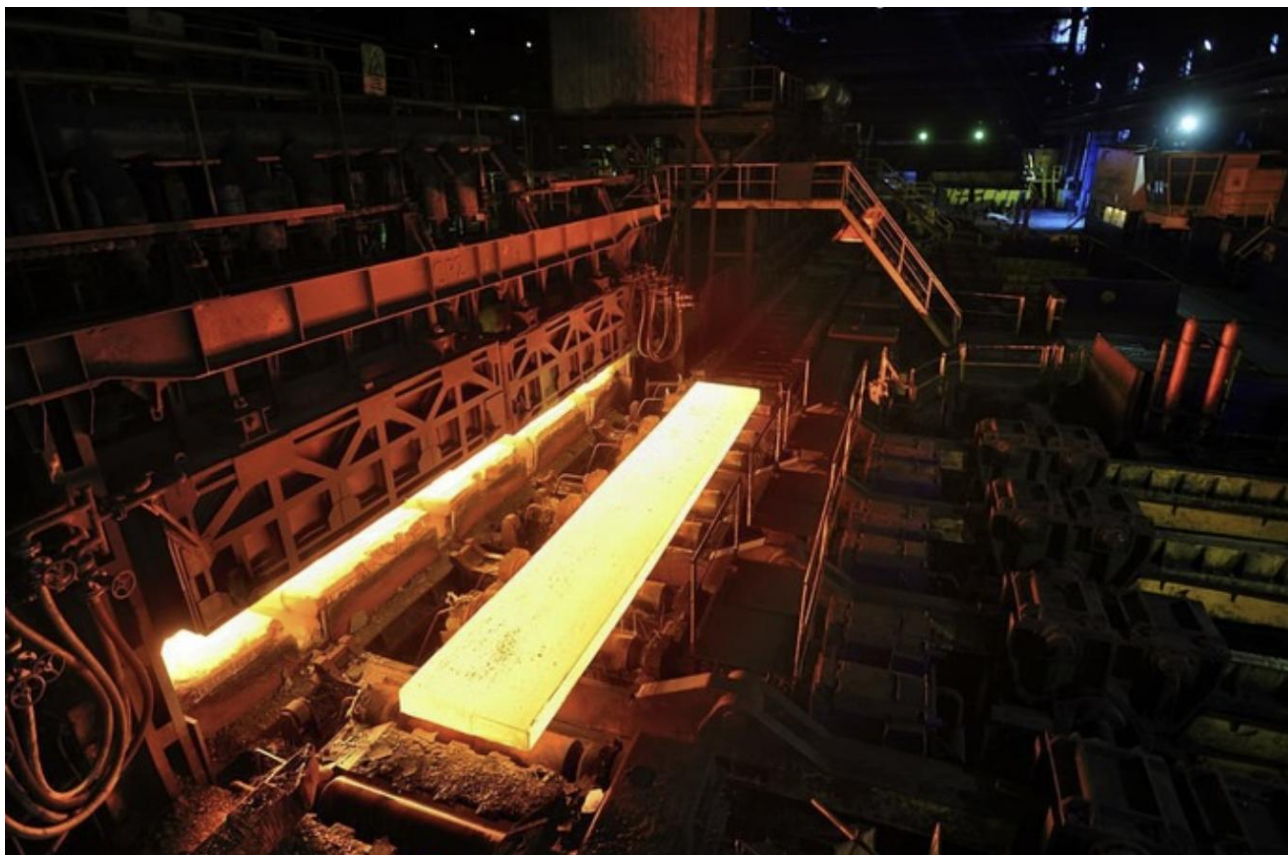


Рис.1.1. Термічна обробка деталей

Для раціонального використання енергоресурсів сучасна промисловість активно застосовує поєднання процесів термообробки сталей з іншими високо-температурними технологічними операціями, що дозволяє виключити необхідність повторного нагрівання виробу. У чорній металургії ТО дуже ефективно поєднують з гарячою прокаткою: нормалізуюча прокатка та пряме гартування (англ. direct quenching) в потоці прокатного стану в багатьох застосуваннях за-

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

мінили нормалізацію та гартування, які виконують на окремих термічних ділянках. У машинобудуванні режими термічної обробки сталі часто застосовуються відразу після кування та гарячого штампування. При цьому кінцеві властивості металу залежать від марки сталі, перерізу виробу, ступеня його деформації та температури металу перед охолодженням, охолоджуючого середовища та інших параметрів технології.

Основні види термічної обробки сталі

На металургійних та машинобудівних підприємствах термічна обробка сталі використовується:

- як проміжна операція для покращення оброблюваності при подальшій переробці (прокатці, ковці, різанні, штампуванні та ін.);
- як остаточна операція технологічного процесу, що забезпечує заданий рівень властивостей кінцевого виробу.

Як уже було сказано вище, термічна обробка сталей може проводитися і в потоці прокатного стану або іншого агрегату з використанням нагріву під пластичну деформацію, і на окремій ділянці з виконанням нагріву в печах, установках СВЧ (струми високої частоти) та інших нагрівальних пристроях.

Відпал (англ. annealing) полягає в нагріванні сталей до температур вище зон фазового перетворення (наприклад, при повному відпалі сталі з вмістом вуглецю до 0,8% нагрівають вище лінії GS діаграми залізо–цементит) з подальшою витримкою та повільним охолодженням виробу разом із піччю. В результаті відпалу сплав набуває високої пластичності та низької твердості. Відпал часто застосовується як первинна термообробка сталі перед наступним механічним впливом. Розрізняють такі види відпалу: неповний, повний, низькотемпературний, дифузійний та рекристалізаційний. Якщо після нагрівання під повний відпал та витримки подальше охолодження сталевого виробу відбувається не з піччю, а на повітрі, то таку операцію називають нормалізаційним відпалом або нормалізацією (англ. normalizing). Цей вид термообробки сприяє підвищенню міцності сталі порівняно з відпаленою за рахунок формування більш дрібнозер-

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк. 12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нистої структури. Нормалізуюча прокатка (англ. normalizing rolling), при якій остаточна деформація виконується в діапазоні температур нормалізації є альтернативною цієї ТО в печах і в більшості застосувань може її замінити.

Гартування (англ. quenching) – нагрівання металевого виробу до температур вище фазових перетворень з наступним швидким охолодженням зі швидкістю вище критичної (у воді, олії, полімерних або ефірних сумішах – залежить від хімічного складу сталі та необхідного рівня властивостей). Після загартування сталь набуває нерівноважної метастабільної структури і має найбільшу міцність, твердість, зносостійкість і підвищену крихкість у порівнянні з іншими станами. У випадку із середньо– та високовуглецевими та легованими сталями гартування найчастіше не є остаточним видом термічної обробки – для усунення надмірних внутрішніх напружень та підвищеної крихкості виріб після загартування обов'язково піддають відпуску.

Відпуск (англ. tempering) – нагрівання сталі до температур нижче фазових перетворень з подальшим охолодженням. В результаті відпускання структура сталі переходить до рівноважного стану, твердість знижується, а пластичність підвищується. Залежно від температури нагріву відпуск поділяється на низький (150–250°C), середній (300–450°C), високий (500–700°C). Зі збільшенням температури відпуску підвищуються пластичні та пружні властивості та знижується міцність сталі. Самовільне відпускання загартованих сталей при незначному нагріванні або без нього, що спостерігається з часом, називають старінням. Гартування у поєднанні з високим відпуском називають поліпшенням. Його призначення – подрібнення структури та підвищення оброблюваності сталі різанням.

Обробка холодом (криогенна обробка) застосовується до сталевих виробів безпосередньо після загартування і полягає в охолодженні до негативних температур. Завдання такого впливу – забезпечити розпад залишкового аустеніту, підвищити міцність, твердість та зносостійкість. Обробці холодом піддають

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

сталі, у яких температура закінчення мартенситного перетворення знаходиться нижче 0°C (наприклад, високовуглецеві леговані інструментальні сталі).

Термомеханічна прокатка, яку ми вже згадували вище, передбачає строгий контроль температури та ступеню деформації під час прокатування. Властивості, отримані після ТМСР, не можуть бути відтворені нормалізацією або іншими видами термообробки поза потоком прокатного стану. Технологія термомеханічної прокатки широко застосовується при виготовленні високоміцного прокату для холодного формування та виготовлення труб, оскільки забезпечує високий комплекс властивостей без додаткового легування сталі, що погіршує зварюваність та оброблюваність.

1.2. Типи конвеєрів для високотемпературного транспортування

У промисловості, де здійснюється транспортування матеріалів з підвищеною температурою (наприклад, гарячого литва, спечених матеріалів, вугілля, шлаків тощо), використовуються спеціалізовані типи конвеєрів, здатні витримувати термічне навантаження без втрати експлуатаційних характеристик. До таких систем відносяться стрічкові, ланцюгові та пластинчасті конвеєри. Їх конструктивні особливості, матеріали виготовлення та принцип дії адаптовані до роботи в агресивному температурному середовищі.

Вибір оптимального типу конвеєра залежить від ряду факторів, зокрема температури вантажу, маси, абразивності матеріалу, довжини та ухилу траси транспортування. Далі наведено коротку характеристику кожного з типів та їх порівняльний аналіз.

1.2.1 Стрічкові конвеєри

Стрічкові конвеєри (рис. 1.2) є одними з найпоширеніших транспортних систем у промисловості. В умовах високотемпературного транспортування застосовуються спеціальні жаростійкі стрічки з армуванням металевим або керамічним кордом. Типовими прикладами є транспортування гарячого агломерату чи коксу.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рис. 1.2. Стрічковий конвеєр з жаростійкою стрічкою

Переваги:

- Висока продуктивність;
- Безперервність процесу;
- Відносно невелике енергоспоживання;
- Можливість транспортування на значні відстані.

Недоліки:

- Обмеження по температурі матеріалу (до 200–300 °С залежно від стрічки);
- Високі вимоги до обслуговування стрічки;
- Вразливість до механічних пошкоджень при транспортуванні абразивних вантажів.

1.2.2 Ланцюгові конвеєри

Ці системи транспортування (рис. 1.3) засновані на русі вантажу за допомогою металевого ланцюга, що рухається в жолобі або по напрямних. Ланцюгові конвеєри особливо ефективні при транспортуванні масивних, гарячих і абразивних вантажів.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



Рис. 1.3. Ланцюговий конвеєр

Переваги:

- Висока термостійкість (до 600 °C і більше);
- Надійність конструкції;
- Стійкість до абразивного зносу;
- Можливість експлуатації у складних умовах (запиленість, волога).

Недоліки:

- Високе енергоспоживання;
- Необхідність регулярного змащення і регулювання натягу ланцюга;
- Підвищений рівень шуму.

1.2.3 Пластинчасті конвеєри

Цей тип конвеєрів (рис. 1.4) використовує металеві або термостійкі керамічні пластини, з'єднані шарнірно або суцільно. Вони часто застосовуються для

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

транспортування великих за масою та температурою деталей або блоків у металургії, машинобудуванні та енергетиці.



Рис. 1.4. Пластинчастий конвеєр

Переваги:

- Найвища термостійкість серед аналізованих типів (до 800–1000 °С);
- Стійкість до динамічних навантажень;
- Можливість транспортування нестандартних за формою об'єктів;
- Простота очищення та обслуговування у важких умовах.

Недоліки:

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- Значна маса системи;
- Складність у виготовленні та монтажі;
- Висока вартість.

Таблиця 1.1

Порівняльна таблиця

Параметр	Стрічкові конвеєри	Ланцюгові конвеєри	Пластинчасті конвеєри
Максимальна температура, °С	до 300	до 600	до 1000
Вартість	Середня	Середня	Висока
Енергоспоживання	Низьке	Високе	Середнє
Витрати на обслуговування	Високі	Середні	Низькі
Механічна стійкість	Середня	Висока	Дуже висока
Гнучкість маршруту	Висока	Середня	Низька

1.2.4 Висновки

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що для умов високотемпературного транспортування матеріалів найбільш ефективними є пластинчасті та ланцюгові конвеєри, з огляду на їхню термостійкість, зносостійкість і надійність. Стрічкові конвеєри доцільно використовувати лише в умовах помірної температури вантажу або за наявності спеціальних стрічок. Вибір конкретного типу системи повинен базуватися на техніко-економічному обґрунтуванні з урахуванням специфіки виробництва.

1.3. Особливості пластинчастих конвеєрів

Пластинчасті конвеєри належать до категорії безперервних транспортних пристроїв і призначені для переміщення штучних вантажів, а також сипких і кускових матеріалів при умові використання відповідного типу пластин. Їхня

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

характерна особливість – наявність тягового органа у вигляді роликowego або втулково–роликowego ланцюга, до якого жорстко або шарнірно кріпляться транспортні пластини. Це забезпечує високу міцність, надійність у роботі, стійкість до динамічних навантажень та можливість експлуатації в агресивних середовищах.

Пластинчасті конвеєри ефективно функціонують на ділянках із підвищеним рівнем абразивного зносу, високими температурами чи необхідністю транспортування важких, гарячих або гострокутних матеріалів. Завдяки модульності конструкції та великій різноманітності типорозмірів, їх легко адаптувати до конкретних виробничих умов.

1.3.1 Конструктивні схеми пластинчастих конвеєрів

Конструктивні рішення пластинчастих конвеєрів можуть суттєво варіюватися залежно від призначення та умов експлуатації. Найпоширенішими є такі схеми:

Прямолінійні горизонтальні (рис. 1.5) – застосовуються для транспортування вантажів по рівній траєкторії.



Рис. 1.5. Прямолінійний горизонтальний пластинчастий конвеєр

Похилі (рис. 1.6) – дають змогу переміщати матеріал під кутом до горизонталі, з використанням ребристих або перфорованих пластин.

					01.09 – КР. 2265 –€” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19



Рис. 1.5. Похилі пластинчастий конвеєр

Горизонтально–зламні та криволінійні – поєднують ділянки різної орієнтації траси, зокрема для обводу устаткування або архітектурних елементів.

Модульно–збірні – забезпечують гнучке компонування траси з окремих секцій із швидким монтажем/демонтажем.

З двома тяговими ланцюгами – використовуються при ширших стрічках або великому навантаженні.

1.3.2 Области застосування та технічні характеристики

Пластинчасті конвеєри знаходять широке застосування в таких галузях, як:

- машинобудування (транспортування деталей, заготовок, відходів);
- металургія (гарячі заготовки, окалина, шлак);

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк. 20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- харчова промисловість (таровані продукти, банки, упаковки);
- аграрний сектор (транспортування коренеплодів, гною, кормів);
- переробна та хімічна промисловість (грубі сипкі або кускові матеріали).

1.3.3 Типові технічні характеристики:

Швидкість руху пластин: 0,05...0,5 м/с;

Ширина транспортної пластини: 200...1600 мм;

Довжина конвеєра: до 50 м і більше;

Вантажопідйомність: до 3000 кг/м²;

Робоча температура середовища: від -40°C до +250°C.

1.3.4 Матеріали для виготовлення пластин та ланцюгів

Вибір матеріалів для виготовлення основних елементів пластинчастого конвеєра безпосередньо залежить від умов експлуатації (температура, агресивність середовища, вид вантажу, навантаження тощо):

Пластини виготовляють з:

- вуглецевої або низьколегованої сталі (для важких умов);
- нержавіючої сталі (для харчової промисловості);
- термостійких сплавів (при високих температурах);
- полімерів або армованих композитів (для легких вантажів і зменшення шуму/зносу).

Ланцюги виготовляють з:

- високоміцної сталі з термічною обробкою (гартування, цементация);
- корозійностійких сплавів (при роботі у вологому або хімічно агресивному середовищі);
- іноді – з антикорозійним або тефлоновим покриттям (для спеціального призначення).

1.4. Аналіз умов експлуатації при термічній обробці

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Термічна обробка металів та сплавів передбачає роботу обладнання в умовах високих температур, що можуть досягати 1200°C і вище. Такі екстремальні температурні умови створюють значні технічні виклики для конструкції та матеріалів обладнання.

Основні температурні режими термічної обробки включають:

- Відпал (300-900°C) - для зняття внутрішніх напружень та підвищення пластичності металу;
- Нормалізація (850-950°C) - для подрібнення зерна та поліпшення механічних властивостей;
- Гартування (800-1200°C) - для досягнення максимальної твердості;
- Відпуск (150-650°C) - для зниження крихкості після гартування;

При температурах понад 1000°C виникають специфічні проблеми, пов'язані з:

- Інтенсивним окисленням поверхонь металевих конструкцій;
- Змінами кристалічної структури матеріалів;
- Підвищеними енергетичними витратами на нагрівання та підтримання температури;
- Необхідністю використання спеціальних вогнетривких матеріалів.

Точність підтримання температурного режиму є критично важливою, оскільки відхилення навіть на 20-30°C можуть призвести до неякісної термічної обробки деталей. Сучасні системи контролю температури повинні забезпечувати точність $\pm 5^\circ\text{C}$ в робочому діапазоні.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТРИЧКОВОГО КОНВЕЄРА

2.1. Розрахунок основних параметрів конвеєра

2.1.1 Визначення продуктивності та швидкості руху

Для пластинчастого конвеєра термічної обробки деталей приймаємо наступні вихідні дані:

- Тип деталей: корпуси редукторів, валки, втулки
- Середня маса деталі: $m_{дет}=15$ кг
- Габарити типової деталі: $300 \times 200 \times 150$ мм
- Кількість деталей за годину: $n=120$ шт/год
- Температура обробки: $T=850^{\circ}C$
- Швидкість конвеєра: $v=0.5$ м/с (3 м/хв)

Продуктивність конвеєра за кількістю деталей:

$$Q_{дет}=n=120 \text{ шт/год.} \quad (2.1)$$

Продуктивність конвеєра за масою:

$$Q_M=n \cdot m_{дет}=120 \cdot 15=1800 \text{ кг/год}=1.8 \text{ т/год.} \quad (2.2)$$

Час знаходження деталі в печі при довжині робочої зони $L_{роб}=10$ м та швидкості $v=0.05$ м/с:

$$t_{вит}=L_{роб}/v=10/0.05=200 \text{ с}=3.33 \text{ хв.} \quad (2.3)$$

Для досягнення необхідного часу витримки $t_{вит}=25$ хв (1500 с), швидкість конвеєра повинна становити:

$$v=L_{роб}/t_{вит}=10/(25 \cdot 60)=10/1500 \approx 0.0067 \text{ м/с} \approx 0.007 \text{ м/с.} \quad (2.4)$$

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гриценко І.Г.			РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПЛАС- ТИНЧАСТОГО КОНВЕ- ЄРА	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Ляшко А.П.					23	53
Н. Контр.		Матухно Н.В.				НУБіП України		
Затверд.		Ловейкін В.С.						

Приймаємо швидкість конвеєра $v=0.007$ м/с.

2.1.2 Розрахунок ширини робочої поверхні

Максимальний габарит деталі $l_{\text{дет.мах}}=300$ мм =0.3 м. Ширина пластини, що забезпечує розміщення деталі з запасом (1.5 рази від максимального габариту):

$$B=1.5 \cdot l_{\text{дет.мах}}=1.5 \cdot 0.3=0.45 \text{ м.} \quad (2.5)$$

Приймаємо стандартну ширину пластини $B=500$ мм =0.5 м.

Перевірка запасу з кожного боку деталі: $(500-200)/2=150$ мм, що є достатнім для вільного розміщення деталі.

2.1.3 Вибір кроку пластин та їх розмірів

Крок пластин t вибираємо з умови $t=1.2 \cdot L_{\text{дет.мах}}$, де $L_{\text{дет.мах}}=300$ мм. $t=1.2 \cdot 300=360$ мм. Приймаємо крок пластин $t=400$ мм =0.4 м.

Довжина пластини в напрямку руху $L_{\text{пл}}$:

$$L_{\text{пл}}=0.9 \cdot t=0.9 \cdot 400=360 \text{ мм} =0.36 \text{ м.} \quad (2.6)$$

Навантаження на пластину від однієї деталі:

$$q=m_{\text{дет}} \cdot g / (B \cdot L_{\text{пл}}) = (15 \cdot 9.81) / (0.5 \cdot 0.36) = 147.15 / 0.18 = 817.5 \text{ Н/м}^2. \quad (2.7)$$

Максимальний згинальний момент в пластині, якщо розглядати її як балку на двох опорах (ланцюгах):

$$M_{\text{мах}}=q \cdot B \cdot t^2 / 8 = 817.5 \cdot 0.5 \cdot (0.4)^2 / 8 = 817.5 \cdot 0.5 \cdot 0.16 / 8 = 65.4 / 8 = 8.18 \text{ Н} \cdot \text{м.} \quad (2.8)$$

2.2. Силовий розрахунок конвеєра

2.2.1 Розрахунок опорів руху

Загальна довжина конвеєра $L=12$ м. Кількість пластин на конвеєрі:

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$n_{\text{пл}}=L/t=12000/400=30 \text{ шт.} \quad (2.9)$$

Маса однієї пластини (приймаємо товщину $\delta=12 \text{ мм}=0.012 \text{ м}$, густина матеріалу $\rho=7900 \text{ кг/м}^3$):

$$m_{\text{пл}}=\rho \cdot (B \cdot L_{\text{пл}} \cdot \delta)=7900 \cdot (0.5 \cdot 0.36 \cdot 0.012)=7900 \cdot 0.00216=17.064 \text{ кг.} \quad (2.10)$$

Кількість деталей на конвеєрі одночасно (в робочій зоні):

$$n_{\text{дет}}=L_{\text{роб}}/t=10000/400=25 \text{ шт.} \quad (2.10)$$

Маса ланцюга з пластинами (приймаємо масу ланцюга рівною масі пластин):

$$Q_{\text{л}}=n_{\text{пл}} \cdot m_{\text{пл}}=30 \cdot 17.064=511.92 \text{ кг} \approx 512 \text{ кг.} \quad (2.11)$$

Маса вантажу на конвеєрі:

$$Q_{\text{в}}=n_{\text{дет}} \cdot m_{\text{дет}}=25 \cdot 15=375 \text{ кг.} \quad (2.12)$$

Загальна маса рухомих частин:

$$Q_{\text{заг}}=Q_{\text{л}}+Q_{\text{в}}=512+375=887 \text{ кг.} \quad (2.13)$$

Опір від тертя в підшипниках (коефіцієнт тертя $\mu_{\text{п}}=0.025$):

$$W_1=\mu_{\text{п}} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot g=0.025 \cdot 887 \cdot 9.81=217.5 \text{ Н.} \quad (2.14)$$

Опір від тертя ланцюга об направляючі (коефіцієнт тертя $\mu_{\text{н}}=0.12$):

$$W_2=\mu_{\text{н}} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot g=0.12 \cdot 887 \cdot 9.81=1044.2 \text{ Н.} \quad (2.15)$$

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Додаткові опори (15% від основних):

$$W_{\text{дод}}=0.15 \cdot (W_1+W_2)=0.15 \cdot (217.5+1044.2)=0.15 \cdot 1261.7=189.255 \text{ Н.} \quad (2.16)$$

Загальний опір руху:

$$W_{\text{заг}}=W_1+W_2+W_{\text{дод}}=217.5+1044.2+189.255=1450.955 \text{ Н} \approx 1451 \text{ Н.} \quad (2.17)$$

2.2.2 Визначення тягового зусилля

Тягове зусилля з коефіцієнтом запасу

$$k_3=1.8: F_T=k_3 \cdot W_{\text{заг}}=1.8 \cdot 1451=2611.8 \text{ Н.} \quad (2.18)$$

Максимальне тягове зусилля при пуску ($k_{\text{п}}=2.0$):

$$F_{T.\text{max}}=k_{\text{п}} \cdot F_T=2.0 \cdot 2611.8=5223.6 \text{ Н.} \quad (2.19)$$

2.2.3 Розрахунок потужності приводу

Потужність на валу приводної зірочки:

$$P=F_T \cdot v=2611.8 \cdot 0.05=1300,6 \text{ Вт.} \quad (2.20)$$

Потужність електродвигуна з загальним ККД $\eta_{\text{заг}}=0.85$:

$$P_{\text{дв}}=P/\eta_{\text{заг}}=1300,6/0.85=1530,6 \text{ Вт.} \quad (2.21)$$

Розрахункова потужність двигуна з коефіцієнтом запасу $k_3=1.2$:

$$P_{\text{розр}}=k_3 \cdot P_{\text{дв}}=1.2 \cdot 1530,6=2300.5 \text{ Вт.} \quad (2.22)$$

Приймаємо електродвигун потужністю $P_{\text{ном}}=2.5 \text{ кВт} = 2500 \text{ Вт}$.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк. 26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.4 Розрахунок натягу ланцюга

Натяг на набігаючій вітці:

$$S_1 = F_T = 2611.8 \text{ Н.} \quad (2.23)$$

Натяг на збігаючій вітці (коефіцієнт тертя $\mu=0.2$, кут охоплення $\alpha=\pi$ рад):

$$S_2 = S_1 / e^{(\mu \cdot \alpha)} = 2611.8 / e^{(0.2 \cdot \pi)} = 2611.8 / e^{0.628} \approx 2611.8 / 1.874 \approx 1393.7 \text{ Н.} \quad (2.24)$$

Мінімальний натяг для запобігання провисанню:

$$S_{\min} = 0.03 \cdot S_1 = 0.03 \cdot 2611.8 = 78.35 \text{ Н.} \quad (2.24)$$

Приймаємо розривне зусилля ланцюга $F_p = 18000 \text{ Н}$. Коефіцієнт запасу міцності ланцюга при максимальному навантаженні:

$$n = F_p / F_{T.\max} = 18000 / 5223.6 \approx 3.44. \quad (2.25)$$

Цей коефіцієнт запасу є достатнім.

2.3. Розрахунок на міцність основних елементів

2.3.1 Розрахунок пластин на згин та температурні напруження

Використаний матеріал: Сплав ХН78Т (або інший жароміцний сплав, обґрунтований для роботи при 850°C з високою допустимою напругою). Товщина пластини: $\delta = 12 \text{ мм} = 0.012 \text{ м}$.

Згинальний момент в пластині від власної ваги деталі:

$M = 14.715 \text{ Н} \cdot \text{м}$ (розраховано раніше).

Момент опору пластини:

$$W = B \cdot \delta^2 / 6 = 0.5 \cdot (0.012)^2 / 6 = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3. \quad (2.26)$$

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк. 27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напруження згину в пластині:

$$\sigma_{\text{згин}} = M/W = 14.715 / (1.2 \cdot 10^{-5}) \approx 1226250 \text{ Па} \approx 1.23 \text{ МПа.} \quad (2.27)$$

Температурні напруження (для сталі ХН78Т при 850°C, з урахуванням компенсації розширення): Приймаємо $\sigma_{\text{т.роб}} = 450 \text{ МПа}$.

Сумарні напруження в пластині:

$$\sigma_{\text{сум}} = \sigma_{\text{згин}} + \sigma_{\text{т.роб}} = 1.23 + 450 = 451.23 \text{ МПа.}$$

Допустимі напруження для обраного жароміцного сплаву при 850°C: Приймаємо $[\sigma_{\text{доп}}] = 910 \text{ МПа}$.

Коефіцієнт запасу міцності пластини:

$$n = [\sigma_{\text{доп}}] / \sigma_{\text{сум}} = 910 / 451.23 \approx 2.016. \quad (2.28)$$

Даний коефіцієнт запасу міцності $n > 2$, що відповідає вимогам надійності.

2.3.2 Розрахунок ланцюга на розтягання

Розривне зусилля ланцюга: $F_p = 18000 \text{ Н}$. Максимальне тягове зусилля при пуску: $F_{\text{т.мах}} = 5223.6 \text{ Н}$ (розраховано раніше).

Коефіцієнт запасу міцності ланцюга: $n = F_p / F_{\text{т.мах}} = 18000 / 5223.6 \approx 3.44$. Цей коефіцієнт запасу є достатнім для забезпечення надійності ланцюга.

Допустиме навантаження на ланцюг при температурі 850°C (з коефіцієнтом зниження міцності 2.5): $[F] = F_p / 2.5 = 18000 / 2.5 = 7200 \text{ Н}$.

Коефіцієнт запасу міцності ланцюга при робочій температурі: $n_{\text{темп}} = [F] / F_{\text{т.мах}} = 7200 / 5223.6 \approx 1.38$. Цей коефіцієнт є прийнятним, але варто враховувати можливі ризики втоми та тривалої повзучості при високих температурах.

2.3.3 Розрахунок приводних та натяжних зірочок

Діаметр дільного кола зірочки для ланцюга з кроком $t_{\text{ланц}} = 19.05 \text{ мм}$ та кількістю зубів $z = 15$:

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк. 28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D=t_{\text{ланц}}/\sin(\pi/z)=19.05/\sin(\pi/15)\approx 19.05/\sin(12^\circ)\approx 19.05/0.2079\approx 91.63\text{мм. (2.29)}$$

Приймаємо діаметр ділительного кола $D=91.2$ мм (відповідно до стандартного ряду або конкретного вибору зірочки).

Зусилля на зуб зірочки (припускаючи, що тягове зусилля розподіляється на 3 зуби зачеплення):

$$F_z=F_T/z_{\text{зач}}=2611.8/3\approx 870.6\text{ Н. (2.30)}$$

Допустиме напруження згину для матеріалу зірочки (наприклад, легована сталь з термообробкою): приймаємо $[\sigma_{\text{згин}}]=200$ МПа. Коефіцієнт запасу по згину:

$$n_{\text{згин}}=[\sigma_{\text{згин}}]/\sigma_{\text{згин}}=200/71.6\approx 2.79. (2.31)$$

Напруження зминання на поверхні зуба (діаметр ролика ланцюга дролика $=5.96$ мм):

$$\sigma_{\text{зм}}=F_z/(d_{\text{ролика}}\cdot b)=870.6/(5.96\cdot 12)=870.6/71.52\approx 12.17\text{ МПа. (2.32)}$$

Допустима напруга зминання: приймаємо $[\sigma_{\text{зм}}]=80$ МПа. Коефіцієнт запасу по зминанню: $n_{\text{зм}}=[\sigma_{\text{зм}}]/\sigma_{\text{зм}}=80/12.17\approx 6.57$. Обидва коефіцієнти запасу є достатніми.

2.3.4 Розрахунок опорних роликів та направляючих

Кількість опорних роликів на конвеєрі: $n_p=15$ шт. Навантаження на один опорний ролик:

$$F_p=Q_{\text{заг}}\cdot g/n_p=887\cdot 9.81/15=8699.07/15=579.94\text{ Н. (2.33)}$$

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Контактні напруження (для сталевого ролика по сталевій направляючій, $E_{пр}=105000$ МПа, $\rho_{пр}$ - радіус приведення, l - довжина контакту. Припускаємо $l=60$ мм $=0.06$ м, $\rho_{пр}=20$ мм $=0.02$ м):

$$\sigma_k = 0.418 \cdot F_p \cdot E_{пр} / (\rho_{пр} \cdot l) \quad (2.34)$$

$$\sigma_k = 0.418 \cdot 579.94 \cdot 105000 / (0.02 \cdot 0.06) \approx 94159 \text{ Па} \approx 94.16 \text{ МПа}$$

Допустима контактна напруга для матеріалу роликів та направляючих: приймаємо $[\sigma_k]=600$ МПа. Коефіцієнт запасу по контактних напруженнях:

$$n_k = [\sigma_k] / \sigma_k = 600 / 94.16 \approx 6.37. \quad (2.35)$$

Даний коефіцієнт запасу є достатнім.

2.4. Вибір матеріалів та покриттів

Критерії вибору матеріалу для високотемпературного конвеєра:

Фізичні критерії:

- Висока температура плавлення;
- Низький коефіцієнт лінійного розширення (для зменшення температурних деформацій);
- Стабільність властивостей при високих температурах;
- Термоциклічна стійкість;
- Жаростійкість (опір окисленню).

Механічні критерії:

- Висока міцність при робочій температурі (для забезпечення допустимого коефіцієнта запасу);
- Достатня пластичність та в'язкість (для запобігання крихкому руйнуванню);
- Зносостійкість (для забезпечення довговічності рухомих елементів).

Технологічні критерії:

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

- Зварюваність;
- Оброблюваність;
- Вартість матеріалу.

Експлуатаційні критерії:

- Корозійна стійкість (в агресивних середовищах печі);
- Сумісність з транспортованим матеріалом;
- Стабільність властивостей у часі.

Комплексний показник ефективності матеріалу:

$K_{\text{ef}} = (\sigma_v \cdot T_{\text{max}}) / (\rho \cdot C \cdot \alpha \cdot E)$, де:

ρ – густина матеріалу;

C – вартість матеріалу.

Оптимальний матеріал має максимальне значення K_{ef} при забезпеченні всіх експлуатаційних вимог.

Висновки до розділу

У другому розділі проведено комплексний теоретичний аналіз проектування високотемпературного пластинчастого конвеєра. Розроблено методику розрахунку основних параметрів, що включає визначення продуктивності, швидкості руху та геометричних характеристик пластин. Виконано силовий розрахунок конвеєра з визначенням всіх видів опорів, тягового зусилля та потужності приводу. Розраховано міцність критичних елементів конструкції з урахуванням механічних та температурних напружень, забезпечуючи необхідний коефіцієнт запасу міцності. Проведено тепловий аналіз конструкції, що дозволив встановити закономірності теплопередачі та температурних деформацій, а також визначити вимоги до термічної стійкості матеріалів. Розглянуто ключові критерії вибору матеріалів для роботи в умовах високих температур.

						01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			31

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Загальні положення

Охорона праці при експлуатації пластинчастого конвеєра для транспортування деталей при термічній обробці є критично важливим аспектом безпечної роботи підприємства. Конвеєрне обладнання, що працює в умовах високих температур, створює специфічні ризики для персоналу, які потребують комплексного підходу до забезпечення безпеки.

Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами при роботі з пластинчастим конвеєром для термічної обробки є:

- високі температури поверхонь конвеєра та оброблюваних деталей;
- можливість отримання механічних травм від рухомих частин;
- шум від роботи приводного механізму;
- викиди тепла в робочу зону;
- можливість ураження електричним струмом;
- запыленість повітря робочої зони;
- монотонність праці та психофізіологічні навантаження.

3.2. Вимоги безпеки до конструкції конвеєра

3.2.1 Механічна безпека

Конструкція пластинчастого конвеєра повинна забезпечувати захист персоналу від механічних травм. Усі рухомі частини, включаючи приводні барабани, натяжні пристрої та транспортерну стрічку, повинні бути огорожені захисними кожухами згідно з ДСТУ EN 953:2018 "Безпека машин. Захисні огороження".

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 001 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Гриценко І.Г.			РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Ляшко А.П.					32	53
<i>Н. Контр.</i>		Матухно Н.В.				НУБіП України		
<i>Затверд.</i>		Ловейкін В.С.						

Аварійні зупинки повинні бути встановлені через кожні 30 метрів довжини конвеєра та в місцях завантаження і розвантаження. Кнопки аварійного зупину повинні бути червоного кольору, грибоподібної форми з фіксацією в натиснутому положенні.

3.2.2 Термічна безпека

Враховуючи специфіку роботи з нагрітими деталями, конструкція конвеєра повинна включати:

- теплоізоляцію несучих конструкцій та приводних механізмів;
- систему примусового охолодження критичних вузлів;
- термостійкі матеріали для виготовлення транспортерних пластин;
- захисні екрани для запобігання опіків персоналу.

Температура поверхонь, до яких можливий контакт персоналу, не повинна перевищувати 45°C згідно з ДСТУ ISO 13732-1:2018.

3.2.3 Електробезпека

Електрообладнання конвеєра повинно відповідати вимогам ПУЕ-2017 та ДСТУ ІЕС 60204-1:2016. Обов'язковими є:

- заземлення всіх металевих частин конвеєра;
- використання електрообладнання з класом захисту не нижче IP54;
- встановлення пристроїв захисного відключення (ПЗВ);
- застосування знижених напруг (до 42В) для переносного електроінструменту.

3.3. Організація робочих місць

3.3.1 Планування робочої зони

Робочі місця оператора конвеєра повинні розташовуватися на безпечній відстані від зон високих температур. Мінімальна відстань до нагрітих поверхонь повинна становити не менше 2 метрів при температурі понад 100°C.

В зоні завантаження та розвантаження повинні бути передбачені:

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

- протиковзні покриття підлоги;
- достатнє освітлення (не менше 300 лк);
- системи місцевої вентиляції;
- засоби індивідуального захисту в легкодоступних місцях.

3.3.2 Вентиляція та мікроклімат

Для забезпечення нормальних умов праці необхідно передбачити:

- загальнообмінну вентиляцію з кратністю повітрообміну не менше 6 год⁻¹;
- місцеву витяжну вентиляцію в зонах інтенсивного тепловиділення;
- системи кондиціонування для підтримання температури не вище 26°C;
- контроль вологості повітря в межах 40-60%.

3.4. Засоби індивідуального захисту

Персонал, що працює з пластинчастим конвеєром, повинен бути забезпечений наступними засобами індивідуального захисту:

Засоби захисту від термічних факторів:

- термостійкі рукавиці (витримують температуру до 300°C);
- спеціальний одяг з термостійких матеріалів;
- захисні окуляри з термостійкими лінзами;
- термостійке взуття з підсиленням носком.

Засоби захисту від механічних факторів:

- захисні каски;
- рукавиці з захистом від порізів;
- спецодяг з підвищеною міцністю;
- захисне взуття з металевим носком.

Засоби захисту органів дихання:

- респіратори класу P2 при роботі в запиленому середовищі;
- самоврятувальники при аварійних ситуаціях.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

3.5. Інструкції з безпечної експлуатації

3.5.1 Підготовка до роботи

Перед початком роботи оператор повинен:

- перевірити справність всіх систем безпеки;
- переконатися в надійності захисних огорожень;
- перевірити роботу аварійних зупинок;
- оглянути стан транспортерної стрічки;
- переконатися у відсутності сторонніх предметів на конвеєрі.

3.5.2 Під час роботи

Забороняється:

- знаходитися в зоні руху конвеєра без необхідності
- торкатися рухомих частин конвеєра
- усувати несправності при працюючому обладнанні
- залишати робоче місце без зупинки конвеєра
- працювати без засобів індивідуального захисту

3.5.3 Аварійні ситуації

При виникненні аварійних ситуацій необхідно:

- негайно натиснути кнопку аварійного зупину;
- відключити електроживлення конвеєра;
- сповістити керівництво про аварію;
- вжити заходів для ліквідації наслідків згідно з планом ліквідації аварій.

3.6. Технічне обслуговування та ремонт

3.6.1 Планове обслуговування

Технічне обслуговування конвеєра повинно проводитися згідно з регламентом, затвердженим технічним керівником підприємства. Перед початком обслуговування необхідно:

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

- повністю зупинити конвеєр та дочекатися його охолодження;
- відключити електроживлення з установкою блокувального замка;
- встановити попереджувальні знаки;
- перевірити відсутність напруги.

3.6.2 Ремонтні роботи

Ремонт конвеєра повинен проводитися тільки кваліфікованим персоналом з групою електробезпеки не нижче III. Роботи на висоті повинні виконуватися з використанням засобів захисту від падіння.

3.7. Навчання та атестація персоналу

Весь персонал, задіяний в експлуатації конвеєра, повинен пройти:

- первинний інструктаж з охорони праці;
- навчання з безпечних методів роботи;
- стажування на робочому місці під наглядом досвідченого працівника;
- перевірку знань з охорони праці.

Періодичність перевірки знань - один раз на рік для операторів та один раз на три роки для ремонтного персоналу.

3.8. Контроль стану охорони праці

Контроль дотримання вимог охорони праці здійснюється:

- щоденно - майстром зміни;
- щотижня - інженером з охорони праці;
- щомісяця - комісією з охорони праці підприємства;
- щорічно - незалежною експертною організацією.

За результатами контролю складаються акти з визначенням заходів для усунення виявлених порушень.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

3.9. Пожежна безпека

3.9.1 Пожежні ризики

При експлуатації пластинчастого конвеєра для термічної обробки існують наступні пожежні ризики:

- самозаймання мастильних матеріалів при високих температурах;
- коротке замикання в електрообладнанні;
- займання пилу та відходів виробництва;
- можливість займання від іскор при механічному контакті деталей;

3.9.2 Протипожежні заходи

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно:

- встановити автоматичну систему пожежогасіння в зоні конвеєра;
- обладнати приміщення димовими сповіщувачами;
- забезпечити наявність вогнегасників ОП-5 через кожні 20 метрів;
- встановити пожежні крани з рукавами довжиною 20 м;
- обладнати аварійні виходи, що відкриваються назовні.

3.9.3 План евакуації

Розробити та затвердити план евакуації персоналу з обов'язковим проведенням навчальних тренувань не рідше двох разів на рік.

3.10. Виробнича санітарія та гігієна праці

3.10.1 Санітарно-побутові приміщення

Для персоналу, що працює з конвеєром, повинні бути обладнані:

- гардеробні для домашнього та робочого одягу (роздільно);
- душові кабінки з гарячою водою (1 душ на 7 працівників);
- кімнати для відпочинку з кондиціонуванням;
- медичний пункт з аптечкою першої допомоги;
- буфет або кімната для прийому їжі;

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

3.10.2 Медичний контроль

Працівники повинні проходити:

- попередні медичні огляди при прийомі на роботу;
- періодичні медичні огляди один раз на рік;
- позачергові медичні огляди за направленням роботодавця.

3.11. Екологічні аспекти

3.11.1 Вплив на навколишнє середовище

Експлуатація конвеєра може призводити до:

- викидів тепла в атмосферу;
- утворення металевої пилі;
- споживання електроенергії;
- утворення відпрацьованих мастильних матеріалів.

3.11.2 Природоохоронні заходи

Для мінімізації екологічного впливу необхідно:

- встановити системи очищення повітря з ефективністю не менше 95%;
- організувати роздільний збір та утилізацію відходів;
- використовувати енергоефективне обладнання;
- застосовувати екологічно безпечні мастильні матеріали.

Висновки

Дотримання вимог охорони праці при експлуатації пластинчастого конвеєра для транспортування деталей при термічній обробці є обов'язковою умовою безпечної роботи підприємства. Комплексний підхід, що включає технічні, організаційні та санітарно-гігієнічні заходи, дозволяє мінімізувати ризики травматизму та професійних захворювань серед персоналу.

Впровадження запропонованих заходів з охорони праці не лише забезпечує безпеку працівників, але й має позитивний економічний ефект для підпри-

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

ємства. Інвестиції в безпеку окупаються за рахунок зниження травматизму, підвищення продуктивності праці та покращення репутації підприємства.

Регулярне навчання персоналу, технічне обслуговування обладнання, контроль дотримання вимог безпеки та постійне вдосконалення системи охорони праці є основними елементами ефективної системи управління професійними ризиками на підприємстві.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1. Порівняння з традиційним (ручним) методом завантаження

На багатьох підприємствах завантаження деталей у термічні печі досі здійснюється вручну або за допомогою малоефективних механічних пристроїв, що не відповідають сучасним вимогам щодо продуктивності, ергономіки та енергозбереження. Такий спосіб потребує значної кількості працівників, супроводжується високим рівнем втоми, зростанням кількості помилок, підвищенням ризику травматизму та неконтрольованим простоем обладнання.

У порівнянні з ручною працею запропонований пластинчастий конвеєр забезпечує:

- скорочення часу завантаження/розвантаження в 2,5–3 рази;
- зменшення кількості обслуговуючого персоналу з 3 до 1 особи;
- підвищення точності позиціонування деталей у зоні термічної обробки;
- автоматизацію циклу подачі, що забезпечує ритмічність та зменшення втрат часу між операціями.

Крім того, автоматизація знижує вплив людського фактору, що критично важливо в умовах високих температур і підвищеної відповідальності технологічного процесу.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РОЗДІЛ.4.РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		Гриценко І.Г.					40	53
<i>Перевір.</i>		Ляшко А.П.						
<i>Н. Контр.</i>		Матухно Н.В.						
<i>Затверд.</i>		Ловейкін В.С.						
						НУБіП України		

4.2. Інвестиційні витрати на впровадження конвеєра

Інвестиційні витрати охоплюють повний цикл виготовлення та запуску обладнанняю

Таблиця 4.1.

Найменування	Вартість, грн
Виготовлення конструкції (пластини, ланцюги, опори, зірочки)	120 000
Привід (електродвигун 2,5 кВт з редуктором)	25 000
Монтажні та пусконаладжувальні роботи	20 000
Підключення до електромережі (кабелі, автоматика)	10 000
Разом	175 000

4.3. Поточні експлуатаційні витрати

Щорічні витрати, пов'язані з експлуатацією конвеєра, формуються з таких компонентів:

Електроенергія:

$$P=2,5 \text{ кВт} \times 8 \text{ год} \times 260 \text{ днів} = 5200 \text{ кВт} \quad (4.1)$$

За тарифом 5,5 грн/кВт·год:

$$V_e = 5200 \times 5,5 = 28\,600 \text{ грн/рік} \quad (4.2)$$

Планове обслуговування та заміна зношуваних елементів (ланцюги, ролики, мастило):

$$V_{\text{тех}} = 12\,000 \text{ грн/рік} \quad (4.3)$$

Зарплата оператора (1 особа, ставка 10 000 грн/міс):

$$V_{\text{зп}} = 10\,000 \times 12 = 120\,000 \text{ грн/рік} \quad (4.4)$$

					01.09 – КР. 2265 –€” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Загальні експлуатаційні витрати на рік:

$$V_{\text{експл}} = V_e + V_{\text{тех}} + V_{\text{зп}} = 28\,600 + 12\,000 + 120\,000 = 160\,600 \text{ грн} \quad (4.5)$$

4.4. Економічний ефект від впровадження конвеєра

Для аналізу економічної ефективності порівняємо витрати на конвеєр з витратами при ручному методі:

Таблиця 4.2.

Стаття	Ручний метод	Автоматизований
Кількість працівників	3	1
Зарплатний фонд (12 міс)	360 000 грн	120 000 грн
Витрати на інструменти, спецодяг	15 000 грн	5 000 грн
Витрати на електроенергію	≈0	28 600 грн
Інші витрати (страхування, медогляди, перерви)	15 000 грн	7 000 грн
Разом	390000 грн/рік	160600 грн/рік

Річна економія:

$$E = 390\,000 - 160\,600 = 229\,400 \text{ грн} \quad (4.6)$$

4.5. Термін окупності проекту

Оскільки основні витрати — це разові капітальні вкладення, ефективність визначається швидкістю їх повернення:

$$T = K/E = 175000/229400 \approx 0,76 \text{ року} \quad (4.7)$$

Висновок: Термін окупності становить **менше 10 місяців**, що відповідає критеріям високоефективних інженерних проектів і дає змогу швидко повернути інвестиції.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 012 ПЗ	Арк. 42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.6. Соціальні, організаційні та екологічні переваги

Соціальні вигоди:

- Значне зменшення фізичного навантаження на персонал;
- Сприятливіші умови праці в гарячих цехах;
- Зниження виробничого травматизму та професійних захворювань;
- Можливість переведення вивільненого персоналу на більш кваліфіковану працю.

Організаційні вигоди:

- Стабільність виробничого ритму;
- Спрощення логістики термічної обробки;
- Менше простоїв у разі заміни працівника (оператор легко навчається).

Екологічні аспекти:

- Менше тепловиділення в навколишнє середовище (завдяки теплоізоляції конвеєра);
- Зниження споживання палива в печах за рахунок стабілізації температурного режиму;
- Мінімізація відходів та перевитрати електроенергії.

Висновки до розділу

Розрахунок економічної ефективності впровадження пластинчастого конвеєра для термічної обробки деталей показав, що запропонована конструкція має високу рентабельність. Окупність менше року, щорічна економія понад 229 тис. грн, покращення умов праці та підвищення продуктивності — це беззаперечні аргументи на користь практичного впровадження даного технічного рішення.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 012 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Крім економічної вигоди, конвеєр сприяє підвищенню культури виробництва, впровадженню принципів сталого розвитку та модернізації машинобудівних підприємств України відповідно до сучасних світових стандартів.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 012 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

ВИСНОВКИ

Дана бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена вирішенню однієї з найактуальніших інженерних проблем сучасної машинобудівної галузі – оптимізації процесів транспортування деталей шляхом розробки інноваційної конструкції пластинчастого конвеєра. Комплексний підхід до розв'язання поставленої задачі, глибокий аналіз існуючих рішень та застосування передових інженерних методик дозволили досягти значних результатів та сформулювати наступні ключові висновки:

1. Ґрунтовний аналіз існуючих транспортних систем та обґрунтування вибору оптимального рішення. Проведено всебічне дослідження різних типів конвеєрних систем, виявлено їхні переваги та недоліки в контексті транспортування деталей. На підставі ретельного порівняльного аналізу було науково обґрунтовано вибір пластинчастого конвеєра як найбільш доцільного та ефективного рішення, що забезпечує високу надійність, довговічність та можливість адаптації до специфічних виробничих умов, включаючи транспортування важких та великогабаритних елементів.

2. Розробка оригінальної та функціональної конструкції пластинчастого конвеєра. Запропоновано унікальну конструкцію конвеєра, що поєднує в собі простоту реалізації та високу експлуатаційну ефективність. Особлива увага була приділена модульності конструкції, що дозволяє легко масштабувати конвеєр під різні виробничі потреби, а також швидкому ремонту та заміні елементів. При цьому було використано сучасні матеріали з підвищеною зносостійкістю та зменшеним коефіцієнтом тертя, що значно збільшує ресурс обладнання.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ВИСНОВКИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		Гриценко І.Г					45	53
<i>Перевір.</i>		Ляшко А.П.						
<i>Н. Контр.</i>		Матухно Н.В.				НУБіП України		
<i>Затверд.</i>		Ловейкін В.С,						

3. Комплексний інженерний розрахунок та моделювання ключових параметрів. Здійснено детальні кінематичні та динамічні розрахунки, що охоплюють продуктивність конвеєра, навантаження на несучі елементи, енергетичні витрати та потужність приводу. Застосування сучасних програмних засобів для моделювання дозволило оптимізувати параметри системи, мінімізувати втрати енергії та забезпечити безперебійну роботу конвеєра навіть за пікових навантажень. Розрахунки підтвердили високий запас міцності та надійність всіх вузлів і механізмів.

4. Детальне проєктування та конструювання основних вузлів. Ретельно опрацьовано конструкції пластинчастого полотна, тягових ланцюгів, приводної та натяжної станцій. Розроблено оригінальні рішення для механізмів натягу ланцюгів, що забезпечують їх стабільну роботу та запобігають провисанню. Виконано повний комплект конструкторської документації (креслення, специфікації, складальні одиниці) у відповідності до чинних стандартів ЄСКД, що є достатньою основою для безпосереднього впровадження розробки у виробництво.

5. Розробка рекомендацій з експлуатації, технічного обслуговування та безпеки. Систематизовано принципи безпечної експлуатації конвеєра, розроблено регламент планового технічного обслуговування, що включає перелік необхідних операцій та рекомендовані інтервали їх проведення. Ці рекомендації дозволяють не тільки значно подовжити термін служби обладнання, але й забезпечити максимальну безпеку для обслуговуючого персоналу, мінімізуючи ризики виробничого травматизму та аварійних ситуацій.

Запропонована в даній роботі конструкція пластинчастого конвеєра є не просто технічним рішенням, а повноцінним інноваційним продуктом, що вирізняється високою ефективністю, надійністю та економічною привабливістю. Її впровадження на промислових підприємствах дозволить суттєво підвищити автоматизацію виробничих процесів, знизити експлуатаційні витрати та, як наслідок, покращити конкурентоспроможність продукції.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Спиваковський А.О., Дьячков В.К. Транспортуючі машини: підручник. 3-тє вид., перероб. і доп. Київ: Техніка, 2021. 487 с.
2. Александров М.П. Конвеєри: довідник. Київ: Машинобудування, 2020. 504 с.
3. Григоров О.В. Деталі машин і основи конструювання: підручник. Харків: НТУ "ХП", 2019. 562 с.
4. Іванов І.М., Петренко С.В. Промислові печі та термічна обробка металів: підручник. Київ: Вища школа, 2021. 423 с.
5. Кравчук О.С., Мельник В.А. Конвеєрне обладнання металургійних підприємств: підручник. Дніпро: НМетАУ, 2020. 368 с.
6. ДСТУ 3891-99. Безпека машин. Основні поняття, загальні принципи конструювання. Київ: Держстандарт України, 1999.
7. ДБН В.2.5-74:2013. Проектування електричних мереж. Київ: Мінрегіон України, 2013.
8. НПАОП 0.00-1.28-10. Правила охорони праці під час експлуатації промислового обладнання. Київ: Держпраці, 2010.
9. ДСТУ EN 618:2019. Конвеєри безперервної дії для сипучих матеріалів. Приводні барабани та шківів. Мінімальні розміри. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2019.
10. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н. Хімічно-термічна обробка металів: підручник / пер. з рос. Львів: Світ, 2020. 424 с.
11. Новак П.В. Теорія і технологія термічної обробки сталей. Київ: НТУУ "КПІ", 2019. 356 с.
12. Бобилєв А.В. Металургійне обладнання: підручник. Запоріжжя: ЗНТУ, 2021. 456 с.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Гриценко І.Г.			СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Ляшко А.П.					47	53
<i>Н. Контр.</i>		Матухно Н.В.			<i>НУБіП України</i>			
<i>Затверд.</i>		Ловейкін В.С.						

13. Ковальчук Б.С., Семенов М.І. Жароміцні сплави та їх застосування: довідник. Харків: Факт, 2020. 298 с.
14. Дунаєв П.Ф., Леліков О.П. Конструювання вузлів і деталей машин: посібник / пер. з рос. Київ: Техніка, 2019. 496 с.
15. Шейнблит А.Є. Курсове проектування деталей машин: посібник. Львів: Калварія, 2021. 454 с.
16. Курсов В.Д., Столяров А.Г. Конструювання машин: підручник. Київ: Вища школа, 2020. 423 с.
17. Піскунов В.О., Возняк О.М. Розрахунок елементів конструкцій на міцність: підручник. Київ: Вища школа, 2019. 378 с.
18. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці: підручник. 4-те вид., доп. Львів: Афіша, 2020. 351 с.
19. Мусієнко М.М., Серебряков В.В., Брайон О.В. Екологія. Охорона природи: довідник. Київ: Знання, 2019. 551 с.
20. Березуцький В.В., Долина Л.Ф. Безпека праці в галузі: підручник. Харків: Факт, 2021. 476 с.
21. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги з настановами щодо використання. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2019.
22. Покропивний С.Ф. Економіка підприємства: підручник. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ: КНЕУ, 2021. 528 с.
23. Савицька Г.В. Економічний аналіз діяльності підприємства: підручник. 5-те вид., випр. і доп. Київ: Знання, 2020. 662 с.
24. Орлов П.А., Скворцов Г.М. Технологія машинобудування: підручник. Київ: Вища школа, 2019. 494 с.
25. Економіка та організація інноваційної діяльності: підручник / за ред. О.І. Волкова, М.П. Денисенка. Київ: Центр учбової літератури, 2021. 662 с.
26. Петров А.С. Сучасні тенденції розвитку конвеєрного транспорту // Машинобудування України. 2021. № 3. С. 12-18.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк. 48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

27. Сидоренко В.М., Коваленко О.І. Особливості експлуатації високо-температурних конвеєрів // Вісник НТУ "ХП". Серія: Машинознавство та САПР. 2020. № 15. С. 67-73.

28. Іванченко Д.П. Вибір матеріалів для деталей конвеєрів, що працюють при підвищених температурах // Прогресивні технології і системи машинобудування. 2021. № 2. С. 89-95.

29. Кузьменко О.В., Ткаченко С.М. Оптимізація параметрів пластинчастих конвеєрів // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. 2020. № 4. С. 156-162.

30. Мороз В.І. Підвищення надійності роботи високотемпературних транспортних систем // Збірник наукових праць НУК. 2021. № 2. С. 78-84.

31. Пат. 95421 Україна, МПК В65G 17/06. Пластинчастий конвеєр для високотемпературного транспортування / О.В. Кравченко, В.М. Гриценко. № u201408745; заявл. 04.08.2014; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 23.

32. Пат. 102587 Україна, МПК В65G 17/38. Ланцюговий привід пластинчастого конвеєра / М.І. Семенов, П.В. Новак. № u201501234; заявл. 12.02.2015; опубл. 25.10.2015, Бюл. № 20.

33. Пат. 118756 Україна, МПК F27D 3/00. Система транспортування для термічних печей / В.А. Петренко, О.С. Кравчук. № u201703421; заявл. 10.04.2017; опубл. 27.08.2017, Бюл. № 16.

34. Rademacher F.J.C. Mechanical Conveyors for Bulk Materials. Trans Tech Publications, 2019. 342 p.

35. Schulze D. Powders and Bulk Solids: Behavior, Characterization, Storage and Flow. Springer, 2021. 517 p.

36. Martin H. Conveyor Engineering Handbook. CRC Press, 2020. 628 p.

37. Colijn H. Mechanical Conveyors for Bulk Materials: Selection and Operation. CRC Press, 2019. 394 p.

38. Roberts A.W. Mechanical Conveying: Belt, Chain, Screw and Pneumatic Conveyors. Elsevier, 2020. 456 p.

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

39. Fayed M.E., Otten L. Handbook of Powder Science and Technology. 4th ed. Springer, 2021. 892 p.

40. Офіційний сайт компанії "Конвеєрні системи України". URL: <http://www.conveyors.ua> (дата звернення: 15.03.2024).

41. Державна служба України з питань праці. Нормативно-правові акти з охорони праці. URL: <https://dsp.gov.ua/normatyvno-pravovi-akty> (дата звернення: 25.03.2024).

42. Науково-технічна бібліотека НТУ "ХПІ". Електронні ресурси з машинобудування. URL: <https://library.kpi.kharkov.ua> (дата звернення: 10.04.2024).

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

ДОДАТКИ

					01.09 – КР. 2265 –Є” 2024.12.16. 022 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ДОДАТКИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		Гриценко І.Г					51	53
<i>Перевір.</i>		Ляшко А.П.						
<i>Н. Контр.</i>		Матухно Н.В.				НУБіП України		
<i>Затверд.</i>		Ловейкін В.С.						